



GUIA DOCENT

25/26

Màster universitari en Estadística i Investigació Operativa (MESIO)

Curs Sophie Germain



Sophie Germain
01/04/1776-27/06/1831

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

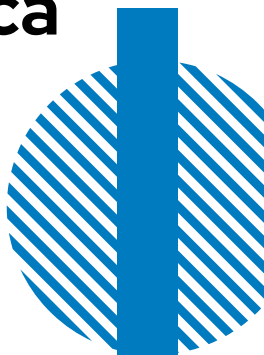
 Facultat de Matemàtiques i Estadística

 Curs 2025-2026

Facultat de Matemàtiques i Estadística



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat de Matemàtiques i Estadística



SUMARI

CAT

Informació general

Intensificacions - Pathways (eng. version)

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)

Business and Social Statistics (EMP)

Operations Research (IO)

Data Science (DS)

Fitxes de les assignatures

CAS

Información general

Intensificaciones - Pathways (eng. version)

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)

Business and Social Statistics (EMP)

Operations Research (IO)

Data Science (DS)

Fichas de las asignaturas

ENG

General Information

Pathways

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)

Business and Social Statistics (EMP)

Operations Research (IO)

Data Science (DS)

Subject Index



Màster universitari en Estadística i Investigació Operativa

FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA (FME)

L'objectiu del **màster interuniversitari UPC-UB en Estadística i Investigació Operativa** ([web del màster](#)) és proporcionar coneixements avançats sobre la teoria i els mètodes de l'estadística i la investigació operativa més actuals. Forma professionals experts que, integrats en equips de treball interdisciplinaris, podran aplicar els coneixements adquirits en àmbits com la salut, els serveis, la indústria, les empreses, les ciències i l'Administració. La formació orientada a la recerca permet accedir al programa de doctorat.

DADES GENERALS

Durada i inici

1,5 cursos acadèmics, 90 crèdits ECTS. Inici: setembre

Horaris i modalitat

Tarda. Presencial

Preus i beques

Preu aproximat del màster **sense altres despeses addicionals** (no inclou taxes acadèmiques de caràcter no docent ni expedició del títol):

1.743 € (4.050 € per a no residents a la UE).

[Més informació sobre preus i pagament de la matrícula](#)

[Més informació sobre beques i ajuts](#)

Idiomes

Consulta l'idioma d'impartició de cada assignatura a la guia docent dintre del pla d'estudis.

Informació sobre [l'ús de llengües a l'aula i els drets lingüístics de l'estudiantat](#).

Lloc d'impartició

[Facultat de Matemàtiques i Estadística](#) (Barcelona)

Facultat d'Economia i Empresa (UB) Av. Diagonal, 690-696. 08028 Barcelona

Títol oficial

[Inscrit en el registre del Ministeri d'Educació, Cultura i Esport](#)

ACCÉS

Requisits generals

[Requisits acadèmics d'accés a un màster](#)

Requisits específics

Els continguts formatius són apropiats per a l'estudiantat provinent d'estudis de grau que incloguin en el seu pla d'estudis assignatures d'estadística i/o investigació operativa. El perfil idoni d'ingrés és el d'una persona que, havent

cursat un estudi de grau, estigui motivada per resoldre problemes, tingui aptituds matemàtiques i sigui bona comunicadora. L'estructura acadèmica del màster, amb unes assignatures d'homogeneïtzació en el primer semestre i la possibilitat de dissenyar itineraris específics en funció de l'àmbit de procedència, aspira a potenciar l'entrada d'estudiantat de diversa formació. Hi poden accedir:

- Grau en Estadística,
- Grau en Matemàtiques
- Grau en Biologia, Física, Biotecnologia,
- Grau en Economia, Ciències Actuarials
- Grau/Enginyeria Industrial i altres enginyeries,
- Grau/ Enginyeria Informàtica,
- Grau en Psicologia, Sociologia i
- Diplomats en Estadística, cursant un mínim de 30 crèdits de complements formatius.

Criteris d'admissió

Per fer la valoració es tenen en compte els criteris següents:

- Ponderació de l'expedient acadèmic
 - Cal afegir al currículum, escanejat, un certificat acadèmic oficial expedit pel centre d'origen, en què figuri la nota ponderada de l'expedient (NPE) amb escala de l'1 al 10.
 - Si en fer la preinscripció encara no s'han finalitzat els estudis, el certificat ha de fer referència a les assignatures cursades i aprovades fins al moment.
 - Si no s'adjunta la documentació justificativa, es considera que l'NPE és 5.
- Formació acreditada
 - Cal especificar quin és el títol acadèmic que es té o es preveu tenir en el moment de matricular-se.
 - Si ja s'ha obtingut, cal adjuntar al currículum, escanejat, el títol o bé el resguard de pagament de les taxes d'expedició.
 - L'original del títol o del resguard s'ha de presentar en el moment de formalitzar la matrícula.
- Aspectes del currículum relacionats amb l'estadística i la investigació operativa en els àmbits professional, docent i científic.
- En particular, es té en compte la formació prèvia, la titulació d'entrada i l'experiència professional.
- Coneixements d'anglès, acreditats adjuntant al currículum, escanejat, el títol o certificat de més nivell que es posseeixi. Sense aquesta acreditació, no es té en compte aquest ítem a l'hora de fer la valoració.
- La dedicació als estudis i el fet que es compatibilitzin o no amb una feina.

Places de

44

Preinscripció

La preinscripció d'aquest màster està actualment **tancada**. Utilitza el formulari 'Sol·licita informació' per posar-te en contacte amb el màster perquè t'informin dels **nous períodes de preinscripció**.

[Com es formalitza la preinscripció?](#)

Admissió i matrícula

[Com es formalitza la matrícula?](#)

Legalització de documents

Els documents expedits per estats no membres de la Unió Europea ni signataris de l'Acord sobre l'espai econòmic europeu han d'estar [legalitzats per via diplomàtica](#) o amb la postil·la corresponent.

PLA D'ESTUDIS

Assignatures

crèdits
ECTS

Tipus

PRIMER QUADRIMESTRE

Models i Mètodes de la Investigació Operativa

5

Obligatòria

Assignatures	crèdits ECTS	Tipus
Software Estadístic: R i SAS	5	Obligatòria
Anàlisi de Dades en Bioinformàtica	5	Optativa
Anàlisi de Dades Espacials	5	Optativa
Anàlisi de Temps de Vida	5	Optativa
Anàlisi Economètrica	5	Optativa
Assajos Clínics	5	Optativa
Epidemiologia Espacial	5	Optativa
Estadística per a la Gestió Empresarial	5	Optativa
Fonaments d'Inferència Estadística	5	Optativa
Fonaments de Bioinformàtica	5	Optativa
Inferència Estadística Avançada	5	Optativa
Matemàtiques	5	Optativa
Models Lineals i Lineals Generalitzats	5	Optativa
Optimització Contínua	5	Optativa
Optimització en Data Science	5	Optativa
Optimització en Sistemes i Mercats Energètics	5	Optativa
Programació i Bases de Dades Estadístiques	5	Optativa
Quantificació de Riscos	5	Optativa
Simulació	5	Optativa
SEGON QUADRIMESTRE		
Anàlisi Bayesiana	5	Optativa
Anàlisi de Dades Longitudinals	5	Optativa
Anàlisi de Dades Òmiques	5	Optativa
Anàlisi de la Supervivència Avançada	5	Optativa
Anàlisi Multivariant de Dades	5	Optativa
Aprenentatge Automàtic	7.5	Optativa
Aprenentatge Estadístic	5	Optativa
Aprenentatge Estadístic amb Xarxes Neuronals Artificials Profundes	5	Optativa
Epidemiologia	5	Optativa
Epidemiologia Genètica	5	Optativa
Estadística Actuarial	5	Optativa
Estadística Financera	5	Optativa
Finances Quantitatives	5	Optativa
Indicadors Socials	5	Optativa
Mètodes Estadístics en Epidemiologia	5	Optativa
Mètodes Estadístics en Recerca Clínica	5	Optativa
Models Discrets en Xarxes	5	Optativa
Optimització de Gran Dimensió	5	Optativa

Assignatures	crèdits ECTS	Tipus
Probabilitat i Processos Estocàstics	5	Optativa
Programació Estocàstica	5	Optativa
Seminari Summer School 3	3	Optativa
Sèries Temporals	5	Optativa
Simulació per a la Presa de Decisions Empresarials	5	Optativa
Tècniques Quantitatives de Màrqueting	5	Optativa
TERCER QUADRIMESTRE		
Treball de Fi de Màster	30	Projecte
SORTIDES PROFESSIONALS		

Sortides professionals

Els postgraduats i postgraduades d'aquest màster seran experts que podran treballar com a professionals en el camp de la salut, serveis, indústria i empreses. Aplicaran la teoria i els mètodes de l'estadística i la investigació operativa, des de punts de vista diversos com ara: bioestadística, enginyeria de dades, màrqueting i finances, estadística industrial, optimització a l'enginyeria i la indústria, i aplicacions a l'enginyeria del transport.

Competències

Competències transversals

Les competències transversals descriuen allò que un titulat o titulada ha de saber o ha de ser capaç de fer en acabar el procés d'aprenentatge, amb independència de la titulació. **Les competències transversals establertes a la UPC** són empremadoria i innovació, sostenibilitat i compromís social, coneixement d'una tercera llengua (preferentment l'anglès), treball en equip i ús solvent dels recursos d'informació.

Competències bàsiques

- Posseir i comprendre els coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i /o aplicació d'idees, sovint en un context d'investigació.
- Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relatius al seu camp d'estudi.
- Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, tot i ser incompleta o limitada , inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
- Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions -i els coneixements i raons últimes que les sustenten - a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.
- Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Competències generals

- Capacitat per realitzar activitats dirigides a l'aplicabilitat dels coneixements teòrics, metodològics i de tècniques estadístiques i de la investigació operativa, treballant en equip i desenvolupant les habilitats i destreses d'un professional d'aquest perfil d'estudis.
- Capacitat per identificar els mètodes estadístics i de la investigació operativa més adequats per a l'anàlisi de la informació disponible en cada moment per tal de respondre als problemes o dilemes plantejats per a una adequada presa de decisions.
- Prendre consciència de la necessitat d'assumir les normes d'ètica professional i les relatives a la protecció de dades i del secret estadístic.

Competències específiques

- Capacitat per dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i

tractament d'aquesta informació.

- Capacitat per dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en què sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per resoldre problemes reals.
- Capacitat per formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i / o la tècnica estadística o d'investigació operativa més adequat per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
- Capacitat d'utilitzar els diferents procediments d'inferència per respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i amb un context específic.
- Capacitat per formular i resoldre problemes reals de presa de decisions en els diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat en cada ocasió.
- Capacitat per utilitzar el programari més adequat per a realitzar els càlculs necessaris en la resolució d'un problema.
- Capacitat per comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
- Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les seves conclusions.
- Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

SEGELLS DE QUALITAT

Consulta els indicadors de qualitat de la titulació al portal d'Estudis Universitaris de Catalunya de l'Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya. Podràs conèixer, entre d'altres, els resultats de l'avaluació dels estudis, el grau de satisfacció de l'estudiantat, o les dades d'inserció laboral dels titulats i titulades

[Més informació](#)

ORGANITZACIÓ ACADÈMICA: NORMATIVES, CALENDARIS

Centre docent UPC

[Facultat de Matemàtiques i Estadística \(FME\)](#)

Institucions participants

[Universitat Politècnica de Catalunya \(UPC\)](#) - universitat **coordinadora**

[Universitat de Barcelona \(UB\)](#)

Responsable acadèmic del programa

[Mari Paz Linares Herreros \(UPC\)](#)

[Helena Chuliá \(UB\)](#)

Calendari acadèmic

[Calendari acadèmic dels estudis universitaris de la UPC](#)

Normatives acadèmiques

[Normativa acadèmica dels estudis de màster de la UPC](#)

WEB DEL MÀSTER

Setembre 2025. [UPC](#). Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)	
Training objectives	Solid and interdisciplinary in the scientific method, targeted at areas of health research and development related to the experimental sciences.
Examples of career	• Biostatistics at institutions in the area of Health, public and private • Design and analysis of clinical and epidemiological studies in the pharmaceutical industry, public institutions and companies CRO • Statistical experts in interdisciplinary teams of research and development • Bioinformatics-statistical in biotech companies or similar, or in health area • Analysis of large volumes of data in proteomics and genomics experiments
Primarily aimed at graduates in	• Mathematics • Medicine • Pharmacy • Biology • Environmental Science • Biotechnology • Food Science and Technology • Other degrees in the field of science
Research groups involved	• GRBIO - Biostatistics and Bioinformatics Research Group (composed of researchers from the UPC and the UB) • Biostatistics Group from Department of Clinic Fundamentals at UB.

Business and Social Statistics (EMP)

Business and Social Statistics (EMP)	
Training objectives	Training of professionals in the treatment of statistical information, with good knowledge of software in the public administration, business, economics and finance fields.
Examples of career	• Exploiting large databases and information systems (clients, transactions ...) • Financial analysis, risk insurance, "business intelligence", banking, portfolio, pricing policies, etc. • Expert statistical longitudinal studies, sociological, etc. • Improving the quality and productivity in industry, service companies and the public function • Total quality management, implementation of 6σ process improvement
Primarily aimed at graduates in	• Industrial Engineering • Telecommunications Engineering • Chemical Engineering • Other engineering • Computers • Economics • Political Science and Public Administration • Administration and Management
Research groups involved	• ADBD - Analysis of Complex Data for Business Decisions • AQR - Regional Quantitative Analysis Group • IMP - Information Modelling and Processing • Riskcenter - Risk in Insurance and Finance Research Group

Operations Research (IO)

Operations Research (IO)	
Training objectives	Training of professionals in the fundamentals and optimization algorithms, and their resolution using existing software or developing new applications.
Examples of career	Experts on modeling and optimization: • Problems of resource management and investment planning • Problems of optimal management of energy markets • Technical and scientific issues Data engineering: • Protection, privacy and data exploitation; statistical disclosure control, privacy preserving data mining • Expert in Transport Engineering in strategic applications (transport network design) and operating (optimization of transport networks, distribution and storage of goods)
Primarily aimed at graduates in	• Industrial Engineering • Telecommunications Engineering • Engineering in general • Computers • Statistics • Mathematics • Economics • Management and Business Administration
Research groups involved	• GNOM - Group of Numerical Optimization and Modelling • IMP - Information Modelling and Processing

Data Science (DS)

Data Science (DS)	
Training objectives	The Data Science pathway is oriented to the contents of Statistics and Operations Research that are closer to machine learning and the analysis of large data sets, and it is proposed as a bridge to the branches of Computer Sciences closest to the data analysis and processing, and to what in recent years has been called Big Data (large data files) or Analytics (business management strongly based on the analysis of the organizations' data).
Examples of career	Experts on data analysis and management: • Statistical Learning • Machine Learning • Data Mining • Big Data • SQL and NoSQL
Primarily aimed at graduates in	• Computer Science • Statistics • Mathematics • Engineering in general • Management and Business Administration
Research groups involved	• ADBD - Analysis of Complex Data for Business Decisions • IMP - Information Modelling and Processing • GNOM - Group of Numerical Optimization and Modelling • GRBIO - Biostatistics and Bioinformatics Research Group (composed of researchers from the UPC and the UB) • Biostatistics Group from Department of Clinic Fundamentals at UB.

Índex

200611 - Anàlisi Bayesiana
200656 - Anàlisi de Dades en Bioinformàtica
200655 - Anàlisi de Dades Espacials
200612 - Anàlisi de Dades Longitudinals
200629 - Anàlisi de la Supervivència Avançada
200609 - Anàlisi de Temps de Vida
200625 - Anàlisi Economètrica
200606 - Anàlisi Multivariant de Dades
200644 - Aprenentatge Estadístic
200649 - Aprenentatge Estadístic amb Xarxes Neuronals Artificials Profundes
200627 - Assajos Clínics
200619 - Estadística Actuarial
200622 - Estadística per a la Gestió Empresarial
200653 - Finances Quantitatives
200605 - Fonaments d'Inferència Estadística
200604 - Inferència Estadística Avançada
200607 - Matemàtiques
200654 - Mètodes Estadístics en Epidemiologia
200643 - Models i Mètodes de la Investigació Operativa
200641 - Models Lineals i Lineals Generalitzats
200616 - Optimització Contínua
200618 - Optimització de Gran Dimensió
200642 - Optimització en Data Science
200638 - Optimització en Sistemes i Mercats Energètics
200603 - Probabilitat i Processos Estocàstics
200617 - Programació Estocàstica
200645 - Programació i Bases de Dades Estadístiques
200620 - Quantificació de Riscos
200610 - Sèries Temporals
200608 - Simulació
200623 - Simulació per a la Presa de Decisions Empresarials
200648 - Software Estadístic: R i SAS
200621 - Tècniques Quantitatives de Màrqueting

Guia docent

200611 - AB - Anàlisi Bayesiana

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: XAVIER PUIG ORIO

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Tenir inquietuds per aprendre a través de la informació que ens donen les dades. Tenir nocions bàsiques de probabilitat, inferència i de R.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
7. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
8. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.
9. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

Pretenem centrar els objectius d'aprenentatge en l'estudiant, i adequar la docència a l'assoliment dels objectius. Per això volem que les classes siguin valuoses per aprendre i que les tasques estiguin ben pensades i definides. Hi ha dos tipus de classes: les de teoria i les de pràctiques.

A les classes de teoria s'exposen els conceptes teòrics i en general són classes expositives, on s'intercala sovint la realització d'exercicis o discussions entre els estudiants. En aquestes classes també s'hi treballa l'aprenentatge a través de casos pràctics.

A les classes de pràctiques es resolen casos pràctics amb l'ajuda del programari estadístic R, WinBugs, JAGS i STAN.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu principal d'aquesta assignatura és que l'estudiant acabi amb un bon coneixement i domini de la modelització Bayesiana tant pel que respecta a coneixement teòric com pràctic. Aquest coneixement l'ha de permetre davant un objectiu o pregunta d'una banda, intervenir en el disseny del(s) experiment(s) necessari(s) per tal d'obtenir les dades objecte d'estudi, i de l'altra, analitzar-les satisfactòriament i treure'n conclusions per aconseguir l'objectiu o respondre la pregunta.

I com a objectius específics:

Conèixer el paper de la distribució a priori, el paper de les prioris de referència així de com passar de la a priori a la a posteriori.

Resoldre problemes d'inferència Bayesiana de forma analítica quan s'utilitzen models de la família exponencial i distribucions a priori conjugades.

Utilitzar els mètodes de Montecarlo, mitjançant programari específic, que permeten simular de la distribució a posteriori i com fer inferència utilitzant aquestes simulacions.

Conèixer la diferència entre model Bayesià jeràrquic i no jeràrquic.

Conèixer com validar i comparar models Bayesians, així com fer prediccions.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1- Model Bayesià

Descripció:

1. Model estadístic. 2. Els quatre problemes de l'estadística. 3. La versemblança. 4. Model bayesià. 5. Distribució a posteriori. 6. Distribució predictiva a priori i a posteriori. 7. Elecció de la distribució a priori.

Dedicació: 45h

Grup gran/Teoria: 14h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 25h

2- Inferència Bayesiana

Descripció:

(CAT) 1. Distribució a posteriori com a estimador. 2. Estimació puntual. 3. Estimació per interval. 4. Predicció. 5. Proves d'hipòtesi.

Dedicació: 39h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 25h

3- Computació Bayesiana

Descripció:

1. Necessitat d'integrar. 2. Simulació de Montecarlo basada en cadenes de Markov (MCMC) 3. Convergència de les cadenes

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 10h

4- Models Jeràrquics

Descripció:

1. Models Jeràrquics

Dedicació: 14h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 10h

5. Validació i construcció de models

Descripció:

1. Validació i construcció de models

Dedicació: 14h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 10h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Final grade = $0.4 \cdot \text{Assignm} + 0.2 \cdot \text{Exam} + 0.4 \cdot \text{Proj}$

on,

Assignm : nota de pràctiques fruit de la resolució d'exercicis i problemes lliurats tant a les classes pràctiques com teòriques

Proj: nota del treball de grup

Exam: nota de l'examen que es farà cap a final de curs

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Gelman, Andrew. Bayesian data analysis. 3rd ed. London: Chapman & Hall, 2014. ISBN 9781439840955.
- Kruschke, J.K. Doing bayesian data analysis : a tutorial with R, JAGS and STAN. Academic Press, 2015. ISBN 9780124058880.
- Bolstad, W. Introduction to Bayesian statistics. 2nd. John Wiley, 2007. ISBN 9780470141151.

Complementària:

- Leonard, Thomas; Hsu, John S. J. Bayesian methods. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. ISBN 0521594170.
- Bernardo, José Miguel; Smith, Adrian F. M. Bayesian theory. Chichester: Wiley, 1994. ISBN 0471924164.
- Carlin, Bradley P; Louis, Thomas A. Bayes and empirical bayes and methods for data analysis. London: Chapman and Hall, 1996. ISBN 0412056119.
- Gill, Jeff. Bayesian methods : a social and behavioral sciences approach. Boca Raton, Fla: Chapman & Hall/CRC, 2002. ISBN

1584882883.

- Kendall, Maurice G. Kendall's Advanced Theory of Statistics : Bayesian inference. 6th ed. London: Edward Arnold, 1994. ISBN 0340529229.
- Berger, James O. Statistical decision theory and Bayesian analysis. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1985. ISBN 0387960988.
- Congdon, Peter. Bayesian statistical modelling. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. ISBN 0471496006.
- Congdon, Peter. Applied bayesian modelling. West Sussex: John Wiley & Sons, 2003. ISBN 0471486957.
- Congdon, Peter. Bayesian models for categorical data. Chichester: John Wiley, 2005. ISBN 0470092378.
- Robert, Christian P.; Casella, George. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. New York: Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Tanner, Martin Abba. Tools for statistical inference : methods for the exploration of posterior distributions and likelihood functions. 3rd ed. New York: Springer-Verlag, 1996. ISBN 0387946888.
- Gilks, W. R. Markov chain Monte Carlo in practice. London: Chapman & Hall, 1996. ISBN 0412055511.
- Wasserman, Larry. All of statistics : a concise course in statistical inference. New York: Springer Verlag, 2010. ISBN 9781441923226.
- Robert, Christian P. The Bayesian choice : from decision-theoretic foundations to computational implementation. 2nd ed. New York: Springer, 2001. ISBN 0387952314.
- Carlin, Bradley P.; Louis, Thomas A. Bayesian methods for data analysis. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 9781584886976.
- Hoff, Peter D. A First course in bayesian statistical methods [en línia]. New York: Springer, 2009 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=450680>. ISBN 9780387922997.
- Jackman, Simon. Bayesian analysis for the social sciences. Chichester: John Wiley and Sons, 2009. ISBN 9780470011546.
- McElreath, R. Statistical rethinking : a Bayesian course with examples in R and Stan. Chapman Hall, 2016. ISBN 9781482253443.
- Ntzoufras, I. Bayesian modeling using WinBUGS. Wiley. 2009. ISBN 9780470141144.
- Gelman, Andrew; Carpenter, Bob; Lee, Daniel. Stan modeling language: user's guide and reference manual. Version 2.17.0 [en línia]. Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY-ND 4.0), 2017 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a : <https://github.com/stan-dev/stan/releases/download/v2.17.0/stan-reference-2.17.0.pdf>.

Guia docent

200656 - ADB - Anàlisi de Dades en Bioinformàtica

Última modificació: 23/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: Guillem Clot Razquin

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

L'assignatura pressuposa coneixements bàsics d'Estadística i de regressió lineal, així com coneixements de programació i del llenguatge R. També és important una bona predisposició cap a la Biologia (en particular la Biologia Molecular).

REQUISITS

- Coneixements d'R.
- Coneixements d'inferència estadística, models lineals i anàlisis multivariant.

METODOLOGIES DOCENTS

L'enfocament de l'assignatura és teoricopràctic. Els conceptes biològics, les tècniques estadístiques i les eines computacionals s'introdueixen a l'aula. L'alumne aprofundirà els coneixements mitjançant el seu treball personal en activitats guiades, exercicis proposats, i/o lectura de documents i articles científics. La participació de l'alumne es durà a terme a través de la intervenció activa en les discussions plantejades.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Familiaritzar-se amb els components bàsics dels organismes i dels elements fonamentals de la Biologia Molecular.
- Saber obtenir informació de bases de dades en l'àmbit de la Bioinformàtica.
- Comprendre i diferenciar els diferents tipus de problemes relacionats amb l'alineament de seqüències: per parelles, múltiples i cerques a bases de dades.
- Saber crear informes dinàmics amb Rmarkdown i millorar les habilitats de programació en R.
- Conèixer els principals mètodes estadístics i bioinformàtics utilitzats per analitzar dades transcriptòmiques.
- Ser capaç de fer una anàlisi d'expressió diferencial a partir de dades d'RNA-seq i interpretar-ne els resultats.
- Conèixer les tècniques estadístiques per investigar l'associació entre genotips i malalties/fenotips.
- Ser capaç d'analitzar dades provinents d'un estudi d'associació del genoma complet (GWAS, de les sigles en anglès)

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Introducció a la Biologia Molecular i a la Bioinformàtica

Descripció:

Introducció a la Bioinformàtica i als conceptes biològics essencials per entendre les dades generades en aquest camp. Bases de dades biològiques. Elaboració d'informes amb Rmarkdown.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

2. Anàlisi de seqüències

Descripció:

- 2.1. Introducció a l'alineament de seqüències.
- 2.2. Alineaments per parelles. BLAST i FASTA.
- 2.3. Alineaments múltiples.
- 2.4. Expressions regulars i bases de dades secundàries.

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 6h 30m

3. Anàlisi de dades de transcriptòmica

Descripció:

- 3.1. RNA-seq: QC, preprocessament i normalització.
- 3.2. Anàlisi d'expressió diferencial (DGE) i de splicing alternatiu.
- 3.3. Anàlisi de significació biològica.
- 3.4. Single-cell RNA-seq.

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 6h 30m

4. Estudi d'associació del genoma complet (GWAS)

Descripció:

- 4.1. Anàlisi d'associació genotip-fenotip
- 4.2. Anàlisi d'associació amb haplotips o múltiples marcadors
- 4.3. Control de qualitat de dades GWAS
- 4.4. Anàlisi d'associació en GWAS
- 4.5. Puntuacions de risc poligènic

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 6h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- Resolució d'exercicis pràctics proposats durant el curs: 75%
- Prova de síntesi: 25%

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Cristianini, N; Hahn, M. W. Introduction to computational genomics : a case studies approach. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. ISBN 9780521856034.
- Akalin, A. Computational genomics with R [en línia]. New York: Chapman and Hall/CRC, 2020 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://compgenomr.github.io/book/assessing-the-performance-of-our-model.html>. ISBN 1498781853.
- Korpelainen, E.; Tuimala, J.; Somervuo, P.; Huss, M.; Wong, G. RNA-seq data analysis: a practical approach. New York: Chapman and Hall/CRC, 2014. ISBN 1466595000.
- González, I. Statistical analysis of RNA-Seq data [en línia]. 2014 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://www.nathalievalaneix.eu/doc/pdf/tutorial-rnaseq.pdf>.
- Conesa, A.; Madrigal, P.; Tarazona, S.; Gomez-Cabrero, D.; Cervera, A.; McPherson, A.; Szczesniak, M.W.; Gaffney, D.J.; Elo, L.; Zhang, X.; Mortazavi, A. "A survey of best practices for RNA-seq data analysis". Genome Biology [en línia]. [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-016-0881-8>.
- Amezquita, R; Lun, A; Hicks, S; Gottardo, R; O'Callaghan, A. Orchestrating single-cell analysis with bioconductor [en línia]. 2020 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://bioconductor.org/books/release/OSCA/>.
- Laird, N.M; Nan, M. The Fundamentals of modern statistical genetics [en línia]. New York: Springer, 2011 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-7338-2>. ISBN 1441973389.
- Foulkes, A.S. Applied statistical genetics with R : for population-based association studies [en línia]. New York: Springer Verlag, cop. 2009 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://research-ebSCO-com.recursos.biblioteca.upc.edu/c/ik5pvi/search/details/c6vqwn43tb?db=nlebk>. ISBN 9780387895536.
- González, J.R.; Cáceres, A. Omic association studies with R and Bioconductor. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2019. ISBN 9781138340565.
- Xie, Y; Allaire, J.J; Golemund, G. R Markdown: the definitive guide. New York: Chapman and Hall/CRC, 2018. ISBN 9781138359338.

RECURSOS

Altres recursos:

Bioconductor workflows: <https://www.bioconductor.org/packages/release/BiocViews.html#Workflow>

Guia docent

200655 - ADE - Anàlisi de Dades Espacials

Última modificació: 23/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: ROSA M^a ABELLANA SANGRÀ

Altres:

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

4. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
5. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
6. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
7. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
8. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
9. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.
10. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

Es realitzaran sessions on s'explicaran els principals conceptes de cada tema, els quals s'il·lustraran amb exemples de dades reals. A més a l'alumne disposarà de material amb el qual podrà complementar els conceptes tractats en les classes teòriques.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Quan l'alumne acabi el curs serà capaç de:

- Identificar el tipus d'estructura espacial d'un conjunt de dades.
- Utilitzar les eines exploratòries d'anàlisi de la dependència espacial.
- Interpolar dades geoestadístiques.
- Ajustar models per a dades en retícules amb correlació espacial.
- Identificar el patró d'estructura espacial d'unes dades puntuals

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. GEOESTADÍSTICA

Descripció:

- 1.1. Introducció. Alguns exemples.
- 1.2. Descripció de dades geoestadístics.
- 1.3. Variogrames: Modelització i estimació.
- 1.4. Predicció espacial i Kriging.

Activitats vinculades:

-

Dedicació: 41h 40m

Grup gran/Teoria: 10h

Grup mitjà/Pràctiques: 5h

Aprenentatge autònom: 26h 40m

2. DADES EN RETÍCULES

Descripció:

- 2.1. Introducció. Exemples.
- 2.2. Anàlisi exploratòria de dades: Definicions de la matriu veïnatge, Mesures d'associació espacial
- 2.3. Models auto-regressius i d'heterogeneïtat espacial
- 2.4. Estimació bayesiana Algorisme Gibbs Sampling. Diagnòstic de convergència

Objectius específics:

-

Activitats vinculades:

-

Dedicació: 41h 40m

Grup gran/Teoria: 10h

Grup mitjà/Pràctiques: 5h

Aprenentatge autònom: 26h 40m

3. PROCESSOS PUNTUALS ESPACIALS

Descripció:

180/5000

3.1. Introducció. Alguns exemples.

3.2. Teoria bàsica per a processos puntuals

3.3. Anàlisi Exploratori de Dades (EDA) per a processos puntuals

3.4. Models de processos puntuals

Objectius específics:

-

Activitats vinculades:

-

Dedicació: 41h 40m

Grup gran/Teoria: 10h

Grup mitjà/Pràctiques: 5h

Aprenentatge autònom: 26h 40m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Avaluació continuada

L'avaluació de l'assignatura es fa mitjançant diverses activitats:

- Exercicis (70% de la nota final): En cadascun dels blocs que componen l'assignatura els alumnes han de resoldre uns exercicis, els quals han de ser lliurats en un determinat termini que s'anunciarà durant el curs. Els exercicis són puntuats entre 0 i 10, i la mitjana d'aquestes qualificacions és la nota d'exercicis.

- Prova de coneixements (30% de la nota final). La prova és tipus test d'elecció múltiple sobre conceptes teòrics i pràctics de tot el temari de l'assignatura. L'examen consisteix en 15 preguntes, i es penalitza les respostes incorrectes. La prova rep una puntuació entre 0 i 10.

La nota final de l'assignatura es calcula com la mitjana ponderada entre la qualificació dels exercicis (70%) i la qualificació de la prova de coneixements (30%).

Per aprovar l'assignatura la nota final ha de ser superior a 5.

Avaluació única

Aquells alumnes que vulguin realitzar l'avaluació única ho han de comunicar al coordinador de l'assignatura durant els primers 15 dies lectius de l'assignatura.

L'avaluació única consisteix en una prova de coneixements que engloba tot el temari de l'assignatura. La prova rep una puntuació entre 0 i 10 i es correspon amb la qualificació final de l'assignatura.

Per aprovar l'assignatura la nota final ha de ser superior a 5.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Banerjee, Sudipto; Carlin, Bradley P.; Gelfrand, Alan E. Hierarchical modelling and analysis for spatial data. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2004. ISBN 158488410X.
- Bivand, Roger; Pebesma, Edzer J.; Gómez-Rubio, Virgilio. Applied spatial data analysis with R [en línia]. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 07/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-7618-4>. ISBN 9780387781709.
- Cressie, Noel A. C. Statistics for spatial data. Rev. ed. New York: John Wiley and Sons, cop. 1993. ISBN 0471002550.
- Gelfand, Alan. Handbook of spatial statistics. Boca Raton: CRC Press, cop. 2010. ISBN 9781420072877.
- Baddeley, Adrian; Rubak, Ege; Turner, Rolf. Spatial point patterns : methodology and applications with R. CRC Press, 2016. ISBN 9781482210200.
- Diggle, Peter. Statistical analysis of spatial point patterns. 2nd ed. Hodder Arnold, 2003. ISBN 0340740701.
- Elliott, P. [et al.]. Spatial epidemiology : methods and applications. Oxford University Press, 2000. ISBN 0192629417.

RECURSOS

Material informàtic:

- R. R is a free software environment for statistical computing and graphics.
<http://www.r-project.org/>- WinBUGS. WinBUGS is part of the BUGS project, which aims to make practical MCMC methods available to applied statisticians.
<http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs/winbugs/contents.shtml>

Guia docent

200612 - ADL - Anàlisi de Dades Longitudinals

Última modificació: 16/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
749 - MAT - Departament de Matemàtiques.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE ANTONIO SÁNCHEZ ESPIGARES

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Les capacitats prèvies desitjables són les derivades de la formació en estadística matemàtica i probabilitat que habitualment els estudis de grau proporcionen. Dues referències que poden ajudar a preparar l'assignatura en la fase preliminar són:

Gómez, G. (2002) Estadística Matemàtica 1 (Teoria). Apunt de la FME. Universitat Politècnica de Catalunya.

Gómez, G, Nonell, R i Delicado, P. (2002) Estadística matemàtica 1. (Problemes). Apunts de la FME. Universitat Politècnica de Catalunya

L'assignatura pressuposa que l'estudiant coneix el model lineal i model lineal generalitzat. Aquests coneixements es poden adquirir o consolidar per avançat en l'assignatura que s'imparteix al primer quadrimestre.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
7. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
8. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.
9. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

2. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

El contingut, el mètode d'aprenentatge i l'avaluació d'aquesta assignatura s'han dissenyat tenint en compte criteris de sostenibilitat (en particular els mediambientals), compromís social (de protecció o cura a tercers, de seguretat o benestar) i perspectiva de gènere (tractament de casos i d'exemples).

El curs és de caràcter pràctic i amb orientació PBL (Project/Problems Based Learning).

Concretament:

- a) exposar les necessitats metodològiques mitjançant l'anàlisi de dades reals,
- b) desenvolupar el model teòric (l'èmfasi principal es posaria en la modelització i la interpretació, i, secundàriament, en les demostracions dels resultats)
- c) tornar a les dades per a fer l'anàlisi.

El desenvolupament de les pràctiques és en R.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Les dades longitudinals, al combinar informació de la variabilitat entre-unitats i de l'evolució i variació intra-unitats representen, per la seva freqüència i rellevància, un repte tant per a l'estadístic professional com per al desenvolupament teòric.

L'objectiu del curs és, d'una banda, desenvolupar el marc teòric propi i, de l'altra, posar en pràctica els coneixements adquirits mitjançant l'ús de programari estadístic R.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Model Lineal Mixt (LMM).

Descripció:

Model Lineal Mixt (LMM).

Dedicació: 36h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup mitjà/Pràctiques: 6h

Aprenentatge autònom: 24h

Model Lineal Mixt Generalitzat (GLMM).

Descripció:

Model Lineal Mixt Generalitzat (GLMM).

Dedicació: 16h 40m

Grup gran/Teoria: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 10h 40m

Model No-Lineal Mixt (NLMM)

Descripció:

Model No-Lineal Mixt (NLMM)

Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 16h

Models Jeràrquics Bayesians

Descripció:

Models Jeràrquics Bayesians

Dedicació: 33h 20m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup mitjà/Pràctiques: 6h

Aprenentatge autònom: 21h 20m

Extensions: Anàlisi de dades mancants i Modelització conjunta (Joint Modeling)

Descripció:

Extensions: Anàlisi de dades mancants i Modelització conjunta (Joint Modeling)

Dedicació: 14h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 8h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- 20%: Exercicis pràctics realitzats durant el curs. Treball en grup de 2-3 estudiants.
- 20%: Projecte d'un cas real. Treball en grup de 2-3 estudiants.
- 15%: Examen Teoria (preguntes desenvolupament)
- 45%: Examen Pràctic (anàlisi de dades)

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Little, Roderick J.A.; Rubin, D.B. Statistical analysis with missing data [en línia]. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2019 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781119013563>. ISBN 0471183865.
- McCulloch, C.E.; Searle, S.R. Generalized, linear and mixed models. New York: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 047119364X.
- Molenberghs, G.; Verbeke, G. Models for discrete longitudinal data [en línia]. Springer, 2005 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-28980-1>. ISBN 0387251448.
- Verbeke, G.; Molenberghs, G. Linear mixed models for longitudinal data [en línia]. Springer-Verlag, 2000 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98969>. ISBN 0387950273.

Complementària:

- Crowder, M.J.; Hand, D.J. Analysis of repeated measures. Chapman and Hall, 1990. ISBN 041231830X.
- Diggle, P.; Liang, K-Y.; Zeger, S.L. Analysis of longitudinal data. 2nd ed. Oxford University Press, 2002. ISBN 0198524846.
- Lindsey, James K. Models for repeated measurements. 2nd ed. Clarendon Press, 1999. ISBN 0198505590.

- McCullagh, P.; Nelder, J.A. Generalized linear models. 2nd ed. Chapman & Hall, 1989. ISBN 0412317605.
- Pinheiro, J.C.; Bates, D.M. Mixed effects models in S and S-Plus [en línia]. Springer-Verlag, 2000 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98882>. ISBN 0387989579.
- Schafer, J. Analysis of incomplete multivariate data. Chapman & Hall, 1997. ISBN 0412040611.
- Verbeke, G.; Molenberghs, G. Linear mixed models in practice a SAS-oriented approach. Springer-Verlag, 1997. ISBN 0387982221.
- Faraway, Julian James. Extending the linear model with R : generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. Boca Raton (Mass.): Chapman & Hall/CRC, 2006. ISBN 9781584884248.
- Galecki, Andrzej; Burzykowski, Tomasz. Linear mixed-effects models using R : a step-by-step approach [en línia]. New York: Springer, 2013 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-3900-4>. ISBN 9781461438991.
- Rizopoulos, Dimitris. Joint models for longitudinal and time-to-event data : with applications in R [en línia]. Boca Raton, FL [etc.]: Chapman and Hall/CRC, cop. 2012 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/b12208/joint-models-longitudinal-time-event-data-dimitris-rizopoulos>. ISBN 9781439872864.
- Verbeke, Geert; Fieuws, Steffen; Molenberghs, Geert; Davidian, Marie. "The analysis of multivariate longitudinal data: A review". National Institute of Health-Public Access [en línia]. [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/224811683_The_analysis_of_multivariate_longitudinal_data_A_review.

Guia docent

200629 - ASA - Anàlisi de la Supervivència Avançada

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Els estudiants han de conèixer els conceptes bàsics de l'anàlisi de supervivència. Aquests conceptes inclouen: dades censurades, versemblança en presència de censura, distribucions paramètriques contínues diferents de la normal, estimador Kaplan-Meier de la funció de supervivència, prova log-rank, model de vida accelerada, model de riscos proporcionals de Cox i diagnòstics en el model de regressió de Cox. L'estudiant pot trobar aquests conceptes en els capítols 2-4, 7-8, 11-12 del llibre "Survival analysis: techniques for censored and truncated data" de Klein i Moeschberger. Aquests conceptes es poden haver adquirit de forma autodidàctica, en el curs d'anàlisi de temps de vida del primer quadrimestre o en una altra titulació de grau o postgrau.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

1. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
2. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
3. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
4. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
7. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.

Transversals:

8. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

9. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

Les hores d'aprenentatge dirigit s'organitzen en sessions de dos tipus:

a) Classes de Teoria en les quals el professorat presenta els objectius d'aprenentatge generals i els conceptes bàsics de cada bloc de continguts. Aquests conceptes s'il·lustren amb situacions reals. El material de suport que es farà servir serà publicat amb anticipació a Atenea (pla docent, continguts, transparències del curs, exemples, programació d'activitats d'avaluació, bibliografia, ...)

Els estudiants faran una presentació d'un tema relacionat amb el material del bloc 2.

b) Classes de Laboratori per a les pràctiques del curs en R. Aquestes sessions tracten l'aspecte pràctic i d'anàlisi de dades de l'assignatura. Els estudiants disposen del programari R per a continuar les sessions de laboratori a les seves hores d'aprenentatge autònom.

A les hores d'aprenentatge autònom l'estudiant haurà d'estudiar els temes del curs, ampliar la bibliografia, resoldre els problemes proposats, seguir les pràctiques de laboratori, llegir articles de recerca, ...

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'assignatura d'Anàlisi de la Supervivència Avançada prepara l'estudiant per abordar situacions reals en què les dades presenten patrons de censura complexos, on els covariants poden variar en el temps, així com presenta l'anàlisi multivariant de dos o més temps fins a un esdeveniment i els models de riscos competitius i multiestat.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

B1: Extensions del model de Cox

Descripció:

B1. Validant la hipòtesi de proporcionalitat. El model de Cox estratificat. El model de Cox per a dades canviants amb el temps. Models frailty.

Dedicació: 30h 30m

Grup gran/Teoria: 7h 30m

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 20h

B2: Anàlisi multivariat de la supervivència

Descripció:

B2. Models paramètrics multivariats. Còpules. Dades seqüencials i en paral·lel.

Dedicació: 41h 40m

Grup gran/Teoria: 12h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 26h 40m

B3. Anàlisi de Riscos Competitius i Models multiestat

Descripció:

Funció d'incidència acumulada, funcions de risc amb causa específica, intensitats i probabilitats de transició, equacions de Chapman-Kolmogorov, predicció.

Dedicació: 27h 10m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 18h 10m

B4: Censura en un interval

Descripció:

B3. Censura en un interval

Tipus de censura en un interval. Estimació no paramètrica de la funció de supervivència. Algorisme d'autoconsistència. Comparació de corbes de supervivència. Models de regressió. Censura en un interval en les covariants.

Dedicació: 25h 40m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 16h 40m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Els blocs B1, B2, B3 i B4 s'avaluaran de forma independent, a les dates previstes al document de planificació, resultant en qualificacions N1, N2, N3 i N4.

La nota final del curs, NF, serà la mitjana d'aquestes puntuacions, és a dir, $NF = (N1 + N2 + N3 + N4) / 4$.

Les qualificacions dels blocs 1, 3 i 4 es basaran en un examen amb una part teòrica i una pràctica.

L'avaluació del bloc 2 es basarà en una presentació oral d'un tema relacionat amb el material del bloc 2.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

S'informarà a Atenea a l'inici de curs de les dates de les proves puntuables

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Crowder, Martin J. Multivariate survival analysis and competing risks. Chapman & Hall book, cop. 2012. ISBN 9781138199606.
- Hougaard, Philip. Analysis of multivariate survival data. New York: Springer, cop. 2000. ISBN 0387988734.
- Kleinbaum, David G.; Klein, Mitchel. Survival Analysis. A self-learning text. 3d. New York: Springer, cop. 2012. ISBN 9781441966452.
- Sun, Jianguo. The Statistical analysis of interval-censored failure time data [en línia]. Springer, cop. 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-37119-2>. ISBN 9780387329055.
- Cook, Richard J.; Lawless, Jerald F. Multistate models for the analysis of life history data. Taylor & Francis Group, 2020. ISBN 9780367571726.

Complementària:

- Nelsen, Roger B. An Introduction to copulas [en línia]. 2nd. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-28678-0>. ISBN 9780387286785.
- Gómez, G.; Calle, M.L.; Oller, R.; Langohr, K.. "Tutorial on methods for interval-censored data and their implementation in R". Tutorial on methods for interval-censored data and their implementation in R [en línia]. 2009; 9(4): 259-297 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://www.proquest.com/docview/203142212?parentSessionId=stlkK%2BTCikeBUj8MX8dhoIBLT66sinjUmm3t9AMfzhQ%3D&pq-origsite=primo&accountid=15300>.
- Lawless, Jerald F. Statistical models and methods for lifetime data. 2n ed. Wiley, cop. 2003. ISBN 0471372153.
- Li, Jialiang; Ma, Shuangge. Survival analysis in medicine and genetics [en línia]. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC biostatistics series, cop. 2013 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1683205>. ISBN 9781439893111.
- O'Quigley, John. Proportional hazards regression [en línia]. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <http://link.springer.com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007%2F978-0-387-68639-4>. ISBN 9780387251486.
- Hout, Ardo Van den. Multi-state survival models for interval-censored data [en línia]. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2017 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4748347>. ISBN 9781466568402.

Guia docent

200609 - ATV - Anàlisi de Temps de Vida

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Per tal de poder fer un bon seguiment d'aquesta assignatura l'estudiant ha d'estar familiaritzat amb els següents conceptes: teoria de l'estimació i intervals de confiança, funció de versemblança, mètode de màxima versemblança, models de regressió, metodologia de proves d'hipòtesis. L'estudiant/a haurà de fer servir el software R per les pràctiques de l'assignatura.

Els continguts dels capítols 1 a 3 del llibre "Principles of Statistical Inference" de Cox, Cambridge University Press (2006) s'haurien de tenir assolits abans de començar el curs.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

Transversals:

2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

Teoria:

Són sessions d'una hora i mitja on es presenta el material de l'assignatura. El/La professor/a s'ajuda de l'ordinador i de la pissarra per presentar els continguts. S'enfatitzen les idees i la intuïció. Es discuteixen els temes recolzant-se en situacions reals d'assajos clínics, d'estudis epidemiològics, de dades d'esport i d'altres estudis observacionals on la variable temps fins un esdeveniment sigui d'interès.

Problemes:

Estan incorporats a les sessions de pràctiques.

Pràctiques:

Són sessions d'una hora i mitja que es fan a l'aula informàtica i en la que s'integra la resolució de problemes de caire teòric amb la realització d'exercicis amb l'ajuda de l'ordinador.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'anàlisi de la supervivència s'utilitza en molts camps per analitzar dades que representen la durada entre dos esdeveniments. També es coneix com anàlisi de la història dels successos (event history analysis en demografia), anàlisi del temps de vida (lifetime data analysis), anàlisi de fiabilitat (reliability analysis) i anàlisi del temps fins un esdeveniment (time-to-event analysis). Una característica clau que distingeix l'anàlisi de la supervivència de les altres àrees de l'estadística és que les dades de supervivència estan generalment censurades i algunes vegades truncades. La censura apareix quan la informació de què es disposa és incompleta per alguns individus i això pot succeir per diferents motius que s'aborden al curs.

El curs d'Anàlisi de Temps de Vida engloba un seguit de procediments i tècniques per analitzar dades censurades i / o truncades i quan la hipòtesi de normalitat no és adequada. Aquesta assignatura, s'enfoca des del punt de vista de les aplicacions en medicina, en salut pública, en epidemiologia, en esports i té aplicació directa a altres disciplines com per exemple els estudis econòmics, les ciències actuàries, l'enginyeria i els estudis demogràfics.

L'objectiu del curs, és d'una banda desenvolupar el marc teòric propi de l'anàlisi de la supervivència i de l'altre, posar en pràctica els coneixements adquirits a través de l'ús d'el paquet estadístic R.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Conceptes bàsics i models paramètrics

Descripció:

Funció de risc i de supervivència.

Vida mitjana i mediana.

Principals models paramètrics.

Dedicació: 12h 50m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 8h 20m

Tipus de censura i truncament.

Descripció:

Diferents tipus de censura per la dreta.

Censura per l'esquerra i per intervals.

Construcció de la funció de versemblança.

Truncament per l'esquerra

Dedicació: 11h 10m

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 6h 40m

Inferència no paramètrica per a una mostra.

Descripció:

Estimador de Kaplan-Meier per a la funció de supervivència.

Estimador de Nelson-Aalen per a la funció de risc acumulada.

Propietats de l'estimador de Kaplan-Meier (màxima versemblança, consistència).

Propietats asimptòtiques.

Estimació i bandes de confiança per la mediana i la mitjana en presència de dades censurades

Dedicació: 30h 30m

Grup gran/Teoria: 7h 30m

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 20h

Comparació de dues o més poblacions.

Descripció:

Proves per a comparar dues o més poblacions.

La prova (ponderada) del log-rank.

La família de proves de Fleming-Harrington.

Proves estratificades

Dedicació: 19h 10m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 11h 40m

Regressió paramètrica

Descripció:

El model de vida accelerada

Models Log-lineal, de riscos proporcionals i d'odds proporcionals.

El model de regressió de Weibull.

El model log-logístic.

El model de regressió odds-rate

Dedicació: 20h 50m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 13h 20m

Regressió semiparamètrica: El Model de Cox

Descripció:

Model de riscos proporcionals.

Funció de versemblança parcial.

Inferència en el model de Cox

Residus en un model de Cox

Validació i diagnòstic del model de Cox

Dedicació: 30h 30m

Grup gran/Teoria: 7h 30m

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 20h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació es realitzarà a partir dels següents elements:

- * Lliurament de problemes al llarg del quadrimestre (3 col·leccions) (25%)
- * Pràctica amb dades reals (25%)
- * Examen final (50%)

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

S'informarà a Atenea a l'inici de curs de les dates de les proves puntuables

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Klein, John P.; Moeschberger, Melvin L. Survival analysis : techniques for censored and truncated data [en línia]. 2nd ed. Springer, 2003 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97377>. ISBN 978038795399.
- Collett, D. Modelling survival data in medical research. 2nd ed. Chapman & Hall, 2003. ISBN 1584883251.
- Kleinbaum, David; Klein, Mitchel. Survival analysis : a self-learning text. 3rd ed. Springer, 2012. ISBN 9781441966.
- Lee, E.T.; Wang, J.W. Statistical methods for survival data analysis [en línia]. 4th. Wiley, 2003 [Consulta: 27/05/2024]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471458546>. ISBN 9781118095027.
- Smith, Peter J. Analysis of failure and survival data. Chapman and Hall, 2002. ISBN 1584880759.

Complementària:

- Anderson, Stewart. Biostatistics : a computing approach. Boca Raton: CRC Press, cop. 2012. ISBN 9781584888345.
- Cox, D. R.; Oakes, D. Analysis of survival data. Chapman and Hall, 1984. ISBN 041224490X.
- Kalbfleisch, John D.; Prentice, R.L. The Statistical analysis of failure time data. 2nd ed. Wiley-Interscience, 2002. ISBN 047136357X.
- Klein, John P. Handbook of survival analysis [en línia]. Boca Raton: Taylor and Francis, cop. 2014 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1563126>. ISBN 9781466555662.
- Lawless, Jerald F. Statistical models and methods for lifetime data. 2nd ed. 2003. ISBN 978-0471372158.
- O'Quigley, John. Proportional hazards regression [en línia]. New York, NY: Springer New York, 2008 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-68639-4>. ISBN 9780387686394.

Guia docent

200625 - AE - Anàlisi Economètrica

Última modificació: 23/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: HELENA CHULIÁ

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

El curs assumeix un nivell de coneixement d'estadística similar al que es pot assumir com a previ per l'accés al màster. Els estudiants han d'estar familiaritzats amb els conceptes de la prova d'hipòtesis i la significació estadística en el marc dels models lineals. Els conceptes necessaris per seguir el curs es poden trobar, per exemple, en el text "Practical Regression and Anova using R", disponible al lloc web de R (<http://cran.r-project.org/doc/contrib/Faraway-PRA.pdf>).

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

5. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
6. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
7. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

Transversals:

3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

L'activitat docent que es durà a terme en l'assignatura suposa la utilització dels recursos docents que es detallen a continuació:

- Classes magistrals (agent principal: professor)
- Classes pràctiques (agents principals: alumnes i professor)
- Treball autònom dels alumnes (agents principals: alumnes).

En les sessions magistrals es presentarà als alumnes els continguts de tipus teòric de la lliçó, complementats amb exercicis pràctics.

A les sessions de pràctiques informàtiques es pretén que els alumnes emprin els conceptes teòrics vistos amb anterioritat. Per poder assolir aquesta tasca els alumnes seguiran unes pràctiques guiades que els hi seran subministrades prèviament.

Els elements de gran importància per desenvolupar les classes magistrals dins de l'aula són:

- Ordinador, amb una connexió a la xarxa d'internet i preparat per ser utilitzar conjuntament amb un canó de projecció
- L'ordinador ha de comptar amb el programari economètric adequat.

Un altre instrument que serà utilitzat com a suport a la tasca docent és el Campus virtual del Moodle, lloc a on els alumnes poden trobar disponible tot el material que es fa servir a les sessions magistrals i a les pràctiques. Així mateix, aquest element permet una planificació i comunicació amb l'alumne transparent, ja que s'inclou informació rellevant del curs com ara el pla docent, el programa de l'assignatura, bibliografia recomanada, i el calendari lectiu.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

S'espera que un cop completada l'assignatura, els estudiants siguin capaços de dominar els mètodes i tècniques economètriques bàsiques, així com el vocabulari i els conceptes propis de l'econometria. A més d'identificar els problemes susceptibles de ser tractats amb les eines economètriques, plantejar-los de forma adequada i incorporar els resultats de l'anàlisi economètrica al procés de presa de decisions.

Tot això fa que en el pla de treball de l'assignatura es combinin els aspectes teòrics fonamentals de l'Econometria amb aquells altres més aplicats. En aquest sentit, un dels objectius a considerar a l'hora d'impartir el programa de l'assignatura és trobar el punt d'equilibri entre formalisme en el desenvolupament dels continguts i la seva aplicabilitat a partir de programari lliure conegut pels estudiants com R.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

MODELS ECONOMÈTRICS

Descripció:

- 1.1. Supòsits
- 1.2. MQO
- 1.3. Inferència
- 1.4. Màxima versemblança
- 1.5. GMM (Mètode generalitzat dels moments)

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

MODELS ECONOMÈTRICS PER A DADES DE PANEL

Descripció:

- 3.1. Models estàtics: efectes fixos (EF)
- 3.2. Models estàtics: efectes aleatoris (EA)
- 3.3. Models dinàmics

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

MODELS ECONOMÈTRICS PER A VARIABLE DEPENDENT LIMITADA

Descripció:

- 4.1. Models d'elecció binària.
- 4.2. Models logit i probit.
- 4.3. Models multinomials.
- 4.4. Models de conteig.

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

ANÀLISI DE DURACIÓ

Descripció:

- 5.1. La funció de risc
- 5.2. Funcions de risc condicionals
- 5.3. Funcions de versemblança
- 5.4. Heterogeneïtat no observada
- 5.5. Models de durada discreta amb sortides múltiples

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

EFFECTES DE TRACTAMENT

Descripció:

- 6.1. Marc dels resultats potencials
- 6.2. Experiments
- 6.3. Mètodes observacionals

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

El model d'avaluació de l'assignatura serà el d'avaluació continuada. Tenint en compte el caràcter tant teòric com empíric de l'assignatura, l'avaluació de l'assignatura es basarà en dos tipus d'activitats:

A. La realització d'activitats pràctiques. Al llarg del semestre es proposarà la realització d'un conjunt d'activitats pràctiques que s'anunciaran al principi de curs (50%).

B. Una prova final (50%)

BIBLIOGRAFIA

Complementària:

- Greene, William H. Análisis econométrico. 3a ed. Prentice-Hall, 2000. ISBN 8483220075.
- Maddala, G. S. Introduction to econometrics. 4a ed. Wiley, 2009. ISBN 9780470015124.
- Novales Cinca, Alfonso. Econometría. 2ª ed. Madrid: Mc Graw-Hill, 1993. ISBN 8448101286.
- Wooldridge, Jeffrey M. Introducción a la econometría : un enfoque moderno. 2ª ed. Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo, 2005. ISBN 8497322681.

RECURSOS

Altres recursos:

Per a aquesta assignatura, es recomana consultar la informació disponible a través del campus virtual / pàgina web de l'assignatura així com el següent material:

- * Guions i transparències utilitzades a classe
- * Exercicis utilitzats a les sessions de classe
- * Material de les sessions pràctiques, que inclou: descripció detallada de la pràctica de manera que l'alumne la pugui realitzar de forma autònoma, i les dades corresponents a la pràctica
- * Pràctiques proposades: per cadascuna de les pràctiques, corresponents a cada tema, es proposa una pràctica addicional que l'alumne ha de resoldre. Per això disposa de l'enunciat i les dades.

Guia docent

200606 - AMD - Anàlisi Multivariant de Dades

Última modificació: 23/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà, Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JAMIE ARJONA MARTÍNEZ

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

1. El curs pressuposa coneixements d'àlgebra lineal: diagonalització de matrius simètriques, projecció de vectors, derivació vectorial de funcions lineals i quadràtiques.
2. També cal haver fet un curs d'inferència estadística pel que fa a les proves univariants clàssiques (t de Student, F de Fisher).

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

1. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
2. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
3. CE-9. Capacitat per a implementar algorismes d'estadística i investigació operativa.
5. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
6. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.

Transversals:

4. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
7. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

Idioma: la primera part (50%) es farà en Anglès, i la segona part (50%) es farà en Castella.

Teoria: es fan classes magistrals seguint el temari d'acord amb la temporalització entregada a començament del curs.

Entregables: Es tracta d'utilitzar les facilitats de la programació matricial per fer un anàlisi multivariant utilitzant jocs de dades multivariants. Les pràctiques s'avaluen. El programari utilitzat és R. Les pràctiques es fan en grups d'estudiants.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'estudiant que supera l'assignatura ha de ser capaç de:

1. Reconèixer la naturalesa multivariant d'una base de dades.
2. Enunciar el guany d'un enfocament multivariant, respecte al tradicional univariante.
3. Enunciar els objectius dels mètodes multivariants més utilitzats (ACP, AC, Anàlisi Factorial, Escalament multidimensional, MANOVA, AD, etc.)
4. Identificar el mètode multivariant més adient per a un conjunt de dades concret.
5. Implementar els mètodes bàsics de l'anàlisi multivariant en llenguatge matricial amb el programari R.
6. Aplicar l'estadística descriptiva multivariant a un conjunt de variables.
7. Aplicar els principals mètodes de reducció de la dimensionalitat.
8. Aplicar les transformacions necessàries per un determinat anàlisi (escollir la mètrica)
9. Realitzar la visualització multivariant amb programari estadístic.
10. Interpretar les representacions visuals (biplots) de les dades multivariants.
11. Enunciar la distribució normal multivariant i les seves propietats.
12. Enunciar la definició de les proves estadístiques multivariants bàsiques.
13. Aplicar les proves d'hipòtesis multivariant més freqüents, sobre el vector de mitjanes i sobre la matriu de covariàncies.
14. Aplicar l'anàlisi discriminant lineal i quadràtic a dades corresponents a diferents poblacions d'individus, obtenint les funcions discriminants sota la hipòtesi de normalitat multivariante i realitzar l'assignació d'individus anònims.
15. Enunciar els mètodes bàsics de creació de grups.
16. Aplicar els algorismes per a la creació de grups.
17. Interpretar els resultats dels mètodes multivariants més utilitzats.
18. Aplicar l'anàlisi factorial i extreure els factors comuns a unes variables.
19. Aplicar l'anàlisi de mesures repetides, de perfils i la MANOVA de dos factors.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Estadística Descriptiva Multivariant

Descripció:

1. Introducció i conceptes bàsics. Repas de l'Àlgebra lineal. Geometria de la mostra. Núvols de punts en R_p i R_n . Concepte de mètrica. Mesures de variabilitat. Projecció M-ortogonal. Descomposició en valors y vectors propis. Descomposició en valors singulars generalitzada. Representacions gràfiques: el biplot.
2. Anàlisi de components principals (ACP). Definició dels components. Propietats. ACP basat en la matriu de covariancies i en la matriu de correlacions. Biplots. Bondat de la representació.
3. Escalament multidimensional. Distàncies i mètriques. Representació euclidiana d'una matriu de distàncies. Descomposició espectral associada. Bondat de la representació.
4. Anàlisi de correspondències simple. Taules de contingència. Perfils fila i perfils columna. Inercia i estadístic chi-quadrat. Biplots.
5. Anàlisi de correspondències múltiple (ACM). ACM basat en la matriu de Burt. ACM basat en la matriu de variables indicadores. Inèrcies ajustades. Representacions gràfiques.
6. Anàlisi factorial. El model factorial. Factors comuns i específics. Mètodes d'estimació: anàlisi factorial principal i màxima versemblança. Representacions gràfiques.
7. Anàlisi de correlacions canòniques. Funció objectiva. Correlacions canòniques, variables canòniques i pesos canònics. Relació amb altres mètodes. Biplots.

Objectius específics:

Realitzar l'anàlisi descriptiu gràfic i numèric d'una taula de dades multivariant, tant per taules de dades quantitatives com per taules de dades categòriques.

Activitats vinculades:

Varies pràctiques, exercicis i el treball.

Dedicació: 61h

Grup gran/Teoria: 15h

Grup mitjà/Pràctiques: 6h

Aprenentatge autònom: 40h

Inferència Estadística Multivariant

Descripció:

La distribució normal multivariant. Estadístics mostrals. Prova de la raó de versemblança. Proves sobre la matriu de covariàncies. Prova de la unió de la intersecció. T2 de Hotelling. Proves sobre el vector de mitjanes. Anàlisi de mesures repetides. Anàlisi de perfils. Comparació de diverses mitjanes. La lambda de Wilks. El model MANOVA amb un i mes factors.

Objectius específics:

Realitzar inferència estadística de naturalesa multivariant.

Activitats vinculades:

Pràctiques i problemes.

Dedicació: 29h

Grup gran/Teoria: 9h

Aprenentatge autònom: 20h

Classificació i obtenció de grups

Descripció:

1. Anàlisi discriminant. Anàlisi discriminant paramètrica. Funcions discriminants. Anàlisi discriminant lineal i anàlisi discriminant quadràtica.
2. Anàlisi de conglomerats. Distàncies i similitud. Algorismes. Mètodes jeràrquics i Mètodes de partició. Dendrograma. Propietat ultramètrica. Criteri de Ward.

Objectius específics:

Aplicar l'anàlisi discriminant i l'anàlisi clúster i interpretar els seus resultats.

Activitats vinculades:

Pràctiques i problemes.

Dedicació: 32h

Grup gran/Teoria: 7h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 20h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació es farà mitjançant una ponderació de diferents elements. Hi haurà dos examens, un examen parcial sobre la primera meitat del curs i un examen parcial sobre la segona meitat. Cada part té una sèrie d'entregables (exercicis o pràctiques) a on els estudiants han de fer entrega de un petit informe. La nota s'obtindrà a partir de la qualificació dels exàmens i dels entregables. La ponderació de les diferents parts de la avaluació és el següent: examen parcial primera part (42.5%), examen final segona part (42.5% si només la segona part, 85% si inclou també la primera part), entregables primera part (7.5%) i entregables segona part (7.5%). Els estudiants que hagin aprovat el primer examen no cal que es presentin per la matèria de la primera part a l'examen final.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Aluja, T.; Morineau, A. Aprender de los datos : el análisis de componentes principales. EUB, 1999. ISBN 8483120224.
- Johnson, R. A.; Wichern, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 6th ed. Harlow, Essex: Pearson Education Limited, 2014. ISBN 9781292037578.
- Krzanowski, W. J. Principles of multivariate analysis : a user's perspective. Oxford University Press, 2000. ISBN 0198507089.
- Lebart, L.; Morineau, A.; Piron, M. Statistique exploratoire multidimensionnelle. 2e éd. Dunod, 1997. ISBN 2100040014.
- Peña Sánchez de Rivera, Daniel. Análisis de datos multivariantes [en línia]. McGraw-Hill, 2002 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4203. ISBN 8448136101.

Complementària:

- Cuadras, C. M. Métodos de análisis multivariante. 2ª ed. PPU, 1991. ISBN 8476657714.
- Dillon, W. R.; Goldstein, M. Multivariate analysis methods and applications. John Wiley and Sons, 1984. ISBN 0471083178.
- Mardia, K. V.; Kent, J.T.; Bibby, J.M. Multivariate analysis. Academic Press, 1979. ISBN 0124712525.
- Morrison, D. F. Multivariate statistical methods. 3rd ed. McGraw-Hill, 1990. ISBN 0070431876.
- Volle, Michel. Analyse des données. 3e éd. Economica, 1985. ISBN 2717808159.
- Everitt, Brian. An R and S-PLUS companion to multivariate analysis [en línia]. London: Springer, 2005 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b138954>. ISBN 1852338822.

RECURSOS

Material informàtic:

- Lecture slides. Transparències

Guia docent

200644 - APE - Aprenentatge Estadístic

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: PEDRO FRANCISCO DELICADO USEROS

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Familiaritat amb els conceptes bàsics de càlcul en una o més variables (materials per preparació prèvia:). Formació de nivell mitja en probabilitats i inferència. Domini de l'entorn de treball estadístic i programació R (materials per preparació prèvia: qualsevol bon curs d'autoaprenentatge de R). És útil tenir nocions bàsiques de regressió lineal múltiple i de regressió logística.

REQUISITS

"Fundamentos de Inferencia Estadística" o "Inferencia Estadística Avanzada"
"Software estadístic: R i SAS"

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

MESIO-CE2. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.

MESIO-CE3. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.

MESIO-CE6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

MESIO-CE8. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

MESIO-CE9. CE-9. Capacitat per a implementar algorismes d'estadística i investigació operativa.

MESIO-CE4. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.

Transversals:

CT1a. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

L'aprenentatge s'organitza en sessions teòric-pràctiques, que combinen una part expositiva i una altra d'il·lustrativa. A la part expositiva de les sessions, els aspectes teòrics es presenten i discuteixen, acompanyats d'exemples pràctics utilitzant diapositives que es lliuraran prèviament als estudiants. A la part il·lustrativa, l'entorn de treball fonamental serà R, del qual es presumeix un coneixement intermedi (ús de l'entorn i programació bàsica). També es farà servir Python en algunes sessions.

L'aprenentatge autònom consistirà en l'estudi i resolució de problemes pràctics que l'estudiant ha de lliurar al llarg del curs.

Concretament, les activitats previstes són:

- Anàlisi detallada de diversos conjunts de dades. S'intentarà que cada conjunt de dades serveixi de base per a un cas d'estudi en diversos mètodes.
- La realització d'exercicis pràctics sobre els mètodes estudiats. Els exercicis pràctics requeriran completar les tasques de programació en R.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Conèixer l'estructura dels problemes d'aprenentatge supervisats i no supervisats.

Ser capaç d'ajustar un model de regressió lineal múltiple, i també un GLM, utilitzant la versió penalitzada dels mínims quadrats ordinaris (OLS) i dels estimadors de màxima versemblança.

Conèixer les característiques comunes essencials dels estimadors de regressió no paramètrics (disjuntiva biaix-variància, selecció del paràmetre de suavitzat, nombre efectiu de paràmetres, etc.) i els detalls de tres d'ells: regressió polinòmica local, suavitzat per splines, models additius generalitzats (GAM).

Conèixer els principals mètodes basats en arbres i poder aplicar aquests mètodes en conjunts de dades reals.

Comprendre els fonaments de les xarxes neuronals artificials (incloent-hi models de deep-learning i les xarxes neuronals convolucionals) i adquirir les habilitats necessàries per aplicar-les

Conèixer els principals procediments de validació creuada per avaluar la precisió d'un model de predicció.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció a l'aprenentatge estadístic

Descripció:

1. Aprenentatge supervisat i no supervisat.

Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

Estimadors de regressió penalitzats: Regressió ridge i Lasso

Descripció:

1. Regressió ridge.
2. Validació creuada.
3. Lasso en el model de regressió lineal múltiple. Optimització cíclica coordinada a coordinada.
4. Lasso al GLM.
5. Comparació de les regles de classificació. Corba ROC.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Regressió no paramètrica. Models Additius Generalitzats

Descripció:

1. Introducció al modelatge no paramètric.
2. Regressió polinòmica local. La disjuntiva biaix-variància. Suavitzaadors lineals. Selecció del paràmetre de suavitzat.
3. Regressió no paramètrica amb resposta binària. Model de regressió no paramètrica generalitzat. Estimació per màxima versemblança local.
4. Suavitzat per splines. Regressió no paramètrica de mínims quadrats penalitzada. Splines cúbics, interpolació i suavitzat. B-splines. Ajust de models de regressió no paramètrics generalitzats amb splines.
5. Models d'additius generalitzats (GAM). Regressió no paramètrica múltiple. La maledicció de la dimensionalitat. Models additius. Models additius generalitzats.

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 5h

Mètodes basats en arbres

Descripció:

1. Els fonaments dels arbres de decisió. Arbres de regressió. Arbres de classificació.
2. Ensemble Learning. Bagging. Random forests. Boosting.

Dedicació: 10h 30m

Grup gran/Teoria: 7h

Grup petit/Laboratori: 3h 30m

Xarxes Neuronals Artificials

Descripció:

1. Xarxes feed-forward.
2. Entrenament d'una xarxa.
3. Retro-propagació de l'error.
4. Models d'aprenentatge profund (Deep Learning).
5. Xarxes neuronals convolucionals.

Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 4h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Es basa en dues parts:

- 1) Exercicis pràctics realitzats al llarg del curs: 50%
- 2) Examen final: 50%

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Bowman, A. W; Azzalini, Adelchi. Applied smoothing techniques for data analysis : the Kernel approach with S-Plus illustrations. Oxford: Clarendon Press, 1997. ISBN 0198523963.
- Chollet, François; Allaire, J. J. Deep Learning with R. Manning Publications, 2018. ISBN 9781617295546.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome. The Elements of statistical learning : data mining, inference, and prediction [en línia]. 2nd ed. New York [etc.]: Springer, cop. 2009 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-84858-7>. ISBN 9780387848570.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Wainwright, Martin. Statistical learning with sparsity: the lasso and generalizations [en línia]. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 2015 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4087701>. ISBN 9781498712163.
- James, Gareth. An Introduction to statistical learning : with applications in R [en línia]. New York: Springer, 2013 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-7138-7>. ISBN 9781461471370.
- Lantz, Brett. Machine learning with R : discover how to build machine learning algorithms, prepare data, and dig deep into data prediction techniques with R [en línia]. 2nd ed. Birmingham: Packt Pub, 2015 [Consulta: 24/05/2024]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=2122139>. ISBN 9781784393908.
- Wood, Simon N. Generalized additive models : an introduction with R. Boca Raton, Fla. [etc.]: Chapman & Hall/CRC, 2006. ISBN 9781584884743.

Complementària:

- Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning. New York: Springer, cop. 2006. ISBN 9780387310732.
- Haykin, Simon S. Neural networks and learning machines. 3rd. Upper Saddle River: Prentice Hall, cop. 2009. ISBN 9780131471399.
- Wasserman, Larry. All of nonparametric statistics [en línia]. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-30623-4>. ISBN 9780387251455.
- Fan, Jianqing; Li, Runze; Zhang, Cun-Hui; Zou, Hui. Statistical foundations of data science. Boca Raton;: CRC Press, 2020. ISBN 9781466510845.

RECURSOS

Altres recursos:

ATENEA

Guia docent

200649 - AEXNAP - Aprenentatge Estadístic amb Xarxes Neuronals Artificials Profundes

Última modificació: 03/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: ESTEBAN VEGAS LOZANO

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Conèixer els fonaments del càlcul en una o més variables. Estudis intermedis de probabilitat i inferència. Habilitats en programació en Python. Opcionalment, habilitats en l'entorn R per a la computació estadística.

REQUISITS

"Fundamentos de Inferencia Estadística" o "Inferencia Estadística Avanzada"

"Software Estadístico: R y SAS"

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

MESIO-CE2. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.

MESIO-CE3. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.

MESIO-CE4. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.

MESIO-CE6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

MESIO-CE8. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

MESIO-CE9. CE-9. Capacitat per a implementar algorismes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

CT1a. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

L'aprenentatge s'organitza en sessions teòrico-pràctiques amb els instructors. Totes les sessions combinen un 50% de classes expositives i un altre 50% de pràctiques guiades i tallers.

A la part expositiva de les sessions, es presenten i es comenten els aspectes teòrics, acompanyats d'exemples pràctics mitjançant diapositives que es proporcionaran prèviament als estudiants.

L'entorn de treball fonamental de les sessions pràctiques serà Python, del qual es pressuposa un coneixement intermedi (ús de l'entorn i programació bàsica). Opcionalment, els estudiants poden fer els deures amb R.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Conèixer els fonaments de les xarxes neuronals artificials

Conèixer el flux de treball de l'aprenentatge automàtic.

Conèixer l'avaluació de models d'aprenentatge automàtic.

Conèixer els paquets Keras / TensorFlow per implementar models d'aprenentatge profund.

Comprendre el seguiment de models d'aprenentatge profund.

Comprendre l'aprenentatge profund per a la visió per computador.

Comprendre l'aprenentatge profund de text i seqüències.

Comprendre l'aprenentatge profund generatiu.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Fonaments de les xarxes neuronals artificials

Descripció:

- Aprenentatge automàtic. Abordar el sobre ajust.
- Xarxes neuronals. Nodes, capes, activacions. Flux feedforward.
- La capa input. Tensors de dades.
- La capa output. Activacions de sortida. Funcions de pèrdua.
- Entrenament d'una xarxa neuronal. Gradient estocàstic. Optimització. Diferenciació automàtica. Retropropagació.
- Pràctiques: Xarxes neuronals denses. Autoencoders.
- Monitorització de l'entrenament d'una xarxa neuronal.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 10h

Xarxes convolucionales

Descripció:

- Xarxes neuronals convolucionales.
- Augment de dades.
- Extracció de característiques.
- Afinament de models.
- Transferència d'estils.
- Visualització de mapes de calor d'activació de classe. Grad-cam.
- Xarxes convolucionales 1D

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 10h

Xarxes recurrents i transformadors

Descripció:

- Processament previ de dades de text en representacions útils. Incrustacions de paraules.
- Tipus de xarxes neuronals recurrents: RNN, LSTM i GRU.
- Capes d'atenció.
- Transformadors.
- Introducció als models de llenguatge de gran mida.

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 15h

Aprenentatge profund generatiu

Descripció:

- Autoencoders variables.
- Xarxes contradictòries generatives.
- Exploració de l'espai latent.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 10h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Es basa en dues parts:

- 1) Exercicis pràctics realitzats al llarg del curs: 50%
- 2) Examen final: 50%

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning [en línia]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016] [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://www.deeplearningbook.org/>. ISBN 9780262035613.
- Chollet, François. Deep learning with Python [en línia]. Second edition. Shelter Island, New York: Manning Publications Co, 2021 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=6798497>. ISBN 9781617296864.
- Chollet, F. ; Kalinowski T.; Allaire, J. J. Deep Learning with R. Second Edition. Shelter Island, NY: Manning Publications, 2022. ISBN 9781633439849.
- Foster, David. Generative deep learning : teaching machines to paint, write, compose, and play. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2019. ISBN 9781492041948.
- Prince, Simon J. D. Understanding deep learning. Cambridge, 2023. ISBN 9780262048644.

Complementària:

- Pal, S.; Gulli, A. Deep learning with Keras. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2017. ISBN 9781787128422.
- Zaccane, G. Deep learning with TensorFlow. Packt Publishing Ltd, 2017. ISBN 9781786469786.

Guia docent

200627 - AC - Assajos Clínic

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: MARTA BOFILL ROIG

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Els estudiants han de dominar conceptes d'inferència bàsica i models lineals.

REQUISITS

Estadística descriptiva i inferència estadística, principis de models lineals

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

6. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
8. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.
9. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
11. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
12. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

Transversals:

1. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.
2. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

Aquesta assignatura consisteix en dues parts:

Part A: Introducció als assajos clínics, fonaments, principis bàsics i àrees emergents

Part A consisteix en:

1. Classes magistrals
2. Treball (en equips de 2-3)
3. Presentació en un tema a escollir en la meitat de l'assignatura

Part B: Mètodes de disseny i anàlisis d'assajos clínics adaptatius i multi-objectius

Part B consisteix en:

1. Classes magistrals
2. Pràctiques en ordinador
3. Treball (en equips de 2-3)
4. Examen final

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Al completar aquest curs, els estudiants han de saber:

- Com és el procés de desenvolupament de medicaments i altres intervencions terapèutiques
- Què preguntes pot respondre un assaig clínic i què no
- El rol dels assajos clínics en la evidència científica acumulada sobre una intervenció terapèutica en una indicació concreta
- Els aspectes essencials d'un assaig clínic
- El rol de l'estadístic en el desenvolupament clínic
- Com reportar els resultats d'un assaig clínic
- Les recents i futures tendències en el desenvolupament clínic
- Identificació de quan ajustar per multiplicitat en assaigs amb objectius múltiples
- Comprensió de per què i com funcionen els dissenys adaptatius des d'un punt de vista estadístic i pràctic
- Aprenentatge de mètodes estadístics bàsics per a dissenys adaptatius i proves múltiples

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Investigació clínica

Descripció:

- Desenvolupament de medicaments i altres intervencions terapèutiques
- Investigació clínica
- El rol del pacient en el desenvolupament de fàrmacs i altres intervencions terapèutiques

Dedicació: 2h 30m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 1h

2. Aspectes fonamentals dels assajos clínics

Descripció:

- Introducció als assajos clínics
- El rol de l'assaig clínic en l'evidència científica
- Bona pràctica clínica
- Fases d'assajos clínics
- Randomització
- Emmascarament
- Població
- Intervencions de l'estudi
- Variables (endpoints)

Dedicació: 29h

Grup gran/Teoria: 9h

Aprenentatge autònom: 20h

3. Tipus d'assajos clínics

Descripció:

- Resum
- Superioritat /no inferioritat / equivalència

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 10h

4. Aspectes estadístics dels assajos clínics

Descripció:

- Estimació de l'efecte del tractament (variables contínues, dicotòmiques, comptatge, y de supervivència)
- Meta-anàlisi
- Estimand framework

Dedicació: 14h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 10h

5. Altres temes d'interès

Descripció:

- CONSORT
- Agències reguladores i els seus processos
- El rol del estadístic en el desenvolupament de medicaments

Dedicació: 7h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 3h

6. Introducció a dissenys adaptatius i testeig múltiple

Descripció:

- Assajos clínics amb anàlisis intermèdies
- Assajos clínics amb múltiples grups de tractament
- Assajos clínics amb múltiples variables (endpoints)
- Dissenys adaptatius

Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 4h

7. Dissenys grup-seqüencials

Descripció:

- Finalització anticipada en assaigs clínics
- Proves de comparació múltiple
- Intervals de confiança, p valors i estimació puntual

Dedicació: 19h 30m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 12h

8. Testeig múltiple

Descripció:

- Introducció
- P-valors basats en proves de comparació múltiple
- Inferència múltiple per a models lineals
- Closed testing principle

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 10h

9. Dissenys adaptatius

Descripció:

- Tests combinats
- Funció d'error condicional
- Reestimació de la mida mostral

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 10h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota d'aquesta assignatura es basarà en:

- Treball en equip: Team work (part 1), Team work (part 2)
- Presentació (part 1)
- Examen (part 2)

Tasques a realitzar a casa (TW) es puntuaran de 0-10 i la nota final de TW serà el promedi de aquestes tasques.

La presentació (P) es puntuarà de 0-10. Els aspectes a avaluar son: estructura, contingut, format, precisió d'afirmacions i referències relacionades, i finalment, la capacitat de l'estudiant a transmetre els missatges centrals del seu treball al públic.

L'examen (E) es puntuarà de 0-10.

La nota final es calcularà:

$$\text{Nota} = 0.1\text{TW1} + 0.1\text{TW2} + 0.4\text{P} + 0.4\text{E}$$

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Wassmer G.; Brannath, W. Group sequential and confirmatory adaptive designs in clinical trials. Springer, 2016. ISBN 9783319325620.
- Jennison C.; Turnbull, B.W. Group sequential methods with applications to clinical trials. Chapman and Hall/CRC, cop. 2000. ISBN 9780849303166.
- Bretz F.; Hothorn, T.; Westfall, P. Multiple comparisons using R [en línia]. Chapman and Hall/CRC, 2010 [Consulta: 05/09/2024]. Disponible a : <https://web-p-ebshost-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ehost/ebookviewer/ebook?sid=c6db8395-9910-413d-954c-2c041dac5c00%40redis&vid=0&format=EB>. ISBN 9781584885740.
- Dmitrienko, A.; Tamhane, A.C.; Bretz, F. Multiple testing problems in pharmaceutical statistics [en línia]. Chapman and Hall/CRC, cop. 2010 [Consulta: 05/09/2024]. Disponible a : <https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/edit/10.1201/9781584889854/multiple-testing-problems-pharmaceutical-statistics-ajit-tamhane-frank-bretz-alex-dmitrienko>. ISBN 9781032477701.
- Friedman, L. M. [et al.]. Fundamentals of clinical trials [en línia]. 5th. Springer, 2015 [Consulta: 15/06/2023]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-1586-3>. ISBN 9783319185385.

Guia docent

200619 - EA - Estadística Actuarial

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: ANA MARIA PÉREZ MARÍN

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

L'alumnat ha de tenir coneixements previs en càlcul de probabilitats, variables aleatòries, distribucions de probabilitat i característiques de les distribucions de probabilitat (esperances, variàncies, etc.). Es recomana de tenir coneixements previs en àlgebra de successos.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

5. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
6. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
7. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
8. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
9. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
10. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
11. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

El curs es compon de sessions teòriques setmanals en les quals l'estudiant ha de participar havent preparat abans el material facilitat. Es resoldran exercicis i casos pràctics amb ordinador.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Relatiu a coneixements:

- Aprendre a calcular la probabilitat de mort (o de supervivència) com a part fonamental del càlcul de les primes pures de les assegurances de vida. Este càlcul es realitza tant individualment (assegurances individuals), com per grups d'individus (assegurances col·lectives).
- Aprendre a calcular les probabilitats de sinistre com a part fonamental del càlcul de les primes pures de les assegurances generals sobre la base de la modelització del nombre de sinistres i de la quantia o danys totals de les reclamacions, així com calcular la probabilitat de ruïna.
- Aprendre els fonaments i aplicacions del insurance data analytics, referent al pricing, la gestió del risc, la detecció de sinistres fraudulents, la predicció del CLV (customer lifetime value) i el disseny de campanyes de màrketng personalitzades en assegurances.
- Conèixer la gestió de dades massives (big data) en el sector assegurador, en especial en relació a les assegurances basades en informació telemàtica (UBI, usage based insurance).

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

BLOC 1. Estadística Actuarial Vida

Descripció:

ema 1. Introducció

- Hipòtesis del model biomètric
- Variables i funcions bàsiques
- Conceptes de teoria de la població
- Probabilitats temporals i diferides
- Taxa instantània de mortalitat
- Esperança de vida
- Taules de vida

Dedicació: 30h

Grup gran/Teoria: 30h

BLOC 2. Estadística Actuarial No Vida

Descripció:

Tema 1. Introducció

- Modelització de la freqüència de sinistres
- Modelització de la severitat dels sinistres
- Selecció i validació de models

Tema 2. Data analytics en assegurances generals

- Anàlisis de la sinistralitat segons el perfil de l'assegurat
- Fonaments del pricing
- Detecció de sinistres fraudulents
- Càlcul del CLV

Tema 3. Usage based insurance (UB) i tractament de dades telemàtiques

- Usage-based-insurance (UBI)
- Gestió de dades massives en el tractament de la informació telemàtica en temps real en UBI

Dedicació: 30h

Grup gran/Teoria: 30h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Avaluació continua:

Es proposaran 3 pràctiques que s'hauran de resoldre i lliurar. Aquestes pràctiques aniran dirigides a avaluar l'habilitat pràctica de l'estudiant en l'aplicació i desenvolupament de conceptes explicats durant les classes. Cada pràctica tindrà un pes del 33.3% en la nota final.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Ayuso, Mercedes. Estadística actuarial vida. Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, 2007. ISBN 8447531309.
- Kaas, Rob ... [et al.]. Modern actuarial risk theory [en línia]. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b109818>. ISBN 0306476037.
- Sarabia Alegría, José María; Gómez Déniz, Emilio; Vázquez Polo, Francisco J. Estadística actuarial : teoría y aplicaciones. Madrid: Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 9788420550282.
- Macdonald, A.S.; Cairns, A.J.G.; Gwilt, P.A. & Miller, K.A. "An international comparison of recent trends in population mortality". British actuarial journal [en línia]. N. 4, 1998, 3-141 [Consulta: 04/06/2024]. Disponible a: <https://www-jstor-org.recursos.biblioteca.upc.edu/journal/britactuj>.
- Spedicato, G. A. (2013). "The lifecontingencies Package: Performing Financial and Actuarial Mathematics Calculations in R". Journal of statistical software [en línia]. 2013, vol. 55, Issue 10 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/265215670_The_lifecontingencies_Package_Performing_Financial_and_Actuarial_Mathematics_Calculations_in_R.
- Jong, Piet de; Heller, Gillian Z. Generalized linear models for insurance data [en línia]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/generalized-linear-models-for-insurance-data/851EB0898C6C7DB4FEA2D542371145C2>. ISBN 9780521879149.
- Renshaw, A. E.; Haberman, S. "Dual modelling and select mortality". Insurance, mathematics and economics [en línia]. 19, 1997, 105-126 [Consulta: 15/05/2020]. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/journal/insurance-mathematics-and-economics/vol/19/issue/2>.
- Charpentier, A.. Computational actuarial science with R. 2015. ISBN 1466592591.
- Frees, Edward W. Regression modeling with actuarial and financial applications [en línia]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/regression-modeling-with-actuarial-and-financial-applications/25C768AB6FFE4FAD5F2AD725D8643C18>. ISBN 9780521135962.
- Boucher, J. P. Pérez-Marín, A. M. and Santolino, M. (2013). "Pay-as-you-drive insurance: the effect of the kilometers on the risk of accident". Anales del instituto de actuarios españoles [en línia]. 19, 2013, p. 135-154 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://actuarios.org/wp-content/uploads/2017/02/anales2013_6.pdf.
- Bowers, Newton L. Actuarial mathematics. 2nd ed. London: The Society of Actuaries, 1997. ISBN 938959468.

RECURSOS

Enllaç web:

- Software R. Software de lliure distribució.
- Disponible a: <http://www.r-project.org>

Guia docent

200622 - EGE - Estadística per a la Gestió Empresarial

Última modificació: 13/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: CATALINA BOLANCÉ LOSILLA

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixement de les tècniques estadístiques bàsiques: anàlisi exploratori de dades, inferència bàsica. Interès per les aplicacions pràctiques més habituals en entorns empresarials. El 60% de les classes i els materials docents i els exàmens són en anglès, el 40% de les classes en Castellà

REQUISITS

Coneixements bàsics d'anàlisi de dades, models de probabilitat i inferència: Representació gràfica de dades i anàlisi exploratòria. Conceptes bàsics de models de probabilitat (Llei normal, binomial i Poisson). Conceptes bàsics d'inferència. Els coneixements poden ser adquirits en qualsevol llibre d'estadística bàsica.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

5. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
6. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
7. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.

Transversals:

1. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

L'aprenentatge tindrà un enfocament eminentment pràctic. Després d'una breu introducció als conceptes clau, els temes es desenvoluparan a partir de l'estudi de casos i exemples concrets. Alguns dels casos com el dels 'Tubs de Silicona' o 'La Caixa Cooperativa Professional' estan estructurats a base de 'lliuraments', de manera que l'alumne treballa amb el mateix cas diversos temes al llarg de varies sessions. També s'utilitzaran exemples del llibre: 'The Role of Statistics in Business and Industry' que serà la referència bàsica.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu fonamental es situar en el context empresarial la utilitat de les tècniques estadístiques que l'alumne ja coneix i posar de manifest els beneficis que la seva utilització pot reportar. Per tant al acabar els alumnes seran capaços de:

- Identificar quina tècnica estadística és més adient en diferents contextos i situacions empresarials
- Valorar els beneficis que la seva utilització pot reportar a l'organització
- Convèncer als gestors (vendre) de les avantatges i beneficis de la utilització de la tècnica estadística en qüestió

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

- Estadística: què i perquè. La qualitat de les dades. Evolució de l'ús de l'estadística. Estadística pro activa

Descripció:

- L'estadística a l'empresa
- Les dades interns i externs
- Ús actual de l'estadística

Dedicació: 7h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 3h

- L'estadística en altres àrees: màrqueting, gestió de clients, serveis financers, gestió de processos

Descripció:

- Estadística aplicada a l'màrqueting
- Estadística aplicada a la gestió de clients
- Estadística aplicada a les finances
- Estadística aplicada a la gestió de processos

Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 3h

- La venta de l'estadística: interna i externa

Descripció:

- Fonts d'estadística interna
- Fuentes de estadística externa
- Gestió de l'estadística

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 3h

- Data Science: aspectes organitzatius (papers i responsabilitats) i de gestió. Valorització

Descripció:

- Importància i paper del data science (ciència de les dades)
- Organització necessària
- Papers i responsabilitats
- Relació amb l'estadística
- Relació amb el business analytics (descriptiu, predictiu i prescriptiu)
- Models de maduresa
- Principals usos en diferents tipus d'organitzacions
- Casos pràctics

Objectius específics:

Entendre els aspectes organitzatius i el paper del data science a les empreses.

Ser capaç de valorar la utilitat i entendre el paper que pot tenir a diferents tipus d'organitzacions

Activitats vinculades:

Lectura i discussió d'articles de revistes científiques i tècniques

Competències relacionades:

MESIO-CE3. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o d'entendre a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

- El paper de l'estadística en el disseny de productes. Relació entre la variabilitat i la satisfacció del client. Reducció de variabilitat, productes robustos. Disseny de proves (experiments).

Descripció:

- L'estadística i el disseny de productes
- L'estadística i la satisfacció d'el client
- Disseny d'experiments, inferència

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

- L'estadística en la gestió de la qualitat. Planificació, control i millora.

Descripció:

- Anàlisi estadístics en la gestió de la qualitat
- La planificació, el control i millora de la qualitat a través de l'estadística

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

- Programes de millora: metodologia Sis Sigma

Descripció:

- Mètode sis Sigma
- Exemple pràctic amb R

Dedicació: 6h 30m

Grup gran/Teoria: 5h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h

ACTIVITATS

RESOLUCIÓ D'EXERCICIS I PROBLEMES

Descripció:

S'encarregarà als estudiants que realitzin exercicis i problemes. Aquestes activitats es realitzaran de forma individual o en grup, segons indiqui el professor en cada cas.

Objectius específics:

Que els estudiants practiquin els coneixements que van adquirint i d'informació al professor sobre el nivell d'assimilació i comprensió d'aquests coneixements.

Material:

L'enunciat dels exercicis i la seva resolució, un cop comentada a classe, estaran disponibles a la intranet de l'assignatura.

Lliurament:

Els exercicis resolts per cada estudiant formaran part de l'avaluació continuada

Dedicació: 45h

Aprenentatge autònom: 30h

Grup mitjà/Pràctiques: 15h

LECTURES I PRESENTACIONS

Descripció:

Abans de la presentació a classe d'alguns temes s'encarregarà als estudiants que llegeixin capítols del llibre recomanat i articles relacionats i comentin el seu contingut o facin presentacions. Aquestes activitats es realitzaran de forma individual o en grup, segons indiqui el professor en cada cas.

Objectius específics:

Que els estudiants arribin a classe amb coneixements sobre els temes a tractar. Que aprenguin a extreure informació de les fonts. Que practiquin competències transversals

Material:

Els capítols i articles indicats estaran disponibles a la intranet de l'assignatura.

Lliurament:

Els comentaris i presentacions formaran part de l'avaluació continuada.

Dedicació:

45h

Activitats dirigides: 30h

Grup mitjà/Pràctiques: 15h

RESOLUCIÓ DE CASOS PRÀCTICS

Descripció:

Els estudiants hauran d'entendre un cas pràctic que descriurà un problema industrial de caràcter real. Utilitzant una base de dades que es proporcionarà, hauran de decidir les eines estadístiques adequades per respondre a les preguntes plantejades, utilitzant software estadístic.

Objectius específics:

Adquirir destresa en el treball amb dades i a l'ús de paquets de software estadístic. Identificar les eines estadístiques adequades a cada situació.

Material:

Els estudiants disposaran de vídeos d'autoaprenentatge del software estadístic que s'utilitza per resoldre els casos, junt amb els enunciats dels casos i les bases de dades a l'intranet.

Lliurament:

L'avaluació es fonamentarà en la resolució de qüestionaris sobre els casos, en la discussió a classe i, eventualment, en la presentació d'informes.

Dedicació:

35h

Aprenentatge autònom: 20h

Grup mitjà/Pràctiques: 15h

EXAMEN PRIMERA PART

Objectius específics:

Avaluació dels coneixements adquirits.

Material:

Examen resolt.

Dedicació:

1h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 30m



SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

$$NF = 0,6*AC + 0,2*E1 + 0,2*E2$$

AC= Avaluació Continuada. Tindrà dos components: un 50% a partir dels casos, presentacions i activitats desenvolupades durant el curs y un altre 50% a partir de proves fetes a classe.

E1 = Examen primera part

E2 = Examen segona part

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Les aplicables al MESIO

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Hahn, G. J.; Doganaksoy, N. The Role of statistics in business and industry [en línia]. Hoboken, N.J: Wiley, 2008 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=819142>. ISBN 9780471218746.
- Coleman, S [et al.]. Statistical practice in business and industry [en línia]. Chichester: John Wiley & Sons, 2008 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470997482#>. ISBN 9780470014974.
- Pande, P. S.; Neuman, R.P.; Cavanagh, R.R. Las Claves de seis sigma : la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. Madrid: McGraw-Hill, 2002. ISBN 8448137531.
- Juran, J.M.; Godfrey, B. Juran's quality handbook. 5th ed. New York: McGrawHill, 1999. ISBN 007034003X.

Guia docent

200653 - FQ - Finances Quantitatives

Última modificació: 05/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: LUIS ORTIZ GRACIA

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

El curs assumeix uns coneixements bàsics de probabilitat, d'estadística i de programació. No són necessaris coneixements previs de finances.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

5. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
6. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
7. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
8. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
9. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
10. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
11. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.
12. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

El curs es compon de sessions teòriques setmanals en què l'estudiant ha de participar havent llegit material facilitat prèviament. Es resoldran problemes a la pissarra i es faran implementacions de les metodologies apreses amb programes en R o qualsevol altre llenguatge triat per l'estudiant.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Conèixer el mercat de derivats i la teoria de valoració en absència d'arbitratge.
- Conèixer els models discrets i continus en finances.
- Familiaritzar-se amb alguns dels mètodes de valoració d'opcions.
- Conèixer les mesures de risc més comunes.
- Estudiar els mètodes que són l'estat de l'art en quantificació del risc en finances.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Modelització i valoració de derivats

Descripció:

- 1.1. Models en temps discret.
- 1.2. Moviment Brownià geomètric i fórmula de Black-Scholes.
- 1.3. Simulació de Monte Carlo i valoració en temps continu.

Dedicació: 75h

Grup gran/Teoria: 18h

Grup petit/Laboratori: 9h

Aprenentatge autònom: 48h

2. Quantificació del risc en finances

Descripció:

- 2.1. Conceptes bàsics en gestió del risc.
- 2.2. Risc de crèdit, mercat, contrapartida i clima.

Dedicació: 50h

Grup gran/Teoria: 12h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 32h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

AVALUACIÓ CONTINUADA

L'avaluació continuada consisteix en la realització de dues proves de seguiment per escrit (PS1 i PS2), i d'una pràctica (PR) proposada durant el semestre. La pràctica consisteix a fer un treball en grup que tractarà una situació simulada però molt realista, i la seva resolució requerirà l'aplicació dels coneixements adquirits al llarg del curs. S'haurà d'elaborar un informe que serà presentat oralment. Els informes seran valorats per la resta d'estudiants i el millor grup rebrà un punt extra que s'afegirà a la nota que doni el professor a aquest informe, sempre fins a un màxim de 10 punts. Serà obligatori contestar una enquesta de valoració de l'activitat pràctica. La PS1 i la PS2 tenen un pes del 35% cadascuna, i la PR té un pes del 30%.

AVALUACIÓ ÚNICA

L'avaluació única consisteix en un examen escrit que inclou tot el contingut de l'assignatura i representa el 100% de la qualificació final.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Hull, J. C. Options, futures and other derivatives [en línia]. Prentice Hall, 2012 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=6661730>. ISBN 9781292410623.
- Glasserman, P. Monte Carlo methods in financial engineering. Springer, 2003. ISBN 9780387004518.
- Seydel, R. U. Tools for computational finance [en línia]. Springer, 2012 [Consulta: 26/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4471-2993-6>. ISBN 3540279261.
- Hassler, U. Stochastic processes and calculus : an elementary introduction with applications. Springer, 2016. ISBN 3319234277.
- McNeil, A. J.; Frey, R.; Embrechts, P. Quantitative risk management : concepts, techniques and tools. Princeton University Press, 2005. ISBN 0691122555.

Guia docent

200605 - FIE - Fonaments d'Inferència Estadística

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: ANTONIO MIÑARRO ALONSO

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Les assignatures Inferència Estadística Avançada i Fonaments d'Inferència Estadística, són assignatures obligatòries del MESIO UPC-UB. La primera és obligatòria per a tots els estudiants graduats en estadística o matemàtiques (itinerari 1) i la segona és obligatòria per a tots els estudiants de la resta de titulacions (itinerari 2). Els estudiants de l'itinerari 2 poden escollir l'assignatura Inferència Estadística Avançada a continuació de Fonaments d'Inferència Estadística com a optativa. Els estudiants de l'itinerari 1 no poden escollir Fonaments d'Inferència Estadística.

S'assumeix un coneixement per part de l'alumne dels conceptes bàsics de la teoria de la probabilitat. En particular l'alumne ha de conèixer i saber treballar amb els principals models probabilístics discrets i continus: Poisson, Binomial, Exponencial, Uniforme, Normal. En concret s'ha de ser capaç d'utilitzar les funcions acumulatives de distribució i funcions de densitat o massa de probabilitat per al càlcul de probabilitats i dels principals paràmetres poblacions de les distribucions. Dins dels paràmetres es pressuposa el coneixement de les principals propietats de l'esperança i la variància. Finalment és important conèixer i entendre les implicacions del teorema central del límit.

Pot consultar-se el següent material bibliogràfic:

Probabilidad y estadística de Evans, Michael J. (2005)
Michael J. Evans (Autor) y Jeffrey Rosenthal
Edit. Reverte
http://www.reverte.com/motor/?id_pagina=catalogo/ficha&idcategoria=6&idsubcategoria=47&idlibro=664

Morris H. DeGroot and Mark J. Schervish
Probability and Statistics (4th Edition)
Addison-Wesley (2010)
ISBN 0-321-50046-6
http://www.pearsonhighered.com/pearsonhigheredus/educator/product/products_detail.page?isbn=0201524880

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.
4. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

2. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

· Sessions de Teoria de 1,5 hores.

Són sessions on, amb ajuda de l'ordinador, el professor presenta el material de l'assignatura. Es fomentarà la participació de l'alumnat a través de preguntes i exemples.

· Sessions de Problemes

Cada vegada que s'acabi un tema es realitzarà una sessió de reforç de problemes a partir d'una llista que es penjarà a la intranet amb antelació i que servirà perquè els alumnes vinguin amb la llista estudiada per emfatitzar aquells problemes en què hagin trobat més dificultats.

· Laboratori Pràctic

Basat en el llenguatge R proporcionaran scripts que realitzen diverses anàlisis estadístiques i es proposaran als alumnes exercicis més extensos per resoldre amb la utilització del programari.

· Sessions de Teoria de 1,5 hores.
Són sessions on, amb ajuda de l'ordinador, el professor presenta el material de l'assignatura. Es fomentarà la participació de l'alumnat a través de preguntes i exemples.

· Sessions de Problemes

Cada vegada que s'acabi un tema es realitzarà una sessió de reforç de problemes a partir d'una llista que es penjarà a la intranet amb antelació i que servirà perquè els alumnes vinguin amb la llista estudiada per emfatitzar aquells problemes en què hagin trobat més dificultats.

· Laboratori Pràctic

Basat en el llenguatge R proporcionaran scripts que realitzen diverses anàlisis estadístiques i es proposaran als alumnes exercicis més extensos per resoldre amb la utilització del programari.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

El Curs pretén, com a objectius generals, que l'alumne arribi a dominar el llenguatge comú en la inferència estadística proporcionant una base teòrica i pràctica que permeti no només la utilització i comprensió de la majoria de tècniques estadístiques sinó també que capaciti l'alumne per a l'adquisició, autònoma o guiada, de noves metodologies.

Lligat amb els objectius anteriors l'alumne ha d'acostumar-se a utilitzar el programari R com a suport en el procés inferencial.

Com a objectius específics tenim els següents:

· Conèixer els tipus de mostreig bàsics i les distribucions en el mostreig en les situacions més habituals i deduir les distribucions més usuals derivades de la llei normal i el seu ús en la inferència estadística.

· Saber deduir estimadors mitjançant els diferents mètodes disponibles i conèixer les diferents propietats desitjables de les estimadors verificant si es compleixen.

· Entendre el concepte de confiança d'un interval, conèixer com es construeixen i saber calcular-los en les situacions més habituals; incloent el càlcul de la grandària mostral per garantir un nivell de confiança i una precisió donades.

· Entendre la metodologia general de les proves d'hipòtesis incloent els possibles errors i la importància de la grandària de la mostra per prendre decisions amb una base estadística adequada.

· Entendre els models lineals de regressió i saber fer estimacions, validacions i interpretacions dels resultats obtinguts.

· Entendre els models lineals d'anàlisi de la variància juntament amb la descomposició de la variància total en les diferents sumes de quadrats i resoldre alguns dels dissenys més senzills amb un i dos factors fixos o aleatoris.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Introducció a la inferència

Descripció:

1.1 Idees bàsiques d'Inferència Estadística.

Objectius específics:

Introducció bàsica als principals conceptes de la inferència estadística i repàs de les idees necessàries de la teoria de la probabilitat.

Activitats vinculades:

Sessions de Teoria.

Dedicació: 0h 30m

Grup gran/Teoria: 0h 30m

2. Mostratge

Descripció:

2.1. Definició

2.2. Principals tipus de mostreig

2.3. Mostreig aleatori simple

2.4. Distribucions en el mostreig

2.4.1. Distribucions exactes i asimptòtiques

2.4.2. Distribucions dels principals estadístics en el mostreig: mostreig en poblacions normals

2.4.3. Distribucions derivades de la normal

2.5. Generació de mostres artificials

Objectius específics:

Conèixer els tipus principals de mostreig i les distribucions al mostreig en les situacions més habituals i deduir les distribucions més usuals derivades de la llei normal i el seu us en inferència estadística.

Activitats vinculades:

Sessions de Teoria. Sessions de Problemes.

Dedicació: 2h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

3. Estimació de paràmetres

Descripció:

(CAT) 3.1. Introducció, concepte d'estimador, tipus d'estimació: puntual i per intervals

3.2. Propietats dels estimadors puntuals: consistència, biaix, eficiència, variància mínima (cota de Cramer-Rao), suficiència, error quadràtic mitjà.

3.3. Principals tècniques d'obtenció d'estimadors: moments, màxima versemblança, estimació mínim quadràtica, Bayes

3.4. Mètodes d'estimació per remostreig: Bootstrap, Jackknife

Objectius específics:

Saber deduir estimadors a través de les diferents tècniques disponibles i conèixer les propietats desitjables dels estimadors i saber verificar si s'assoleixen.

Activitats vinculades:

Sessions de Teoria. Sessions de Problemes.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 6h

4. Intervals de confiança

Descripció:

4.1. Definició

4.2. Construcció d'intervals

4.3. Importància del nivell de confiança i de la grandària de mostra

4.4. Principals intervals

4.5. Intervals de confiança asimptòtics

Objectius específics:

Entendre el concepte de confiança d'un interval, conèixer com es construeixen i calcular-los en les situacions més habituals, incloent el càlcul de la grandària mostral necessària per garantir un nivell de confiança i una precisió donades.

Activitats vinculades:

Sessions de Teoria. Sessions de Problemes. Laboratori Pràctic.

Dedicació: 4h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

5. Contrast d'hipòtesi

Descripció:

- 5.1 . Fonaments del contrast d'hipòtesis estadístiques
 - 5.1.1 . Del llenguatge natural a la hipòtesi paramètrica
 - 5.1.2 . Hipòtesi nul · la i alternativa
 - 5.1.3 . Criteri de decisió : La regió crítica
- 5.2 . Errors associats al contrast d'hipòtesis
 - 5.2.1 . Error de tipus I : el nivell de significació
 - 5.2.2 . Error de tipus II : potència del contrast
 - 5.2.3 . Importància de la mida de la mostra
- 5.3 . Significació mitjançant el p -valor
- 5.4 . Principals contrastos d'hipòtesis
 - 5.4.1 . El test de la raó de versemblança
 - 5.4.2 . Contrastos per a la distribució normal
 - 5.4.3 . Contrastos sobre proporcions
 - 5.4.4 . Contrastos sobre la distribució Multinomial : proves khi-quadrat
 - 5.4.5 . Contrastos robustos : contrastos basats en rangs i test de permutacions
- 5.5 . Relació dels contrastos d'hipòtesis amb els intervals de confiança
- 5.6 . El problema dels contrastos múltiples (Multiple testing)
- 5.7 . Combinant resultats de diversos contrastos
- 5.8 . Contrast d'hipòtesis bayesià

Objectius específics:

Entendre la metodologia general de les proves d'hipòtesis incloent els possibles errors i la importància de la grandària de la mostra per prendre decisions amb una base estadística adequada.

Activitats vinculades:

Sessions de Teoria. Sessions de Problemes. Laboratori Pràctic.

Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 12h

6. El model lineal general

Descripció:

- (CAT) 6.1. Plantejament general
- 6.2. Estimació de paràmetres i contrast d'hipòtesis
- 6.3. El model de regressió lineal simple
 - 6.3.1. Estimació de paràmetres
 - 6.3.2. Diagnosi del model
 - 6.3.3. Contrast d'hipòtesis en regressió
 - 6.3.4. Comparació de models de regressió
 - 6.3.5. Relació entre regressió i correlació
 - 6.3.6. Tècniques de suavitzat
- 6.4. El model de regressió múltiple
 - 6.4.1. Estimació de paràmetres
 - 6.4.2. Diagnosi del model
 - 6.4.3. Inferència en regressió múltiple
 - 6.4.4. El problema de la colinealitat

Objectius específics:

Entendre els models lineals de regressió i saber fer estimacions, validacions i interpretacions dels resultats obtinguts.

Activitats vinculades:

Sessions de Teoria. Sessions de Problemes.

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 9h

7. El model d'anàlisi de la variància

Descripció:

(CAT) 7.1. ANOVA d'un factor

7.1.1. Model lineal de l'ANOVA d'un factor

7.1.2. Hipòtesis del model

7.1.3. Tipus d'efectes

7.1.4. Diagnosi del model

7.1.5. Comparacions múltiples

7.2. ANOVA de dos factors

7.2.1. Disseny en blocs aleatoritzats

7.2.2. Disseny de dos factors fixos amb interacció

7.2.3. Interpretació de la interacció

7.2.4. Model amb factors aleatoris

7.2.5. Model amb factors fixos i aleatoris.

Objectius específics:

Entendre els models lineals d'anàlisi de la variància juntament amb la descomposició de la variància total en les diferents sumes de quadrats i resoldre alguns dels dissenys més senzills amb un i dos factors fixos o aleatoris.

Activitats vinculades:

Sessions de Teoria. Sessions de Problemes. Laboratori Pràctic.

Dedicació: 10h 30m

Grup gran/Teoria: 10h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Al llarg del curs es proposaran als alumnes 3 petits qüestionaris per resoldre a classe (CUEST), també es proposaran exercicis per resoldre fora de classe i lliurar en un termini determinat tal com es comenta en l'apartat del laboratori pràctic de la metodologia docent (EXER).

En les dates acordades es realitzarà un examen final (EF) i la qualificació de l'assignatura s'obtindrà com

$$N = 0.2 * CUEST + 0.20 * EXERCICIS + 0.6 * EF.$$

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Casella, G.; Berger, Roger L. Statistical inference. 2nd ed. Duxbury: Pacific Grove, 2002. ISBN 0534243126.
- Rohatgi, Vijay K. Statistical inference [en línia]. New York: John Wiley & Sons, 1984 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1894681>.
- Sánchez, P.; Baraza, X.; Reverter, F.; Vegas, E. Métodos estadísticos aplicados. Barcelona: UB, 2006. ISBN 8447530981.
- Peña, Daniel. Estadística : modelos y métodos. 2 vols. 2ª ed. rev. Madrid: Alianza Universidad Textos, 1986-1991. ISBN 8420689931.
- DeGroot, Morris; Schervish, Mark. Probability and statistics. 4th ed. Pearson, 2012. ISBN 0321500466.
- Evans, Michael; Rosenthal, Jeffrey S. Probability and statistics : the science of uncertainty. 2nd ed. New York: W.H. Freeman and Company, cop. 2010. ISBN 1429224622.
- Sahu, Pradip Kumar, Pal, Santi Ranjan, Das, Ajit Kumar. Estimation and inferential statistics [en línia]. 1. New Delhi: Springer, 2015 [Consulta: 27/05/2024]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-81-322-2514-0>. ISBN 9788132225133.

Guia docent

200604 - IEA - Inferència Estadística Avançada

Última modificació: 13/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

L'assignatura Inferència Estadística Avançada és obligatòria i està especialment adreçada a tots els estudiants graduats en estadística, matemàtiques, ciència de dades, física i tots aquells que tenen un bagatge intermedi en Inferència estadística.

Els següents coneixements són necessaris per seguir aquest curs amb aprofitament:

- * Habilitats bàsiques en anàlisi matemàtica: integració de funcions d'una o dues variables, derivació, optimització d'una funció d'una o dues variables.
- * Coneixements bàsics de probabilitat: distribucions paramètriques més comuns, propietats d'una distribució normal, la llei dels grans nombres i el teorema del límit central.
- * Coneixements bàsics en inferència estadística: ús de la funció de versemblança en mostreig aleatori simple (dades idènticament distribuïdes i independents), inferència en el cas de normalitat, estimació de màxima versemblança per a models uni-paramètrics.

El capítol 1 en "Core Statistics" de Wood i el Capítol 1 en "Inferencia y Decisión" de Gómez y Delicado inclouen tots els conceptes i resultats que s'assumeixen coneguts. Els estudiants hauran de repassar-los, assolir-los i interioritzar-los abans de començar el curs.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
4. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.
5. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
6. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

Sessions teòriques d'1,5 hores

Són sessions per presentar el material principal de l'assignatura. El professor utilitza presentacions i la pissarra per exposar els conceptes intentant emfatitzar les idees i arguments principals. El professor explica amb detall aquelles demostracions que siguin pedagògicament creatives i formatives.

Es seguiran, principalment, els capítols 2, 4 i 5 del llibre "Core Statistics" de Simon Wood, així com el material de les notes de Gómez i Delicado que es poden descarregar de la Intranet.

Es proporcionaran altres materials complementaris per a temes específics.

Sessions de problemes d'1,5h.

Els problemes que es tractaran a cada sessió es publicaran a la intranet una setmana abans.

Els estudiants han de llegir i resoldre els problemes de la llista abans de classe.

El professor resoldrà alguns dels problemes i discutirà dubtes o altres solucions amb els estudiants.

La solució d'alguns d'aquests problemes es publicarà després de la sessió corresponent a la intranet.

Laboratoris d'Estadística

Es proporcionarà codi d'R, en forma d'scripts o "notebooks", per il·lustrar diversos conceptes, així com per a l'aplicació de mètodes com el Bootstrap o les aproximacions numèriques complementant els desenvolupaments mostrats a teoria.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

El curs d'Inferència Estadística Avançada proporciona una base teòrica i aplicada dels fonaments de l'Estadística. El seu objectiu principal és capacitar als estudiants per a raonar en termes estadístics amb la finalitat de realitzar un exercici professional rigorós. Pretén també ser una llavor formativa per a la consolidació de joves investigadors en aquesta àrea de la ciència i la tecnologia alhora que dota els/les estudiants de recursos per a continuar la formació ("de per vida") habilitant-los per llegir articles i treballs publicats en revistes d'estadística.

Al finalitzar el curs l'estudiant:

- * coneixerà els diferents principis que governen la reducció d'un conjunt de dades i les diferents filosofies amb què es pot plantejar, analitzar i resoldre un problema.
- * coneixerà els mètodes basats en la funció de distribució empírica i en la funció de versemblança i sabrà quan i perquè aplicar cadascun.
- * estarà familiaritzat amb les tècniques modernes de remostratge i les veurà com una aproximació formal i/o computacional adient per utilitzar en situacions on els càlculs directes resulten massa complexes o no estan disponibles.
- * sabrà plantejar la funció de versemblança en situacions diverses i conèixer diferents tècniques, analítiques o numèriques, per maximitzar-la.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Els fonaments de la inferència estadística

Descripció:

- Preliminars, notació i exemples
- Qüestions inferencials. Passeig per l'estimació puntual, proves d'hipòtesis i estimació per intervals.
- L'enfocament freqüentista: estimació puntual, propietats per mostres finites, desigualtat de Cramér-Rao, Proves d'hipòtesi, Estimació per intervals.
- L'enfocament bayesià: una mirada molt breu

Dedicació: 52h 50m

Grup gran/Teoria: 15h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 33h 20m

2. La funció de distribució empírica. Teoria i mètodes numèrics

Descripció:

- La funció de distribució empírica. Teorema de Glivenko-Cantelli.
- Principi de substitució. El mètode dels moments.
- Mètodes de remostratge (bootstrap).
- Propietats per a mostres grans: consistència, normalitat asimptòtica i mètode Delta

Dedicació: 32h

Grup gran/Teoria: 9h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 20h

3. Estimació Màxim Versemblant. Teoria i mètodes numèrics

Descripció:

- Funcions de versemblança, log versemblança i score
- Matriu d'informació de Fisher, fita de Cramér-Rao i estimadors no esbiaixats i uniformement de mínima varianza (UMVUE)
- Propietats asimptòtiques del MLE. Consistència i normalitat asimptòtica
- Estadístic de raó de versemblança generalitzada
- Criteri d'informació AIC
- Enfocaments numèrics
- Algorisme EM

Dedicació: 40h 10m

Grup gran/Teoria: 9h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 26h 40m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Per avaluar cada tema es farà un examen. L'examen del tema 1 (EX1) es farà 2-3 setmanes després d'acabar el tema 1. L'examen corresponent als temes 2 i 3 (EX2) es farà el dia assignat per a l'examen final del mes de gener. Les persones que hagin suspès l'examen del tema 1 tindran l'opció de tornar a examinar-se al gener. Els exàmens contindran una part teòrica i alguns problemes.

Durant el curs es passaran 4 qüestionaris (Q).

La nota per avaluació continuada, NC, s'obté segons l'expressió:

$$NC = 0.30 * EX1 + 0.50 * EX2 + 0.20 * Q$$

La nota per avaluació única, a realitzar íntegrament a l'examen del mes de gener, s'obté segons l'expressió:

$$NU = 0.40 * EX1 + 0.60 * EX2$$

La nota final de l'assignatura (NF) s'obté segons l'expressió:

$$NF = \max\{NC, NU\}$$

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Wood, Simon N. Core statistics. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2015. ISBN 9781107071056.
- Gómez Melis, G.; Delicado, P. Inferencia y decisión (apuntes). 2003.
- Olive, David J. Statistical theory and inference. Cham: Springer, 2014. ISBN 9783319049717.
- Casella, G.; Berger, Roger L. Statistical inference. Pacific Grove Duxbury, 2002. ISBN 0534243126.
- Cox, D.R. Principles of statistical inference. Cambridge Univ Press, 2006. ISBN 9780521685672.
- Wasserman, Larry. All of statistics : a concise course in statistical inference [en línia]. Pittsburgh: Springer, 2004 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : https://rss-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/full/10.1111/j.1467-985X.2004.00347_18.x. ISBN 9781441923226.
- Held, Leonhard; Sabanés Bové, Daniel. Likelihood and bayesian inference [en línia]. Second. Springer, 2020 [Consulta: 12/09/2024]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=6154570>. ISBN 978662607947.

Complementària:

- Boos, D.D.; Stefanski, L.A. Essential statistical inference : theory and methods [en línia]. Springer, 2013 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-4818-1>. ISBN 9781461448174.
- Chihara, L. ; Hesterberg, T. Mathematical statistics with resampling and R. Wiley, 2011. ISBN 9781118029855.
- Ruiz-Maya Pérez, L. ; Martín Pliego, F.J. Estadística. II, inferencia. 2ª ed. Madrid: Alfa Centauro, 2001. ISBN 8472881962.
- Shao, Jun. Mathematical statistics [en línia]. 2nd ed. Springer Texts in Statistics, 2003 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98900>.
- Young, G.A.; Smith, R.L. Essentials of statistical inference. Cambridge University Press, 2010. ISBN 9780521548663.
- Cuadras, C. M. Problemas de probabilidades y estadística. Vol 2: Inferencia [en línia]. Publicacions de la Universitat de Barcelona, 2016 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : <https://lectura-unebook-es.recursos.biblioteca.upc.edu/viewer/9788491685203/1>. ISBN 9788491685203.

Guia docent

200607 - MAT - Matemàtiques

Última modificació: 03/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 749 - MAT - Departament de Matemàtiques.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: FERNANDO MARTÍNEZ SÁEZ

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

El MESIO UPC-UB inclou l'assignatura Matemàtiques d'anivellament per als estudiants de l'itinerari 2: titulacions diferents a estadística o matemàtiques. Els estudiants de l'itinerari 1 no poden escollir Matemàtiques.

No calen coneixements previs.

Tanmateix, es recomana llegir els apartats següents del llibre "Discrete Mathematics and Its Applications" (vegeu la bibliografia):

- 1.1 Propositional Logic
 - 1.2 Applications of Propositional Logic
 - 1.3 Propositional Equivalences
 - 1.4 Predicates and Quantifiers
 - 1.5 Nested Quantifiers
 - 1.6 Rules of Inference
 - 1.7 Introduction to Proofs
 - 1.8 Proof Methods and Strategy
 - 2.1 Sets
 - 2.2 Set Operations
 - 2.3 Functions
 - 9.1 Relations and Their Properties
 - 9.5 Equivalence Relations
 - 9.6 Partial Orderings
- (la numeració correspon a la 7a edició)

La llengua d'impartició s'adaptarà als estudiants.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

2. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

S'adapten, en funció dels coneixements previs de les persones matriculades i de llurs capacitats matemàtiques.

Com a principis generals:

- Es treballen a classe de forma conjunta els aspectes més conceptuals de l'assignatura.
- El treball individual de les persones matriculades abasta, si més no, la resolució de problemes, la cerca i l'anàlisi de documentació addicional i la lectura i interpretació de textos matemàtics.
- Tot el treball personal és objecte de feed-back en forma de debat amb la professora.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Assolir uns coneixements bàsics dels conceptes matemàtics fonamentals en l'àmbit de l'estadística i la investigació operativa, que capacitin per raonar en termes matemàtics y per comprendre amb capacitat analítica les matèries pròpies de l'especialitat.

Capacitats a adquirir:

Capacitat per raonar en termes matemàtics, capacitat analítica per comprendre les matèries pròpies de l'especialitat.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Combinatòria

Àlgebra lineal

El concepte de funció

El concepte de límit

Les sumes amb infinits sumands

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Tindrà en compte dos elements:

- La comprensió dels conceptes bàsics treballats a classe (a través d'un examen final).
- El treball personal dut a terme per cadascú (tot avaluant els resultats obtinguts mitjançant treballs, exposicions, intervencions, etc.). Aquesta component tindrà un pes de, com a mínim, el 50% en la nota de l'assignatura.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Khuri, André I. Advanced calculus with applications in statistics [en línia]. 2nd ed. rev. and expanded. John Wiley & Sons, 2003 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471394882>.
- Searle, Shayle R. Matrix algebra useful for statistics. John Wiley & Sons, 1982. ISBN 0471866814.
- Rosen, Kenneth H. Discrete mathematics and its applications [en línia]. 7th ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2012 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4143. ISBN 0073383090.

Guia docent

200654 - MME - Mètodes Estadístics en Epidemiologia

Última modificació: 15/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: KLAUS GERHARD LANGOHR

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

L'estudiant/a ha d'estar familiaritzat/da amb els conceptes de la inferència estadística: funció de versemblança, mètode de màxima versemblança, proves d'hipòtesis i models de regressió lineal. Els continguts dels Capítols 1 a 3 del llibre "Principles of Statistical Inference" de Cox (Cambridge University Press, 2006) s'haurien de tenir assolits.

REQUISITS

Coneixements del software R.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
4. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
6. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
7. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
5. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
8. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
9. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

Transversals:

2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

Teoria:

Classes de 90 minuts en les quals es presenta el material de l'assignatura amb l'ajuda de l'ordinador. El material, que es recolza en estudis epidemiològics reals i articles epidemiològics, estarà prèviament disponible a la Intranet (ATENEA). A més a més, es faran exercicis a moltes de les classes de teoria.

Classes de pràctiques/laboratori:

Es faran tres sessions en les quals s'explicarà l'ús de funcions de paquets contribuïts de epidemiologia del software R, que s'aplicaran a dades d'estudis epidemiològics reals sobre VIH/Sida, depressió postpart o lesions esportives.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Quan acabi el curs es pretén que l'estudiant/a tingui els coneixements bàsics dels mètodes estadístics a l'epidemiologia. Es pretén que sigui capaç de proposar els dissenys d'estudi i anàlisis estadístiques que millor informació aportin i que més fàcilment puguin ser assimilats pels investigadors que hauran de interpretar-los.

En particular, es pretén que l'estudiant/a adquireixi coneixements dels temes següents i que sigui capaç d'aplicar-los a dades reals:

1. Dissenys d'estudis epidemiològics: estudis de cohort, cas-control i transversals.
2. Mesures epidemiològiques de freqüència de malalties, mortalitat i d'associació exposició-malaltia.
3. Fons de biaix als estudis epidemiològics: biaix d'informació, de selecció i de confusió.
4. Control del biaix: estratificació i aparellament.
5. Models de regressió logística, logbinomial i Poisson.

Capacitats a adquirir:

- Saber aplicar les eines apreses prèviament a estudis epidemiològics, per tal de ser capaç de proposar els dissenys i anàlisis que millor informació aportin i que més fàcilment puguin ser assimilats pels investigadors que hauran de interpretar-los.
- Ser capaç de valorar les avantatges i inconvenients de diferents tipus d'estudis epidemiològics.
- Saber estimar, aplicar i interpretar mesures de freqüència de malalties, de mortalitat i d'associació exposició-malaltia.
- Tenir coneixements bàsics sobre la inferència causal en estudis observacionals.
- Conèixer els diferents fonts de biaix d'estudis epidemiològics i les possibles mesures per evitar el biaix.
- Poder aplicar i interpretar models de regressió logística, logbinomial i Poisson a dades reals.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció a l'Epidemiologia

Descripció:

- a) Estudis epidemiològics vs. assatjos clínics.
- b) Diseny d'estudis epidemiològics: estudis de cohort, estudis cas-control i estudis transversals.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

Mesures epidemiològiques: conceptes i estimació

Descripció:

- a) Mesures de freqüències de malalties i epidèmies: prevalença, incidència acumulada i taxa d'incidència.
- b) Mesures de mortalitat i la seva comparació: estandardització directa i indirecta, xifra de mortalitat comparativa i raó de mortalitat estandarditzada.
- c) Mesures d'associació exposició-malaltia: risc relatiu, diferència de riscos, odds ratio i risc atribuïble.

Dedicació: 13h 30m

Grup gran/Teoria: 9h

Grup petit/Laboratori: 4h 30m

Aspectes d'estudis epidemiològics

Descripció:

- a) Inferència causal en estudis epidemiològics.
- b) Estudi de relació causa-efecte. Efectes comuns i causes comunes.
- c) Fons de biaix en estudis epidemiològics: biaix d'informació, biaix de selecció i biaix de confusió.
- d) Estratègies per al control d'errors i per minimitzar la variància: estratificació i aparellament.
- e) Interacció additiva versus interacció multiplicativa.

Dedicació: 13h 30m

Grup gran/Teoria: 9h 30m

Grup petit/Laboratori: 4h

Anàlisi d'estudis epidemiològics

Descripció:

- a) Estimació de risc relatiu, odds ratio i risc atribuïble a estudis de cohort, cas-control i transversals.
- b) Computació de la xifra de mortalitat comparativa i la raó de mortalitat estandarditzada.
- c) L'estimador de Mantel-Haenszel en presència d'una variable confusora.
- d) Anàlisi de dades aparellades en estudis cas-control.
- e) Regressió logística: expressió del model, estimació i interpretació dels paràmetres.
- f) Regressió logbinomial: expressió del model, estimació i interpretació dels paràmetres.
- g) Regressió de Poisson: expressió del model, estimació i interpretació dels paràmetres.

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 9h

Grup petit/Laboratori: 6h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final és la mitjana ponderada de les notes obtingudes en

- a) l'examen final (50%),
- b) entrega d'exercicis (30%),
- c) resum i presentació d'un article (20%).

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Gordis, Leon. Epidemiología. 3ª ed. W.B. Saunders, 2005. ISBN 8481748390.
- Kahn, H. A.; Sempos, C.T. Statistical methods in epidemiology. Oxford University Press, 1989. ISBN 0195057511.
- McNeil, Don. Epidemiological research methods. Wiley, 1996. ISBN 0471961965.
- Rothman, Kenneth J. Epidemiology: an introduction. Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199754557.
- Jewell, Nicholas. Statistics for epidemiology. Chapman & Hall/CRC, 2004. ISBN 1584884339.

Complementària:

- Breslow, N.E.; Day, N.E. Statistical methods in cancer research. International Agency for Research on Cancer, 1980.
- Rothman, K. J.; Greenland, S. Modern epidemiology. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 9780781755641.
- Woodward, Mark. Epidemiology study design and data analysis. Chapman & Hall/CRC Press, 1999. ISBN 1584880090.
- Porta, M. A Dictionary of epidemiology. Fifth edition. Oxford University Press, 2008. ISBN 9780195314502.

Guia docent

200643 - MMIO - Models i Mètodes de la Investigació Operativa

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable:	Facultat de Matemàtiques i Estadística		
Unitat que imparteix:	715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.		
Titulació:	MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura obligatòria).		
Curs: 2025	Crèdits ECTS: 5.0	Idiomes: Castellà, Anglès	

PROFESSORAT

Professorat responsable: MARÍA PAZ LINARES HERREROS

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

L'assignatura Models i Mètodes de la Investigació Operativa és obligatòria, els estudiants de l'Itinerari 1 (estudiants graduats en estadística o matemàtiques) es matricularan al Grup A - Avançat i els alumnes de l'Itinerari 2 (tots els estudiants de la resta de titulacions) al Grup B - Introductor. El Grup A s'impartirà en anglès, el Grup B en castellà.

El Grup A de l'assignatura, així com el seu contingut, s'ajusten als textos:

- Linear and nonlinear programming - Luenberger, D.G.; Ye, Y, Springer, 2016. ISBN: 9783319188416
- Numerical optimization - Nocedal, J.; Wright, S.J, Springer Science+Business Media, 2006. ISBN: 0387303030
- Integer programming - Wolsey, L.A, John Wiley & Sons, 1998. ISBN: 0471283665

El Grup B de l'assignatura, així com el seu contingut s'ajusta en gran mesura al text:

- Linear and nonlinear programming - Luenberger, D.G.; Ye, Y, Springer, 2016. ISBN: 9783319188416

REQUISITS

Per a seguir de manera adient aquesta assignatura i treure el màxim rendiment és necessari tenir coneixements bàsics previs de càlcul amb una i varies variables, i conèixer els conceptes bàsics sobre matrius i bases en espais vectorials. És molt recomanable conèixer algunes tècniques bàsiques de programació.

El Grup A té un nivell superior. Per a seguir-lo de manera adient i treure el màxim rendiment és necessari haver cursat anteriorment tècniques de modelització i mètodes bàsics d'Investigació Operativa i, específicament, de Programació Lineal i Lineal Entera.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

Grup A i B:

- Teoria: sessions on es presenten i es discuteixen els continguts de l'assignatura. Es farà servir la intranet docent per fer públic material docent relacionat amb l'assignatura: apunts d'alguns dels temes, enunciats de problemes i exàmens resolts.
- Problemes: sessions on es plantegen i es resolen problemes numèrics relacionats amb els temes vists a classe de teoria. Es dóna un cert temps perquè l'estudiant intenti resoldre els problemes i posteriorment els problemes es resolen i es discuteixen.
- Laboratori: hi haurà sessions de laboratori per introduir als estudiants en la implementació i resolució pràctica dels models de Investigació Operativa, fent servir software disponible.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Els objectius d'aquest curs depenen de l'opció que cursarà.

Grup A:

En aquest curs s'estudien models i tècniques avançats de Investigació Operativa, especialment en Programació Entera. Es presta atenció a les aplicacions potencials dels models. S'il·lustra l'aplicació de les tècniques estudiades a alguns models clàssics en optimització combinatòria, com ara el problema del viatjant de comerç.

Els objectius d'aprenentatge de la assignatura són:

- Donar un complement de formació bàsica en investigació operativa, en particular a l'àmbit de la Programació Entera.
- Familiaritzar l'estudiant amb mètodes que permeten resoldre algunes aplicacions pràctiques de problemes de programació entera i optimització combinatòria.
- Conèixer les possibles alternatives de modelització per als diferents problemes, així com llurs possibles aplicacions.
- Conèixer la metodologia bàsica de la programació entera i, en particular els mètodes enumeratius i els de plans de tall, així com les possibles combinacions dels anteriors.
- Conèixer els resultats de la teoria de la dualitat i les seves implicacions.
- Conèixer alguns mètodes heurístics bàsics per alguns problemes concrets d'optimització combinatòria.

Capacitats a adquirir:

- Ser capaç de formular un model adient i de dissenyar i implementar un prototipus d'un mètode per a la resolució d'un problema concret d'optimització.
- Ser capaç d'identificar desigualtats vàlides per a problemes típics de programació entera, com ara el problema de la motxilla i el problema del viatjant de comerç.
- Ser capaç de formular una relaxació lagrangiana per a un problema d'optimització. Poder determinar l'existència o no de gap dual per a un problema d'optimització concret.

Grup B:

Es tracta d'un curs introductori de models i mètodes d'Investigació Operativa. L'objectiu primordial és donar una panoràmica de les principals classes de models de la investigació operativa, i de les seves aplicacions potencials, així com de les tècniques que cal aplicar en cada cas. S'estudiaran les versions bàsiques de les tècniques més usuals en programació lineal i programació entera. Sense oblidar els aspectes formals necessaris, es farà especial èmfasi en la interpretació i aplicació dels conceptes estudiats.

Els objectius d'aprenentatge de l'assignatura són:

- Donar una formació bàsica en els principals models i tècniques en investigació operativa, així com de les seves aplicacions principals. Familiaritzar a l'estudiant en mètodes bàsics que permeten resoldre algunes aplicacions pràctiques.
- Conèixer les possibles alternatives de modelització i la natura de les diferents classes de problemes d'investigació operativa i les seves possibles aplicacions, fent èmfasi en les relacionades amb problemes estadístics.
- Conèixer els conceptes i metodologia bàsica de la programació lineal, la dualitat i l'anàlisi de sensibilitat.
- Conèixer els principals models de fluxos en xarxes, així com les seves aplicacions, incloent problemes de camins mínims i d'arbres d'expansió.
- Conèixer alguns conceptes relacionats amb la programació entera i, en concret, els relacionats amb els plans de tall i els mètodes enumeratius bàsics.

Capacitats a adquirir:

- Ser capaç de formular un model adient per a un problema concret d'optimització matemàtica i d'implementar-lo fent servir un llenguatge de modelització adient.
- Ser capaç de resoldre problemes petits de programació lineal fent servir l'algoritme del Simplex. i de respondre a qüestions senzilles d'anàlisi de sensibilitat.
- Ser capaç de resoldre models senzills de fluxos en xarxes, incloent camins mínims i arbres d'expansió.
- Ser capaç d'aplicar les tècniques bàsiques de programació entera.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Tema 1: Introducció als models i formulacions de la Investigació Operativa

Descripció:

Introducció a l'assignatura, fent èmfasi en les seves aplicacions potencials així com en la rellevància en la disciplina dels models i les formulacions de optimització matemàtica .

Dedicació: 17h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 10h

Tema 3: Models de programació lineal i les seves propietats.

Descripció:

3.1 Bases i punts extrems.

3.2 Conceptes bàsics de dualitat i anàlisi de sensibilitat.

Dedicació: 21h 20m

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 13h 20m

Tema 4: Models de fluxos en xares: flux màxim, flux de cost mínim

Descripció:

4.1 Equilibri en una xarxa.

4.2 Propietats de las formulacions lineals i de les seves solucions.

4.3 Problemes de camins mínims.

4.4 Arbres d'expansió.

Dedicació: 21h 20m

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 13h 20m

Tema 5: Models bàsics de programació entera i les seves propietats

Descripció:

5.1 Plans de tall: talls de Gomory

5.2 Mètodes enumeratius: branch-and-bound, branch-and-cut.

Dedicació: 20h 20m

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 13h 20m

Tema 6: Models i mètodes avançats d'Investigació Operativa

Descripció:

6.1 Problemes d'optimització combinatòria i la seva relació amb la programació entera. Problemes de matching, packing, covering i partitioning. Problemes de localització de serveis, itineraris i disseny de xarxes.

6.2 Mètodes exactes de solució.

i. Desigualtats vàlides. Problema de separació i mètodes de plans de tall.

ii. Mètodes enumeratius: enumeració implícita, branch-and-bound i branch-and-cut. Casos particulars: Tall de Gomory, Chvátal-Gomory, ...

6.3 Mètodes heurístics. Mètodes constructius (greedy, GRASP, ...), mètodes de millora. Metaheurístiques.

6.4 Relaxació Lagrangiana en programació entera.

i. El dual Lagrangiana. Relació entre dualització i convexificació.

ii. Resolució del dual Lagrangiana: optimització no diferenciable, optimització subgradient.

6.5 Alguns problemes d'optimització combinatòria.

i. Problema de la motxilla. Desigualtats vàlides i facetes: cover cuts. Separació i desprojecció (lifting).

ii. Problema del viatjant de comerç (TSP). Propietats bàsiques i alternatives de modelatge. Desigualtats vàlides i la seva separació: tancament de subcircuit, 2-matching, comb inequalities.

Dedicació: 75h

Grup gran/Teoria: 40h

Grup mitjà/Pràctiques: 20h

Grup petit/Laboratori: 15h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

GRUP A :

A.1 Avaluació Continuada:

- Es realitzaran dos examens parcials, un de la primera part de l'assignatura (P1) i un altre de la segona part (P2).
- També es realitzarà un examen final (EF) que inclourà tot el temari del curs, no obligatori, que substituirà les dues proves parcials.
- Per a l'avaluació de la part pràctica de l'assignatura es proposarà la realització d'una pràctica individual (PR).

La nota final s'obté de la ponderació: $\max\{35\%P1+35\%P2+30\%PR, 70\%EF+30\%PR, 100\%EF\}$

A.2. Avaluació única:

La nota final de l'assignatura serà la nota de l'examen final (EF).

GRUP B:

B.1. Avaluació Continuada:

- E1: primera part de l'assignatura. Examen parcial.
- E2: segona part de l'assignatura.
- ER: Exercici pràctic individual a entregar en dates a indicar.
- Es valorarà la participació en classe.

La nota final serà: $0.35 \cdot E1 + 0.35 \cdot E2 + 0.3 \cdot ER$, on

E1: Nota del parcial primera part de l'assignatura.

E2: Nota de la segona part de l'assignatura.

ER: Nota de l'exercici pràctic.

B.2. Avaluació única:

Es farà un únic examen final incloent tots els temes de la assignatura, i es renunciarà automàticament a E1 i ER.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Luenberger, David G; Ye, Yinyu. Linear and nonlinear programming [en línia]. 3rd ed. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 9780387745022.
- Wolsey, L. A. Integer programming. New York: John Wiley & Sons, 1998. ISBN 0471283665.

Complementària:

- Bazaraa, M. S; Sherali, Hanif D; Shetty, C. M. Nonlinear programming : theory and algorithms. 3rd ed. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, cop. 2006. ISBN 9780471486008.
- Ahuja, Ravindra K; Magnanti, Thomas L; Orlin, James B. Network flows : theory, algorithms, and applications. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, cop. 1993. ISBN 013617549X.
- Bertsekas, Dimitri P. Nonlinear programming. 2nd ed. Belmont: Athena Scientific, cop. 1999. ISBN 1886529000.
- Cook, W. [et al.]. Combinatorial optimization. New York: Wiley, 1998. ISBN 047155894X.
- Fourer, Robert; Gay, David M; Kernighan, Brian W. AMPL : a modeling language for mathematical programming. 2nd ed. Pacific Grove, CA: Thomson/Brooks/Cole, cop. 2003. ISBN 0534388094.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A. Integer and combinatorial optimization. New York: John Wiley and Sons, 1988. ISBN 047182819X.
- Padberg, M. Linear optimization and extensions. 2nd, revised and expanded ed. New York: Springer-Verlag, 1999. ISBN 3540658335.

RECURSOS

Material informàtic:

- CPLEX. RecursSoftware per a resolució de problemes de programació entera
- AMPL. Lenguatge de modelació per a optimització matemàtica

Guia docent

200641 - MLLG - Models Lineals i Lineals Generalitzats

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: VÍCTOR PEÑA PIZARRO

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Pel que respecta a la Teoria de la Probabilitat, els estudiants han de conèixer les distribucions de probabilitat considerades clàssiques, les seves propietats i les situacions que són capaces de modelar satisfactòriament. També han d'estar familiaritzats amb les nocions bàsiques d'Inferència Estadística corresponents a un primer curs d'Estadística.

REQUISITS

Els requisits per tal de seguir el curs són els corresponents a un curs bàsic d'estadística i probabilitat que inclogui una part de regressió lineal. També és necessari un cer domini del càlcul matricial. Haver vist quelcom d'anàlisi de la variància ajudarà a una major comprensió del curs, però no és estrictament necessari.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

MESIO-CE4. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.

MESIO-CE3. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.

MESIO-CE6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

MESIO-CE1. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.

MESIO-CE7. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.

MESIO-CE9. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

MESIO-CE8. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

Transversals:

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

CT5. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

CT2. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.

METODOLOGIES DOCENTS

El curs s'impartirà al llarg del primer semestre. Les classes es faran en anglès. Es faran dues sessions per setmana. La majoria de setmanes seran una sessió de Teoria i una de Problemes/Laboratori, però hi haurà excepcions. En les sessions pràctiques s'ajustaran diferents conjunts de dades amb els models presentats en les sessions de teoria. S'utilitzarà el paquet estadístic R, en particular RStudio.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu principal d'aquesta assignatura és que l'estudiant acabi amb un bon coneixement i domini del Model Lineal i del Model Lineal Generalitzat tant pel que respecta a coneixement teòric com pràctic. Aquest coneixement l'ha de permetre analitzar satisfactòriament el conjunt de dades resultant i treure'n conclusions.

Al llarg del curs s'analitzaran conjunts de dades de molt diversa procedència, amb l'objectiu que l'estudiant es familiaritzi amb determinades característiques de les dades que són pròpies d'un àmbit concret. Els coneixements impartits en aquesta assignatura contribuiran a que, posteriorment, l'estudiant pugui treure un major rendiment en d'altres assignatures com poden ser Models Longitudinals o Anàlisi Bayesiana.

Els coneixements i la pràctica adquirits en aquesta assignatura juntament amb les assignatures posteriors de modelització permetran que l'estudiant un cop acabat el Màster, sigui capaç de col·laborar amb grups de recerca d'àmbits molt diferents i assessorar-los en l'anàlisi estadística.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Model Lineal

Descripció:

Presentació. Model Lineal.

1.1. Generalitats. Objectius. Definició. Estimació dels paràmetres i distribució. Residus. Mesures de bondat d'ajust. Comprovació de les hipòtesis del model.

1.2. Anàlisi de la Variància. Anova d'un factor: Estimació de paràmetres. Intervals de confiança per les mitjanes i diferència de mitjanes. Comparacions múltiples. Anova de dos factors. Interacció.

1.3. Regressió Lineal: estimació dels paràmetres, coeficient de determinació, error quadràtic mitjà, intervals de confiança pels paràmetres i per les estimacions, adequació del model. Col·linealitat, causalitat, models robust i detecció d'outliers. Principi de parsimònia. Taula Anova. Errors habituals en regressió

1.4. Transformacions.

Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 7h

Grup petit/Laboratori: 5h

Famílies exponencials de probabilitat

Descripció:

Definició. Paràmetre canònic, espai de paràmetres. Exemples i contraexemples. Diferents parametritzacions. Estimació màxim versemblant.

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Models Lineals Generalitzats

Descripció:

3.1. Generalitats. Objectius. Definició. Funció d'enllaç. Estimació dels paràmetres i distribució asimptòtica dels mateixos.

Mesures de bondat d'ajust: desviància, i estadístic X^2 de Pearson generalitzat. Criteris d'informació: AIC i BIC. Residus.

3.2. Models logit: Estimació i test sobre els paràmetres. Interpretació dels paràmetres. Criteris de selecció de models. Taules bidimensionals i regressió logística. Resultats asimptòtics.

3.3. Models loglineals: Estimació i test sobre els paràmetres. Interpretació dels paràmetres. Models en dues, tres i més dimensions. Residus i outliers. Resultats asimptòtics.

3.4. Models amb resposta binomial negativa: Definició, sobredispersió, interpretació, bondat d'ajust.

3.5. Models amb resposta multinomial: Models per resposta ordinal i nominal. Definició, interpretació i bondat d'ajust.

Dedicació: 28h

Grup gran/Teoria: 20h

Grup mitjà/Pràctiques: 8h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

El 60% de la nota final correspondrà a l'examen final. Aquest contindrà una part teòrica així com una part pràctica que s'haurà de realitzar amb l'ordinador. Ambdues parts tindran un pes d'un 30%. El 40% restant s'obtindrà a partir de les activitats d'avaluació continuada que es realitzaran al llarg del curs. Aquestes activitats juntament amb els seus pesos són les següents:

1) Realització d'un Mini Examen format per 10 preguntes (20%)

2) Una pràctica en la qual l'estudiant haurà d'ajustar un conjunt de dades amb RStudio (20%)

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Els exàmens seran sense llibres. Pel parcial, els estudiants podran portar una calculadora. Per la part pràctica del final, els estudiants podran visualitzar els continguts de l'assignatura a Atenea, però no poden fer servir res més.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Seber, G.A.F. ; Lee, A. J. Linear regression analysis. Wiley, 2003. ISBN 0471415405.
- Dobson, J.A. An Introduction to generalized linear models. Chapman and Hall, 1990. ISBN 0412311100.
- Fox, J. Applied regression analysis and generalized linear models. Sage, 2008. ISBN 9780761930426.
- Fox, J. ; Weisberg, S. An R companion to applied regression. Sage, 2002. ISBN 9781412975148.

Complementària:

- McCullagh, P. ; Nelder, J.A. Generalized linear models. Chapman and Hall, 1989. ISBN 0412317605.
- Collet, D. Modelling binary data. Chaman and Hall, 2003. ISBN 1584883243.
- Lindsey, J. K. Applying generalized linear models. Springer, 1997. ISBN 0387982183.
- Montgomery, D. Design and analysis of experiments. 8 ed. Wiley, 2013. ISBN 1118097939.

Guia docent

200616 - OC - Optimització Contínua

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: FRANCISCO JAVIER HEREDIA CERVERA

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

És recomanable haver cursat entre un i dos semestres introductoris d'àlgebra, anàlisi i optimització/investigació operativa, tot i que no és imprescindible, doncs el curs pretén ser autocontingut.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

El curs es compon de sessions de teoria i laboratori.

Durant les sessions de teoria s'introduiran les propietats fonamentals dels problemes i algorismes d'optimització contínua, amb especial interès per tots els aspectes relacionats amb la solució numèrica dels problemes pràctics d'optimització contínua que sorgeixen en el camp de l'estadística i la investigació operativa.

Durant les sessions de laboratori els alumnes tindran l'oportunitat d'aprendre com trobar les solucions numèriques dels diferents problemes d'optimització continua estudiats a les sessions de teoria, amb l'ajut de llenguatges de modelització en optimització matemàtica (com ara MAPL o i el SAS/OR) i programari de càlcul numèric i d'estadística (com ara MATLAB o R).

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- * Conèixer els diferents tipus de problemes de optimització continua i comprendre les seves propietats.
- * Conèixer els principals algorismes d'optimització continua i comprendre les seves propietats de convergència local i global.
- * Conèixer alguns dels problemes d'optimització continua més importants del camp de l'estadística i la investigació operativa i ser capaç de resoldre'ls amb l'algorisme d'optimització més eficient.
- * Ser capaç de formular i resoldre numèricament instàncies reals de problemes d'optimització continua d'estadística i investigació operativa mitjançant software d'optimització professional.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Modelització i resolució computacional de problemes d'optimització matemàtica.

Descripció:

Problemes d'optimització matemàtica en estadística i investigació operativa. Llenguatges de modelització per a problemes d'optimització matemàtica. Resolutors ("solvers") per a problemes d'optimització contínua.

Dedicació: 41h 40m

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 5h

Aprenentatge autònom: 26h 40m

Optimització sense constriccions

Descripció:

Fonaments d'optimització sense constriccions. El mètode de Nelder-Mead. El mètode del gradient. El mètode del Gradient conjugat. El mètode de Newton i Newton modificat. Mètodes quasi-Newton.

Dedicació: 41h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 5h

Aprenentatge autònom: 26h

Optimització amb constriccions

Descripció:

Fonaments d'optimització contínua amb constriccions: definicions, mínims local i globals, condicions d'optimalitat, problemes convexos. Optimització amb constriccions lineals: mètode del gradient reduït - conjunt actiu, l'algorisme del símplex. Optimització amb constriccions no lineals: gradient reduït generalitzat, Lagrangians projectats i augmentats, programació seqüencial quadràtica.

Dedicació: 42h 20m

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 5h

Aprenentatge autònom: 27h 20m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Dos treballs de laboratori (20% de la nota total cadascú) i un examen final que cobreix les dues parts del temari (30% de la nota total cadascuna).

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Nocedal, Jorge; Wright, Stephen J. Numerical optimization [en línia]. 2nd ed. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 0387987932.
- Luenberger, David G. Linear and nonlinear programming [en línia]. 3rd ed. Springer, 2008 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 1402075936.
- Fourer, Robert ;Gay, David M. ;Kernighan, Brian W. AMPL: a modeling language for mathematical programming. 2nd ed. Duxbury Press / Brooks/Cole Publishing Company, 2003. ISBN 0534388094.

Complementària:

- Athanary, T.S. ; Dodge, Y. Mathematical programming in statistics. NY: John Wiley & Sons, 1993. ISBN 0471592129.
- Bertsekas, Dimitri P. Nonlinear programming. 2nd ed. Belmont: Athena Scientific, 1999. ISBN 1886529000.
- Gill, Philip E.; Murray, Walter; Wright, Margaret H. Practical optimization. London: Academic Press, 1991. ISBN 0122839501.
- Boyd, Stephen ; Vandenberghe, Lieven. Convex optimization. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. ISBN 9780521833783.
- SAS/OR® 9.3 User's guide : mathematical programming [en línia]. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2011 [Consulta: 17/07/2013]. Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/ormpug/63975/PDF/default/ormpug.pdf>.

Guia docent

200618 - OGD - Optimització de Gran Dimensió

Última modificació: 23/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: ESTEVE CODINA SANCHO

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

* Coneixements bàsics d'Investigació Operativa / Optimització / modelització en programació matemàtica / àlgebra lineal bàsica

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
7. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

Teoria:

Es presenten i discuteixen els continguts de l'assignatura, combinant explicacions a la pissarra i transparències.

Problemes:

S'intercalen amb la teoria i es presenten i resolen problemes i estudis de cas.

Pràctiques:

Sessions de laboratori en que es mostra l'ús de software per a la resolució de problemes de gran dimensió.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu del curs és introduir l'alumne a la resolució de problemes de gran dimensió i presentar-li les diferents metodologies existents, en particular mètodes de descomposició per a problemes estructurats i mètodes de punt interior. En acabar el curs l'estudiant ha de conèixer diferents tipus de problemes estructurats, ser capaç d'identificar la metodologia més adequada per a cada problema, i obtenir eficientment la solució al problema d'optimització.

Capacitats a adquirir:

- * Identificar davant d'un model d'optimització la conveniència o no de utilitzar una tècnica de descomposició.
- * Conèixer el paper central de la dualitat lagrangiana i la seva relació amb diverses tècniques de descomposició.
- * Implementar mètodes de descomposició emprant llenguatges algebraics per programació matemàtica per diversos models amb la finalitat de resoldre'ls.
- * Conèixer les diferències entre el mètode símplex per a PL i els mètodes de punt interior, i quan és preferible usar uns o altres.
- * Conèixer els fonaments bàsics del mètode de punt interior, per a PL, PQ i PNL convexa.
- * Implementar versions senzilles de mètodes de punt interior amb llenguatges d'alt nivell (matlab), i conèixer les eines d'àlgebra lineal necessàries.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Dualitat

Descripció:

1.1 Dualitat en Programació lineal. Teoremes de dualitat. Folga complementària. L'algoritme del simplex dual. Anàlisi de sensibilitat y preus ombra. Vèrtexos i direccions extremes en poliedres. Teorema de representació de poliedres de Farkas Minkowsky. Lema de Farkas.

1.2 Dualitat en programació Matemàtica i dualitat lagrangiana. Dualització i relaxació. Equivalència entre convexificació i dualització. Condicions d'optimalitat. Revisió de les condicions de Karus-Kuhn i Tucker. Relaxació Lagrangiana i dualitat. Introducció a la optimització no diferenciable. Optimització subgradient.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 6h

Mètodes de descomposició

Descripció:

2.1 Mètodes de descomposició en Programació Matemàtica. Algoritme de Cutting Plane de Dantzig i programació lineal general. Mètodes de descomposició en Programació Matemàtica. Algoritme de Cutting Plane de Dantzig i programació lineal general. Mètodes de generació de vèrtexos en programació no lineal amb constriccions lineals

Dedicació: 13h 30m

Grup gran/Teoria: 13h 30m



Mètodes de punt interior

Descripció:

Mètodes primal-dual de seguiment de camí. Problemes lineals i quadràtics. Sistema augmentat i equacions normals. Direccions de Newton i Predictor-corrector. Extensions.

Dedicació: 19h 30m

Grup petit/Laboratori: 19h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Avaluació ordinària:

Realització de treballs pràctics en cada una de les parts de l'assignatura (1a. dualitat i descomposició; 2a. mètodes de punt interior).

Cada part pondera un 50% sobre la nota final.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Bradley, S. P.; Hax, A.C.; Magnanti, T.L. Applied mathematical programming. Addison-Wesley, 1977. ISBN 020100464X.
- Chvátal, Vasek. Linear programming. Freeman, 1983. ISBN 0716715872.
- Minoux, M. Vajda, S. Mathematical programming : theory and algorithms. John-Wiley, 1986. ISBN 0471901709.
- Bazaraa, M.S.; Sheraly, H.D.; Shetty, C.M. Nonlinear programming : theory and algorithms [en línia]. 3ª. John-Wiley, 2006 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471787779>.
- Wright, Stephen J. Primal-dual interior-point methods. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997. ISBN 089871382X.

Complementària:

- Bertsekas, Dimitri P.. Nonlinear programming. Athena Scientific, 1999.
- Sierksma, Gerard. Linear and integer programming theory and practice [en línia]. 2nd ed. Marcel Dekker, 1996 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=1683099>. ISBN 0824796950.
- Conejo, A.J.; Castillo, E.; Miguez, R. ; Garcia-Bertrand, R. Decomposition techniques in mathematical programming : engineering and science [en línia]. Springer, 2006 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/3-540-27686-6>. ISBN 9786610625628.
- Shapiro, Jeremy F. Mathematical programming. Structures and algorithms. John Wiley, 1979. ISBN 0471778869.

Guia docent

200642 - ODS - Optimització en Data Science

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà, Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JORDI CASTRO PÉREZ

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

* Conceptes bàsics d'estadística i d'optimització/investigació operativa.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

6. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
7. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
8. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
9. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
10. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
11. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.
12. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.
2. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
5. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

Teoria:

Es presenten i discuteixen els continguts de l'assignatura combinant explicacions a la pissarra i transparències.

Pràctiques:

Sessions de laboratori en que es mostra l'ús de software.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu de l'assignatura és introduir a l'alumne en algunes aplicacions en "data science" que poden ser formulades o solucionades per tècniques d'optimització. L'assignatura té tres parts, cada una representa aproximadament 1/3 del total:

1. Solució de problemes estadístics i d'aprenentatge automàtic usant optimització entera i combinatòria: disseny d'experiments (quadrats llatins ortogonals), clustering òptim (k-medoid), clustering heurístic (k-means).
2. Mètodes d'optimització contínua per a la solució de problemes d'aprenentatge automàtic: regressió, "support vector machines" i xarxes neuronals.
3. Introducció al camp del control de la revelació estadística o protecció de dades estadístiques: mètodes per a microdades i per a taules de dades. Aquesta disciplina proposa un conjunt de mètodes per garantir la confidencialitat de dades individuals en disseminar dades estadístiques, siguin microdades o dades agregades en forma tabular. Aquest problema és de gran importància per a Instituts Nacionals d'Estadística, i, en general, qualsevol entitat privada o organisme oficial que hagi de divulgar dades.

Capacitats a adquirir:

- * Formular problemes en "data science" com a problemes d'optimització (clustering, support vector machines, xarxes neuronals...)
- * Saber solucionar els problemes de "data science" formulats usant software d'optimització i d'aprenentatge automàtic (scikit-learn, tensorflow).
- * Saber què és el camp del control de la revelació estadística o protecció de dades estadístiques.
- * Conèixer software per a protecció de dades i ser capaç de protegir dades usant alguna tècnica existent.
- * Familiaritzar-se amb la literatura d'optimització en "data science".

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Optimització entera i combinatòria en problemes estadístics i de "data science".

Descripció:

Conceptes bàsics d'optimització entera i combinatòria. Modelització de problemes d'optimització entera i combinatoria.

Aplicacions: disseny d'experiments (quadrats llatins ortogonals), clustering òptim (k-medoids), clustering heurístic (k-means).

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup mitjà/Pràctiques: 5h



Optimització contínua en problemes de data science.

Descripció:

Regressió ridge i LASSO. Support Vector machines (SVMs): formulació primal, condicions d'optimalitat KKT, dualitat en SVMs, formulació dual, mètodes d'optimització per a SVMs, software per a SVMs. Xarxes neuronals: estructura i modelització de XNs com a problema d'optimització, mètodes d'optimització per a XNs, software per a XNs (scikit-learn, tensorflow).

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup mitjà/Pràctiques: 10h

Introducció a la protecció de dades estadístiques.

Descripció:

Introducció. Definicions. Tipus de dades i mètodes. Mètodes de protecció per a microdades. Mètodes de protecció per a dades tabulars. Software de protecció de dades.

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup mitjà/Pràctiques: 5h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Un examen parcial de la primera part de l'assignatura (40% de la nota) i realització de treballs pràctics (60% de la nota).

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Cristianini, Nello; Shawe-Taylor, John. An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521780195.
- Willenborg, Leon; Waal, Ton de. Elements of statistical disclosure control. New York: Springer, 2001. ISBN 0387951210.
- Arthanari, T.S. Mathematical programming in statistics. Wiley, 1993. ISBN 0471592129.
- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning [en línia]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016] [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://www.deeplearningbook.org/>. ISBN 9780262035613.
- Nocedal, Jorge; Wright, Stephen J. Numerical optimization [en línia]. New York: Springer, 1999 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 9780387987934.
- Luenberger, David G; Ye, Yinyu. Linear and nonlinear programming [en línia]. 3rd ed. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 0387745033.

Guia docent

200638 - OSME - Optimització en Sistemes i Mercats Energètics

Última modificació: 23/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: FRANCISCO JAVIER HEREDIA CERVERA

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Es recomana formació bàsica en optimització lineal, entera i no lineal. Tanmateix el curs és autocontingut, tots els conceptes necessaris pel seguiment del curs s'expliquen a classe.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

1. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
2. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
3. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
4. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.
8. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
9. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
10. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

Transversals:

5. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.
6. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
7. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

El curs combinarà sessions teòriques i pràctiques:

- Les sessions teòriques es dedicaran a definir i explicar el fonament dels diferents problemes que sorgeixen a l'operació centralitzada i de mercat dels problemes dels sistemes energètics, la seva formulació com a problemes de programació determinista o estocàstica i l'estudi de les propietats d'aquests models.
- Durant les sessions pràctiques (almenys 1/3 del total del curs) tots els models desenvolupats a les classes teòriques s'implementaran mitjançant llenguatges de modelització matemàtica (AMPL/AMPLPy/Pyomo) i s'utilitzaran com a eina computacional per analitzar les propietats de les solucions òptimes a les operacions de sistemes i mercats energètics.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

S'espera que els estudiants que aprovin aquest curs:

- Conèixer les principals característiques del sistema de producció d'energia a nivell nacional.
- Conèixer les propietats de les diferents tecnologies de generació (centrals tèrmiques, hidràuliques, eòliques i fotovoltàiques).
- Saber i ser capaç de formular i resoldre els problemes fonamentals a l'operació centralitzada de sistemes energètics (Despatx Econòmic, Flux Òptim de Potència, Assignació d'Unitats).
- Entendre l'estructura i les regles dels mercats elèctrics (diari, de regulació, d'ajust, bilateral i de futurs), i conèixer-ne les propietats i com calcular el punt d'equilibri (market clearing) per a alguns d'aquests mercats a través del model corresponent d'optimització matemàtica.
- Comprendre les diverses fonts d'incertesa en sistemes i mercats d'energia, com representar aquestes incerteses, juntament amb alguna mesura de risc, a través d'escenaris de probabilitat i modelització adequada de la programació estocàstica.
- Comprendre les característiques i propietats dels diferents problemes de funcionament del mercat (oferta òptima de generació del productor, oferta òptima de compra del consumidor, comercialització minorista òptima a mitjà termini).
- Ser capaç de formular, desenvolupar la implementació computacional i trobar la solució òptima del model de programació estocàstica per a alguns qualsevol problemes de funcionament del mercat.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció: operació centralitzada vs. mercat dels sistemes energètics

Descripció:

El sistema nacional de producció d'energia a l'engròs.
Sistemes energètics nacionals centralitzats o liberalitzats.
Organització dels mercats elèctrics.
La incertesa en l'optimització de sistemes i mercats d'energia.

Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Optimització de les operacions dels sistemes energètics centralitzats.

Descripció:

Modelització d'unitats de generació.
Despatx Econòmic
Flux de Càrrega Òptim.
Assignació d'Unitats.
Resolució de casos d'estudi amb AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 9h

Models de casació de mercat

Descripció:

Funcions d'utilitat, "surplus" de productors i consumidors, Benefici Social, condicions d'equilibri de mercat.
Model de subhasta de període únic.
Model de subhasta de períodes múltiples.
Models de subhasta de transmissió restringida: preus nodals.
Casació acoplada del mercat elèctric europeu: model EUPHEMIA.
Solució de casos d'estudi amb AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 9h

Programació estocàstica en optimització de l'energia.

Descripció:

Incertesa en l'optimització de sistemes i mercats energètics.
Introducció a la programació estocàstica: despatx econòmic amb demanda estocàstica.
El valor de la solució estocàstica.
Gestió del risc.
Generació d'escenaris de probabilitat.
Solució de casos d'estudi amb AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 6h

Models estocàstics d'oferta òptima de generació.

Descripció:

Oferta òptima per a unitats de generació renovable: oferta preu-acceptant.
Oferta òptima per a unitats de generació tèrmica: corba d'oferta marginal.
Oferta òptima amb restriccions de rampa.
Oferta òptima amb contractes bilaterals.
Solució de casos d'estudi amb AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicació: 9h

Grup gran/Teoria: 9h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final de l'assignatura es basarà en una sèrie de treballs de laboratori on es demanarà als estudiants que formulin, implementin amb AMPL/AMPLPy/Pyomo i analitzin alguns problemes d'optimització de sistemes i mercats d'energia similars als estudiats durant el curs.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Gómez Expósito, Antonio; Conejo, Antonio J.; Cañizares, Claudio. Electric energy systems : analysis and operation [en línia]. Boca Raton: CRC Press, 2009 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=359945>. ISBN 9780849373657.
- Conejo, Antonio J.; Carrión, Miguel; Morales, Juan M. Decision making under uncertainty in electricity markets. Springer, 2010. ISBN 9781441974204.
- Zhu, Jizhong. Optimization of power system operation [en línia]. Piscataway, N.J: Wiley-IEEE, 2009 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=456286>. ISBN 9780470298886.

Complementària:

- Pérez-Arriaga, Ignacio J. Regulation of the power sector [en línia]. 2013 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4471-5034-3>. ISBN 9781447150343.

Guia docent

200603 - PIPE - Probabilitat i Processos Estocàstics

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 749 - MAT - Departament de Matemàtiques.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE FABREGA CANUDAS

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Els estudiants han d'estar familiaritzats amb els conceptes explicats en un primer curs de grau en teoria de la probabilitat. En particular, es requereixen coneixements bàsics dels temes següents:

- Càlcul elemental de probabilitats.
- Models bàsics de probabilitat: distribucions binomial, geomètrica, de Poisson, uniforme, exponencial i normal.
- Variables aleatòries. Funcions de distribució i de densitat conjuntes. Independència i correlació.

Els conceptes necessaris pel seguiment del curs es poden trobar, per exemple, a les referències següents:

- C.M Grinstead and J.L. Snell, Introduction to Probability (cap. 1-7), http://www.dartmouth.edu/chance/teaching_aids/books_articles/probability_book/book
- J. Blitzstein and J. Hwang, "Introduction to Probability", CRC Press, 2019.
- S. Ross, A First Course in Probability, 8th ed., Pearson Education International, 2010.
- M. Sanz-Solé, Probabilitats, Univ. Barcelona, 1999.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

2. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
3. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

Les hores de classe setmanals combinen sessions de teoria i de problemes. A les teòriques s'exposen els conceptes principals i els resultats més importants, amb exemples diversos que ajuden a la seva comprensió. Es presenten algunes demostracions que pel seu contingut i desenvolupament resultin pedagògicament creatives i formatives. A les sessions de problemes es fan exercicis operatius i es resolen qüestions i problemes més conceptuals.

Es podran encarregar llistes de problemes per resoldre i treballs guiats individuals o en grup.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu general de l'assignatura és introduir l'estudiant a la modelització de fenòmens aleatoris. El nucli del curs consisteix en problemes de convergència estocàstica que són essencials a l'estadística (lleis dels grans nombres i teorema central del límit) i en una introducció als processos aleatoris (processos de ramificació, passeigs aleatoris, cadenes de Markov, el procés de Poisson). S'introdueixen alhora els mètodes transformats (funcions generadores i funció característica). Es dóna importància especial a l'estudi d'aplicacions específiques de les unitats teòriques del curs.

Resultats de l'aprenentatge:

- Utilitzar correctament funcions generadores de probabilitat i de moments, i funcions característiques.
- Conèixer la llei normal multidimensional i dominar els càlculs amb variables aleatòries conjuntament gaussianes.
- Entendre els diferents modes de convergència de successions de variables aleatòries, així com el significat precís de les lleis dels grans nombres i del teorema central del límit.
- Conèixer els conceptes bàsics dels processos estocàstics.
- Saber treballar amb cadenes de Markov. Conèixer el significat de les distribucions estacionàries i dels teoremes ergòdics.
- Conèixer el procés de Poisson.
- Capacitat per identificar models de probabilitat basats en els resultats teòrics del curs.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Funcions Generadores i Funció Característica

Descripció:

- 1.1 Funcions generadores de probabilitats i de moments.
- 1.2 La funció característica.
- 1.3 Suma d'un nombre aleatori de variables aleatòries independents.
- 1.4 Distribucions amb paràmetres aleatoris.
- 1.5 Aplicació a la mitjana i variància mostrals.

Dedicació: 14h 30m

Classes teòriques: 3h

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 10h

2. Processos de Ramificació

Descripció:

- 2.1 El procés de Galton-Watson.
- 2.2 Aplicació al creixement de poblacions.
- 2.3 Probabilitats d'extinció.
- 2.4 Funció generadora de probabilitats de la n -èsima generació.

Dedicació: 11h

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 8h

3. La Llei Gaussiana Multidimensional

Descripció:

- 3.1 Funció característica conjunta de variables aleatòries gaussianes independents.
- 3.2 La llei gaussiana multidimensional.
- 3.3 Transformacions lineals.
- 3.4 Dependència lineal i distribucions gaussianes singulars.
- 3.5 Densitat gaussiana n -dimensional.

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 10h

4. Successions de Variables Aleatòries

Descripció:

- 4.1 La llei feble dels grans nombres. Convergència en probabilitat.
- 4.2 Teorema central del límit. Convergència en distribució.
- 4.3 Convergència en mitjana quadràtica.
- 4.4 La llei forta dels grans nombres. Convergència quasi-segura.
- 4.5 Els lemes de Borel-Cantelli. Exemples d'aplicació.
- 4.6 Aplicació a estimadors estadístics.

Dedicació: 17h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 10h

5. Passeigs Aleatoris

Descripció:

- 5.1 Passeigs aleatoris unidimensionals.
- 5.2 Retorns a l'origen.
- 5.3 Passeigs aleatoris en el pla i l'espai.
- 5.4 Introducció al moviment brownià.

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 10h

6. Cadenes de Markov

Descripció:

- 6.1 Cadenes de Markov. Propietat de Markov.
- 6.2 Les equacions de Chapman-Kolmogorov.
- 6.3 Estats recurrents i estats transitoris.
- 6.4 Cadenes absorbents.
- 6.5 Distribucions estacionàries i distribucions límit.
- 6.6 Aplicació als mètodes de Montecarlo.

Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 6h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprentatge autònom: 16h

7. El Procés de Poisson

Descripció:

- 7.1 Processos estocàstics de temps continu: conceptes bàsics.
- 7.2 El procés de Poisson.
- 7.3 Estadística de les transicions.
- 7.4 Processos de naixement-mort.

Dedicació: 25h

Classes teòriques: 6h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprentatge autònom: 16h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final de l'assignatura (NF) es calcularà de la forma següent:

$$NF = \max(EF, 0,4*EF+0,4*EP+0,2*T)$$

on EF és la nota de l'examen final, EP és la nota de l'examen parcial i T és la nota dels exercicis i treballs encarregats durant el curs.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Gut, A. An Intermediate course in probability [en línia]. Springer Verlag, 1995 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-0162-0>. ISBN 0387945075.
- Durrett, R. Essentials of stochastic processes [en línia]. Springer-Verlag, 1999 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-3615-7>. ISBN 038798836X.

Complementària:

- Tuckwell, H.C. Elementary applications of probability. 2nd ed. Chapman & Hall, 1995. ISBN 0412576201.
- Ross, S.M. Introduction to probability models [en línia]. 10th ed. Academic Press, 2010 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123756862/introduction-to-probability-models>. ISBN 9780123756862.
- Blitzstein, J.K.; Hwang, J. Introduction to probability. Second edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019. ISBN 9781138369917.
- Grimmett, G; Welsh, D. Probability : an introduction [en línia]. Oxford: Oxford University Press, 2014 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1791>

[152](#). ISBN 9780191019920.

- Sanz Solé, M. Probabilitats. Univ. de Barcelona, 1999. ISBN 8483380919.

- Grimmet, G.R.; Stirzaker, R.R. Probability and random processes. 3rd ed. Oxford Univ. Press, 2001. ISBN 0198572220.

Guia docent

200617 - PE - Programació Estocàstica

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JORDI CASTRO PÉREZ

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements bàsics d'Investigació Operativa / Optimització / modelització en programació matemàtica

REQUISITS

Assignatura introductòria d'Investigació Operativa.

O capítols 1-3 de "F.S. Hillier, G.J. Lieberman, Introduction to Operations Research, McGraw-Hill" (o primers capítols de llibre similar).

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
7. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

Teoria:

Es presenten i discuteixen els continguts de l'assignatura combinant sessions de teoria, problemes i laboratori.

Problemes:

S'intercalen amb la teoria i es presenten i resolen problemes i estudis de cas.

Pràctiques:

Sessions de laboratori en que es mostra l'ús de software per a la resolució de problemes de programació estocàstica.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu del curs és introduir l'alumne als problemes de la modelització de sistemes en presència d'incertesa, i familiaritzar-lo en les tècniques i algorismes per tractar-los. El curs tracta el cas de la programació estocàstica, o optimització de problemes on intervien variables aleatòries. És proporcionen les bases de la modelització i programació estocàstica i es pretén que l'estudiant en finalitzar el curs sigui capaç d'identificar, modelitzar, formular i solucionar problemes de presa de decisions en que intervinguin tant variables deterministes com aleatòries.

Capacitats a adquirir:

- * Identificar davant un problema la possibilitat de plantejar-lo com a problema d'optimització estocàstica.
- * Formular problemes d'optimització estocàstica, determinant decisions de primera, segona i successives etapes.
- * Conèixer les propietats bàsiques dels problemes d'optimització estocàstica.
- * Conèixer mètodes de resolució especialitzats per a problemes estocàstics.
- * Conèixer i usar software per a la resolució de problemes estocàstics, d'abast general (AMPL) i específics (NEOS server).

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció.

Descripció:

Presentació. Programació Estocàstica en IO. Relació amb altres mètodes estocàstics.

Dedicació: 60h

Classes teòriques: 38h

Classes pràctiques: 10h

Classes laboratori: 12h

Modelització Estocàstica.

Descripció:

Introducció a la Programació Estocàstica. Exemples de models: dues etapes, multietapa, restriccions probabilistes, no lineals.

Modelització amb incertesa. Formulació de problemes estocàstics, aversió al risc, restriccions probabilistes.

Propietats bàsiques.

Descripció:

Propietats bàsiques del problema de programació estocàstica i teoria. Conjunts factibles, funció de recurs, problemes enters estocàstics.

Anàlisi de les solucions. El valor de la solució estocàstica i el valor de la informació perfecta.

Mètodes de resolució

Descripció:

Problemes de dues etapes amb recurs. Mètodes de descomposició: solució del problema primal (mètode L-Shaped, versió amb diversos talls); solució del problema dual (mètode Dantzig-Wolfe). Mètodes de factorització de matrius amb explotació d'estructura. Mètodes de punt interior per a problemes estocàstics.

Mètodes per a problemes multietapa, enters i no lineals.

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Avaluació ordinària:

Examen i realització d'un treball pràctic. La nota final estarà composta en un 65% de la part de teoria i un 35% de la part pràctica.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Birge, J.R.; Louveaux, F. Introduction to stochastic programming [en línia]. Springer, 1997 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97617>. ISBN 1280010053.
- Kall, P.; Wallace, S.W. Stochastic programming. Wiley, 1994. ISBN 0471951587.
- Prékopa, András. Stochastic programming. Kluwer Academic Publishers, 1995. ISBN 0792334825.

Guia docent

200645 - PBDE - Programació i Bases de Dades Estadístiques

Última modificació: 25/06/2025

Unitat responsable:	Facultat de Matemàtiques i Estadística		
Unitat que imparteix:	723 - CS - Departament de Ciències de la Computació. 707 - ESAII - Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial.		
Titulació:	MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).		
Curs: 2025	Crèdits ECTS: 5.0	Idiomes: Anglès	

PROFESSORAT

Professorat responsable: Àlex Barceló Cuerda

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Assignatura no obligatòria.

L'estudiant ja ha desenvolupat diverses capacitats estadístiques i / o d'investigació operativa anteriorment.

Es requereix anglès de nivell B2 (Cambridge First Certificate, TOEFL PBT >550).

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
4. CE-4. Capacitat de fer servir els diferents procediments d'inferència per a respondre preguntes, identificant les propietats dels diferents mètodes d'estimació i els seus avantatges i inconvenients, adaptats a una situació concreta i en un context específic.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
7. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
8. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

Transversals:

2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

10. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

11. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

El curs està dividit en 2 mòduls que s'imparteixen de forma successiva. Cada mòdul consta aproximadament de la meitat de les sessions. Totes les classes són teórico-pràctiques i en elles el professorat presenta i discuteix els conceptes bàsics de cada mòdul. El material de suport que s'utilitzarà serà publicat amb anterioritat en Atenea (guia docent, continguts, transparències del curs, exemples, programació d'activitats d'avaluació, bibliografia, ...).

L'estudiant haurà de dedicar les hores d'aprenentatge autònom a l'estudi dels temes del curs, ampliació bibliogràfica i seguiment de les pràctiques de laboratori.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Aquest curs presenta i discuteix les eines i tècniques per preparar els estudiants a la ciència de dades. Els principals conceptes introduïts a classe cobriràn eines i mètodes per a l'emmagatzematge i anàlisi de dades, incloent bases de dades relacional, NoSQL i bases de dades distribuïdes, la computació científica, "machine learning" aplicat i "deep learning" amb Python. També s'estudiarà Scala y Spark. El curs consta de dos mòduls principals.

MÒDUL 1:

En primer mòdul abastarà un curs intensiu per python científic per a l'anàlisi de dades. Aquest curs inclourà quatre punts:

- * Introducció al llenguatge Python com una eina. ipython, ipython portàtil (jupyter), tipus bàsics, la mutabilitat i immutabilitat i la programació orientada a objectes.
- * Breu introducció a Python numèric i matplotlib per a la visualització gràfica.
- * Introducció als kits científics per a l'anàlisi de dades amb machine learning. Anàlisi de Components Principals, de clustering i anàlisi supervisat amb dades multivariats.
- * Introducció al Deep Learning en Python.

MÒDUL 2:

Presentem el llenguatge Scala i l'arquitectura Spark.

- * Escala com a llenguatge funcional i les col·leccions Scala.
- * Conjunt de dades distribuïdes i resistent a Spark.
- * Spark i SQL.
- * Introducció a MLlib.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció a Python

Descripció:

- Per què Python?
- Història de Python
- Instal·lació de Python
- Recursos de Python

Dedicació: 1h

Grup gran/Teoria: 1h

Introducció a la NumPy

Descripció:

- a. Visió de conjunt
- b. Les matrius
- c. Les operacions sobre matrius
- d. Matrius avançades (ndarrays)
- e. Notes sobre el rendiment (\%timeit en ipython)

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Matplotlib

Descripció:

- a. Introducció
- b. Figures i subplots.
- c. Eixos i un major control de les Figures
- d. Altres tipus de gràfics
- e. Animacions

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Introducció a Pandas

Descripció:

contingut català

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

scikit-learn

Descripció:

- a. Conjunts de dades
- b. Generadors de mostra
- c. L'aprenentatge no supervisat
- d. Aprenentatge supervisat
 - i. L'anàlisi discriminant lineal i quadràtica
 - ii. Els veïns més propers
 - iii. Màquines de suport vectorial (Support Vector Machines)
- e. Selecció de característiques

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 8h

Introducció pràctica al scikit-learn

Descripció:

a. La solució d'un problema de cares principals (eigenfaces)

i. Objectius

ii. Descripció de les dades

iii. Les classes inicials

iv. Importació de dades

b. Anàlisi no supervisada

i. Estadístiques descriptives

ii. Anàlisi de Components Principals

iii. Clustering

c. Anàlisi supervisada

i. k-veïns més propers

ii. Classificació amb suport vectorial

iii. Validació creuada

Dedicació: 5h 30m

Grup gran/Teoria: 5h 30m

Architecture Spark & Spark Core

Descripció:

a. Arquitectura Spark: en particular Spark Core

b. Context Spark

c. Tipus d'operacions: transformacions i accions

d. RDD: Conjunts de Dades Distribuïts Resistents

e. Tancament d'una funció

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 5h

Spark: MLlib

Descripció:

a. Descripció de la MLlib.

b. Labeled Points i features

c. Exemple de regressió lineal

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 5h

Spark SQL

Descripció:

a. Llegint d'un fitxer.

b. Spark Data Frame.

c. Selecció, filtres, agrupació, classificació.

d. Operacions amb finestres

c. SQL

Dedicació: 7h 30m

Grup gran/Teoria: 7h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- 1/4 Examen escrit del primer mòdul
- 1/4 Examen escrit del segon mòdul
- 1/2 Treball Final pràctic en grans bases de dades que integren els conceptes de tots dos mòduls

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Langtangen, H.P. A Primer on scientific programming with Python [en línia]. Springer, 2011 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-642-30293-0>. ISBN 9783642183652.
- Shapiro, B.E. Scientific computation: Python hacking for math junkies. Sherwood Forest Books, 2015. ISBN 9780692366936.
- Melton, Jim; Simon, Alan R. SQL : 1999 : understanding relational language components. San Francisco [etc.]: Morgan Kaufmann, cop. 2002. ISBN 1558604561.

Complementària:

- Zaharia, M.; Karau, H.; Konwinski, A.; Wendell, P. Learning spark lightning-fast big data analysis. 2015. O'Reilly Media, ISBN 9781449358624.
- Spector, P. Concepts in computing with data (Stat 133, UC Berkeley) [en línia]. Berkeley, 2011 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <http://www.stat.berkeley.edu/~s133/>.

Guia docent

200620 - QR - Quantificació de Riscos

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: CATALINA BOLANCÉ LOSILLA

Altres:

REQUISITS

Coneixements mínims d'inferència estadística (al nivell de DeGroot and Schervish, 2012)
i d'anàlisi multivariant bàsic (components principals, al nivell de Peña, 2002).

DeGroot, M.; Schervish, M. (2012) Probability and statistics. 4th ed. Pearson, 2012.

Peña, D. Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill, 2002.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

5. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
6. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
7. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
8. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
9. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
10. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.
11. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

-

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Comprendre i saber utilitzar la metodologia estadística per a la gestió de riscos en banca, companyies asseguradores i institucions similars.
- Formar els investigadors en les tècniques quantitatives del risc més recents, mostrant també els temes de recerca en aquest àmbit.
- Utilització del programa R en l'aplicació de les tècniques estadístiques per a la quantificació de riscos.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Introducció

Descripció:

- 1.1 Conceptes bàsics en la gestió de el risc
- 1.2 Modelitzant el valor i el canvi de valor
- 1.3 Tipus de risc
- 1.4 Alguns exemples
- 1.5 Mesures coherents de risc

Competències relacionades:

MESIO-CE7. CE-7. Capacitat per a comprendre articles d'estadística i investigació operativa de nivell avançat. Conèixer els procediments d'investigació tant per a la producció de nous coneixements com per a la seva transmissió.

MESIO-CE6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

MESIO-CE5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.

MESIO-CE3. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.

MESIO-CE9. CE-9. Capacitat per a implementar algoritmes d'estadística i investigació operativa.

MESIO-CE1. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.

MESIO-CE2. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.

CT5. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

CT2. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.

Dedicació: 7h 30m

Grup gran/Teoria: 7h 30m

2. Mètodes de quantificació de el risc

Descripció:

- 2.1 Variància-Covariança
- 2.2 Simulació Històrica
- 2.3 Montecarlo
- 2.4 Exemples

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

3. Models multivariants de gestió de riscos

Descripció:

- 3.1 Distribució normal multivariant i la quantificació del risc
- 3.2 Anàlisi factorial en la quantificació del risc
- 3.3 Distribucions esfèriques i el·líptiques i la quantificació del risc

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 5h

4. Mesures de dependència i còpules

Descripció:

- 4.1 Definicions
- 4.2 Exemples de còpules
- 4.3 Aplicacions

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

5. Teoria del valor extrem

Descripció:

- 5.1 Distribucions de valor extrem generalitzades
- 5.2 Distribució de Pareto i relacionades
- 5.3 Mètode d'Hill
- 5.4 Estimació no paramètrica
- 5.5 Estimació nucli transformada

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

6. Mesura del risc de crèdit

Descripció:

- 6.1 Instruments amb risc de crèdit
- 6.2 Models estructurals: el model de Merton
- 6.3 Models factorials per a capital
- 6.4 Risc de concentració

Dedicació: 7h 30m

Grup petit/Laboratori: 7h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

-Avaluació contínua: Es proposa als alumnes realitzar un informe de resultats aplicant les tècniques de quantificació de riscos estudiades al llarg del curs a una cartera d'accions que dissenyarà cada alumne de forma individualitzada (40% de la nota). Es dedicaran dues sessions de classe en la seva totalitat a resoldre exercicis de forma individual (60% de la nota).

-Avaluació única: L'avaluació única consistirà en un examen escrit que tindrà cinc o sis exercicis. Alguns d'aquests exercicis consistiran en interpretar els resultats quantitatius d'una situació plantejada.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Coles, S. An introduction to statistical modelling of extreme values. Berlin: Springer, 2001. ISBN 1852334592.
- Resnick, S.I. Heavy-tail phenomena [en línia]. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-45024-7>. ISBN 0387242724.
- McNeil, A.J.; Frey, R.; Embrechts, P. Quantitative risk management : concepts, techniques and tools. Princeton: Princeton University Press, 2005. ISBN 0691122555.
- Bolancé, C. ; Guillén, M. ; Gustafsson, J. ; Nielsen, J.P. Quantitative operational risk models (with examples in SAS and R). Chapman & Hall/CRC, 2012. ISBN 9781439895924.
- Jorion, P. Value at risk : the new benchmark for managing financial risk. McGraw Hill, 2007. ISBN 9780071464956.
- Adrian, T. and Brunnermeier, M.K. "CoVaR". American Economic Review [en línia]. [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://www-jstor-org.recursos.biblioteca.upc.edu/journal/amereconrevi>.

Guia docent

200610 - ST - Sèries Temporals

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE ANTONIO SÁNCHEZ ESPIGARES

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

El curs assumeix els nivells bàsics d'estadística similars als que es poden aconseguir en el primer semestre del Màster. Els alumnes han d'estar familiaritzats amb els conceptes relacionats amb els models estadístics, com els models lineals, i la prova d'hipòtesis i significació estadística.

Alguns conceptes bàsics relacionats amb la metodologia de Box-Jenkins per a l'ajust de models ARIMA ajudaria a seguir el curs (veure els tres primers capítols de "Time Series Analysis and Its Applications. With R examples" 3rd Edition Shumway and Stoffer <http://www.stat.pitt.edu/stoffer/tsa3/>).

Encara que molts exemples procedeixen de l'àmbit economètric, la metodologia del curs pot ser aplicat en diferents àrees (ecologia, epidemiologia, enginyeria, ...)

Es tractaran mètodes de predicció basats en tècniques Machine Learning, en concret xarxes neuronals artificials (ANN).

El curs introduirà tècniques relacionades amb els models d'espai d'estat i el filtre de Kalman. Coneixements bàsics previs d'aquest entorn també ajudaria a seguir el curs, però no és essencial.

Un bon coneixement del llenguatge de programació R pot ajudar a obtenir el màxim profit del curs.

REQUISITS

Es valorarà coneixements sobre el model lineal

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
4. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
5. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
6. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.

Transversals:

1. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.
2. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

* Teoria:

Son sessions de 1,5h. on es presenten i discuteixen els continguts de l'assignatura amb l'ajut de transparències. El professor, amb l'ajut de l'ordinador, mostra exemples pràctics de resolució de problemes de series temporals (tots els fitxers usats pel professor son públics a la xarxa de la FME). Els estudiants disposen a l'inici del curs dels apunts de l'assignatura.

* Laboratori:

Son sessions de 1,5h. setmanals de laboratori, en les quals els estudiants treballen, amb l'ajut del professor, seguint el guió prèviament distribuït, sobre problemes i/o casos pràctics.

* Pràctiques:

Hi ha dues pràctiques, a realitzar en parelles, consistentes cadascuna en la resolució de casos que s'han tractar parcialment a les sessions de laboratori. Cada pràctica es realitzarà fora de l'horari lectiu i puntuarà per a la nota final. La presentació dels informes de les pràctiques es realitzarà dins dels terminis de dues setmanes després de fer-se públic el guió.

També, al final del curs cada grup d'estudiants ha de preparar un informe escrit sobre unes dades reals.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu del curs és que l'estudiant aprofundeixi en la sistemàtica i l'anàlisi de series temporals reals uni i multivariants, quan es disposa de variables aleatòries que no son independents entre si.

L'estudiant ha

- * D'adquirir els fonaments teòrics i experiència en l'ús de la metodologia per construir models i obtenir previsions de casos reals de series temporals en diferents camps, en especial en aplicacions econòmiques i financeres.
- * Consolidar els coneixements teòrics i pràctics per identificar, estimar i validar modelitzar series temporals univariants i multivariants i fer previsions. Models ARIMA i VAR.
- * Valorar els impactes de les intervencions i detectar dades atípiques i efectes de calendari.
- * Aplicar i valorar les prediccions obtingudes mitjançant xarxes neuronals artificials
- * Comprendre la formulació de models en espai d'estat i el filtre de Kalman per explicar l'evolució de variables no observables a partir d'altres, relacionades amb elles que sí podem observar.
- * Iniciar-se els models amb volatilitat per a sèries econòmiques.

Capacitats a adquirir:

- * Conèixer i utilitzar els models univariants i multivariants per a sèries temporals.
- * Davant d'una sèrie temporal real, ser capaç de decidir quin tipus de model és més adequat.
- * Utilització i programació d'algorismes d'estimació i previsió utilitzant R.
- * Presentar els resultats de l'anàlisi d'un cas real.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	22,5	18.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	22,5	18.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Anàlisi i modelització de sèries temporals univariants. Models ARIMA. Previsió amb models ARIMA

Descripció:

- Estudi exploratori de les dades d'una sèrie: tendència, estacionalitat i cicles. Transformació de les dades
- Dependència dinàmica: autocorrelació i autocorrelació parcial
- Processos estocàstics estacionaris. Models ARMA. Invertibilitat i estacionarietat del model
- Processos estocàstics no estacionaris. Models ARIMA i ARIMA estacionals.
- Identificació, estimació i validació del model. Criteris per a la selecció del millor model
- Previsions amb els models ARIMA

Dedicació: 36h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 24h

Dades atípiques, efectes calendari i anàlisi d'intervenció

Descripció:

- Tècniques i algorismes per a la detecció automàtica de dades atípiques, efectes de calendari (Pasqua i dies laborables) i anàlisi d'intervenció

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 10h

Tècniques de predicció basades en Machine Learning

Descripció:

- Mètodes de predicció basats en Machine Learning: Xarxes Neuronals Artificials i Regressió amb Vectors de Suport
- Validació i anàlisi de sensibilitat. Mesures de comparació amb models estadístics

Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 4h

Espai d'estat, filtre de Kalman i aplicacions

Descripció:

- Utilització de la formulació del filtre de Kalman per al filtrat i l'allisat de les dades i per a l'estimació de paràmetres.
- Formulació en espai d'estat de models ARMA i ARIMA i estimació màxim versemblant de paràmetres de sèries uni i multivariants.
- Tractament de dades mancants amb el filtre de Kalman

Dedicació: 36h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 24h

Models estructurals en espai d'estat

Descripció:

Models estructurals de sèries temporals: estimació i validació.

Dedicació: 7h 30m

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 1h 30m

Introducció als models amb volatilitat

Descripció:

- Característiques estadístiques de les sèries financeres: Asimetria i curtosi.
- Volatilitat en sèries econòmiques i en els mercats financers: Models ARCH, GARCH i amb volatilitat estocàstica. Propietats. Identificació i verificació d'aquests models.

Dedicació: 7h 30m

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 1h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Lliurament d'exercicis resolts per part dels estudiants. Informes sobre sèries reals. Exàmens parcials i finals.

La nota final de l'assignatura (N) s'obté a partir de la nota dels qüestionaris presentats a les sessions de laboratori (NI), de la modelització d'un cas real (Nmr) i de l'examen final (Nf), d'acord amb l'expressió :

$$N=0,2*NI+0,25*Nmr+0,55*Nf$$

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Shumway, R. H.; Stoffer, D. S. Time series analysis and its applications : with R examples [en línia]. 4th ed. New York: Springer, 2017 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-36276-2>. ISBN 9780387293172.
- Box, George E. P.; Jenkins, G.M.; Reinsel, G.C. Time series analysis : forecasting and control. 4th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2008. ISBN 9780470272848.
- Peña Sánchez de Rivera, Daniel. Anàlisi de series temporales. Madrid: Alianza Editorial, 2005. ISBN 8420691283.
- Brooks, Chris. Introductory econometrics for finance. 2nd ed. Cambridge: University Press, 2008. ISBN 9780521873062.
- Harris, Richard I. D.; Sollis R. Applied time series modelling and forecasting. Chichester: John Wiley, 2003. ISBN 0470844434.
- Enders, W. Applied econometric time series. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2004. ISBN 0471230650.

Complementària:

- Durbin, J.; Koopman, S.J. Time series analysis by state space methods. New York: Oxford University Press, 2001. ISBN 0198523548.
- Brockwell, P.J.; Davis, R.A. Time series: theory and methods. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1991. ISBN 0387974296.
- Peña, D.; Tiao, C.G.; Tsay, R. (eds.). A Course in time series analysis. New York: John Wiley, 2001. ISBN 047136164X.
- Lütkepohl, Helmut; Krätzig, M. (eds.). Applied time series econometrics. New YORK: Cambridge Univ. Press, 2004. ISBN 052183919X.
- Lütkepohl, Helmut. New introduction to multiple time series analysis [en línia]. Berlin: Springer, 2006 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-540-27752-1>. ISBN 9783540262398.
- Cryer, Jonathan D. Time series analysis : with applications in R [en línia]. 2nd ed. New York: Springer Text in Statistics, 2008 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-75959-3>. ISBN

9780387759586.

- Commandeur, Jacques J. F.; Koopman S. J. An Introduction to state space time series analysis. Oxford: Oxford University Press, 2007. ISBN 9780199228874.

- Tsay, Ruey S. Analysis of financial time series [en línia]. 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010 [Consulta: 28/06/2023].

Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470644560>. ISBN 0471690740.

Guia docent

200608 - SIM - Simulació

Última modificació: 16/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: ESTEVE CODINA SANCHO

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

- * Probabilitats, inferència estadística i Models Lineals
- * Coneixements d'algun llenguatge de programació de propòsit general i en particular de desenvolupament d'scripts. Coneixements de l'entorn de software estadístic R.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

4. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
5. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
6. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
7. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
8. CE-8. Capacitat de discutir la validesa, l'abast i la rellevància d'aquestes solucions i saber presentar i defensar les conclusions.

Transversals:

1. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

METODOLOGIES DOCENTS

- Classes teòriques i problemes
- Sessions pràctiques
- Treballs dirigits

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Introduir a l'alumnat en la metodologia de simulació de Montecarlo per a estudiar les propietats de mètodes estadístics. Introduir al alumne a la simulació com una tècnica de la Investigació Operativa per tractar amb models de sistemes quan els mètodes analítics no son aplicables per no existir-ne o per no ser computacionalment eficients. Aprofundir en la metodologia de la construcció de models per a la presa de decisions. Presentar una visió panoràmica dels mètodes de simulació i en particular els de simulació de sistemes discrets. Que l'alumne faci l'aprenentatge de l'enfocament específic del mètode de la programació d'esdeveniments. Familiaritzar a l'alumne amb els mètodes estadístics d'anàlisi de les dades de simulació, la caracterització de l'aleatorietat de les dades d'input, els mètodes de Monte Carlo per a la generació de mostres, el disseny d'experiments i l'anàlisi de resultats.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

- Tema 1. Models de sistemes discrets

Descripció:

Introducció a la Simulació. Usos en Estadística i Investigació Operativa Casos d'estudi bàsics. Cadenes de Markov de P. Continu i Cues. Cues exponencials, no exponencials, per lots. Sistemes en tandem i bloqueig. Mètode d'etapes.

Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 7h

Grup petit/Laboratori: 3h 30m

Aprenentatge autònom: 14h 30m

-Tema 2. Input Data Analysis.

Descripció:

L'anàlisi del sistema: processos de recollida de dades i adquisició de coneixement. L'anàlisi de l'aleatorietat. Tècniques d'anàlisi descriptiva de dades. Formulació d'hipòtesis probabilístiques, ajustament i validació de models de simulació.

Dedicació: 19h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 13h

Tema 3. Generació de mostres.

Descripció:

Generació de seqüències pseudoaleatòries. Mètodes generals de generació de distribucions discretes i contínues. Generació de les principals distribucions univariants. Generació de vectors aleatoris. Generació de processos estocàstics.

Dedicació: 22h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 14h 30m

-Tema 4. Introducció a la simulació de sistemes discrets.

Descripció:

Els models de simulació. Simulació discreta i simulació contínua. Models teòrics per la modelització de sistemes discrets: Sistemes d'Espera. Règim estacionari. Fòrmula de Little. Perspectiva Models Exponencials. Models GI/G/s, aproximacions. L'anàlisi del sistema: identificació d'entitats, atributs i relacions. Formalització del model de simulació. Metodologia de simulació de sistemes discrets "event-scheduling". Simulació de Cadenes de Markov i Cues. Mètode de Gillespie. Exemples i aplicacions.

Dedicació: 24h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 15h

-Tema 5. Anàlisi estadístic en experiments de simulació.

Descripció:

Simulacions amb horitzó finit. Simulacions amb horitzó infinit: tècniques de batch-means, mètodes regeneratius, etc. Tècniques de reducció de variància. Disseny d'experiments de simulació.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 6h

Tema 6. Introducció al bootstrap i als tests de permutacions

Descripció:

Bootstrap, principi "plug-in" i simulació. Bootstrap paramètric i no paramètric. Interval de confiança bootstrap. Tests de permutacions: exactes i de Montecarlo. Alguns tests de permutacions.

Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 17h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'evaluació s'efectuarà mitjançant 2 Treballs Pràctics: P1 de simulació en Estadística, bootstrap i permutacions, i l'altre, P2 de disseny i construcció d'un simulador de Cues.

És necessari haver lliurat els dos treballs pràctics per poder obtenir una nota ponderada segons $N=0.5P1 + 0.5P2$



BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Gentle, J.E. Elements of computational statistics [en línia]. Springer, 2002 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97337>. ISBN 0387954899.
- Banks, J. [et al.]. Discrete-event system simulation [en línia]. Prentice Hall, 2005 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=5174427>. ISBN 0132174499.
- Law, Av.M.; Kelton, W.D. Simulation modeling and analysis. 5th ed. McGraw-Hill, 2014. ISBN 1259254380.
- Fishman, G.S. Discrete-event simulation modeling, programming and analysis. Springer, 2001. ISBN 0387951601.
- Robert, C.P.; Casella, G. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Ross, S.M. Simulation. 4a ed. Academic Press, 2006. ISBN 0125980639.
- Kroese, Dirk P.; Taimre, Thomas; Botev, Zdravko I. Handbook of Monte Carlo methods. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 9780470177938.
- Efron, B.; Tibshirani, R. An Introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, 1993. ISBN 0412042312.
- Good, Phillip I. Permutation, parametric and bootstrap tests of hypotheses [en línia]. 3rd ed. New York, NY: Springer Science+Business Media, Inc, 2005 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b138696>. ISBN 9780387271583.

RECURSOS

Altres recursos:

Campus virtual

Guia docent

200623 - SPDE - Simulació per a la Presa de Decisions Empresarials

Última modificació: 29/05/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: PAU FONSECA CASAS

Altres:

REQUISITS

El curs assumeix nivells bàsics d'estadística similars als que es poden aconseguir en el primer semestre del Màster. L'alumne ha d'estar familiaritzat amb els conceptes de proves d'hipòtesis, significació estadística i anàlisi de la variància. Conceptes necessaris per seguir el curs es poden trobar, per exemple, en el text "Simulation modeling and analysis" de Law, A. M.; Kelton, W.D.

El curs suposa una bona actitud cap als problemes relacionats amb els negocis i la presa de decisió, tot i que problemes ambientals i socials també s'analitzarà a causa de la seva relació inherent amb els negocis i la presa de decisions.

Idealment aquest curs s'impartiria després de la introducció a la simulació com a part d'un currículum orientat a la simulació. Encara que és interessant haver superat "SIM - simulació" i tenir una certa familiaritat amb els problemes que es poden resoldre utilitzant les tècniques desenvolupades allà, no es considera essencial.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

5. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
6. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
7. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.

Transversals:

1. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
4. TERCERA LENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura es eminentment pràctica i vol que l'alumne, a partir d'un conjunt de entregables que es desenvolupen en el laboratori sigui capaç, al final del curs, de ressoldre problemes reals similars als plantejats a classe.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Introduir l'anàlisi de problemes reals en el món de la fabricació, la logística, la millora de processos o el dimensionament i ajust de serveis en el marc de la Indústria 4.0. Es tracta, basant-se en les metodologies docents apropiades a cada context, de realitzar els passos necessaris per a conduir un projecte de simulació que permeti la millora del rendiment d'un sistema o que doni suport efectiu a la presa de decisions en situacions d'incertesa o risc.

* Amb aquesta finalitat, es presenten i debaten diversos projectes d'aplicació desenvolupats en l'àmbit professional, es determinen els possibles objectius de l'estudi, es determinen les aproximacions metodològiques més apropiades pel model plantejat en funció d'aquests, i es suggereixen les eines més potents i efectives per a la resolució del problema.

* Estudi i caracterització de les dades necessàries per a la simulació, es dissenyaran els escenaris d'experimentació a avaluar, s'estudiaran les necessitats de representació gràfica, tant dels models com dels resultats i de les característiques d'interactivitat i d'usabilitat dels entorns de desenvolupament dels projectes.

* Es dissenyaran els processos de forma a garantir, dins del què permet el temps disponible per al desenvolupament de l'assignatura, uns criteris bàsics de verificació i de validació dels models i dels resultats de la simulació.

* S'introdueixen els conceptes relacionats amb l'acreditació de components i de models de simulació i dels processos associats al cicle de vida d'un projecte de simulació. Es valoraran aspectes relacionats amb el codi ètic exigible en el disseny i explotació d'aquest models.

* Finalment, i a partir del recorregut conceptual aplicat a diversos entorns socials, tecnològics o econòmics, s'obtindrà una perspectiva ampla de les possibles aplicacions professionals de la simulació i al planejament i gestió del projectes de simulació.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció

Descripció:

Introducció a la metodologia de construcció de models de simulació i a la planificació de projectes de simulació. Arquitectura bàsica dels sistemes de suport a la presa de decisions en situacions d'incertesa o risc. Explicació de les palanques (model McKinsey) de la indústria 4.0.

Dedicació: 1h 50m

Classes teòriques: 1h 50m

Descripció d'exemples

Descripció:

Descripció d'exemples del món industrial, dels serveis i d'altres sistemes en els que la simulació és aplicable. Criteris d'aportació de valor dels estudis de simulació. Sistemes incrustats. Casos d'aplicació que s'utilitzaran al llarg del curs.

Dedicació: 1h 50m

Classes teòriques: 1h 50m

Paradigmes

Descripció:

Anàlisi metodològic associat a la tipologia dels models de simulació considerats. Universos discrets, continus i híbrids. La simulació de models continus. Diagrames causals i de Forrester. Dinàmica de sistemes.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Formalismes

Descripció:

Formalismes per a l'especificació de models de simulació: Xarxes de Petri, diagrames SDL, DEVS. Veurem com integrar aquests llenguatges en el món industrial i com impacta en la visió global de l'anomenada Indústria 4.0

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Disseny dels experiments

Descripció:

Disseny dels experiments i metodologia per a l'anàlisi dels resultats de la simulació.

Dedicació: 1h 50m

Classes teòriques: 1h 50m

Verificació, validació i acreditació

Descripció:

Criteris per a la verificació, validació i acreditació en els projectes de simulació. Aspectes ètics. Elements de cost i planificació dels projectes, estimació de temps i costos.

Dedicació: 1h

Classes teòriques: 1h

Sistemes de simulació

Descripció:

Preparació per al desenvolupaments de projectes amb simuladors genèrics comercials, com Flexim, ARENA, WITNESS i SDLPS. Explicació dels elements més importants dels paquets, de les seves funcionalitats i la integració amb la indústria a través del concepte de "bessó digital" de la Indústria 4.0.

Dedicació: 2h 50m

Grup gran/Teoria: 2h 50m

Nous paradigmes

Descripció:

Introducció als nous paradigmes de simulació i la seva aplicació en el context de la simulació de processos i de serveis: simulació amb agents intel·ligents, autòmats cel·lulars.

Dedicació: 1h 50m

Classes teòriques: 1h 50m

Nous components

Descripció:

Components i dispositius combinables amb els entorns d'explotació de models de simulació. SIG i simulació.

Dedicació: 1h

Pràctiques externes: 1h

Casos pràctics

Descripció:

Desenvolupament de casos pràctics, presentació efectiva dels projectes i dels resultats.

Dedicació: 1h

Pràctiques externes: 1h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació combinarà les qualificacions de dues pràctiques T1 i T2 i d'un examen final.

Tant en T1 com en T2 poden haver diferents entregues parcials que ajudaran a l'ajust del treball de l'alumne als ritmes desitjats, a la validació dels passos efectuats en el desenvolupament del projecte, i aniran constituint la nota global de cada pràctica.

T1: Primera pràctica: Especificació del model.

T2: Segona pràctica: Implementació i informe final del model.

E: Examen final.

$$\text{Nota final} = T1 * 0.4 + T2 * 0.4 + E * 0.2$$

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Law, A. M.; Kelton, W.D. Simulation modeling and analysis. 5th ed. McGraw-Hill, 2015. ISBN 9780073401324.
- Banks, J. ... [et al.]. Discrete-event system simulation [en línia]. 5th ed. Harlow, Essex: Pearson, 2014 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=5174427>. ISBN 9781292024370.
- Fishman, George S. Discrete-event simulation modeling, programming and analysis. Springer, 2001. ISBN 0387951601.
- Robert, C.P.; Casella, G. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Guasch, A. ... [et al.]. Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación [en línia]. 2ª ed. Edicions UPC, 2003 [Consulta: 12/05/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36767>.
- Fonseca i Casas, Pau. Simulació discreta per mitjà de la interacció de processos [en línia]. Editorial UPC, 2009 [Consulta: 12/05/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36836>.
- Fonseca Casas, Pau. Formal languages for computer simulation : transdisciplinary models and applications [en línia]. Hershey: Information Science Reference, cop. 2014 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://www-igi-global-com.recursos.biblioteca.upc.edu/gateway/book/75484>. ISBN 9781466643697.

Guia docent

200648 - SERS - Software Estadístic: R i SAS

Última modificació: 15/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: KLAUS GERHARD LANGOHR

Altres:

REQUISITS

El curs d'R de nivell intermedi requereix que els estudiants tinguin experiència en treballar amb R.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

3. CE-1. Capacitat per a dissenyar i gestionar la recollida d'informació, així com la codificació, manipulació, emmagatzematge i tractament d'aquesta informació.
4. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.
5. CE-6. Capacitat per a fer servir el software més adequat per a realitzar els càlculs necessaris a la resolució d'un problema.
7. CE-9. Capacitat per a implementar algorismes d'estadística i investigació operativa.

Transversals:

1. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

Classes en aula informàtica. Durant la primera part del curs s'ensenyarà el software estadístic R i a la segona part R avançat i el software estadístic SAS. Per tal d'il·lustrar els procediments estadístics i com fer gràfics es faran servir dades reals. A cada part s'avaluarà els estudiants mitjançant un parell d'exàmens parcials i una pràctica.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Durant el curs es presenten dos paquets estadístics, els llenguatges de programació R i SAS, que tenen una gran difusió tant en l'àmbit acadèmic com en l'empresarial i industrial.

Es pretén que l'estudiant, en acabar el curs, sigui capaç d'utilitzar ambdós software per

- llegir dades de fitxers externs,
- fer anàlisis descriptives,
- fer gràfics d'alta qualitat per representar dades,
- ajustar models de regressió a un conjunt de dades,
- programar funcions pròpies.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

R introductori: Introducció a R

Descripció:

- a) La pàgina web d'R
- b) Instal·lació d'R i de paquets contribuïts
- c) Fonts de ajuda per a R

Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

R introductori: Objectes d'R

Descripció:

Creació i manipulació de

- a) Vectors numèrics i alfanumèrics
- b) Matrius
- c) Llistes
- d) Data frames

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

R introductor: Anàlisi descriptiva i exploratori amb R

Descripció:

- a) Lectura de fitxers externs
- b) Anàlisi descriptiva univariant
- c) Anàlisi descriptiva bivariant
- d) Eines gràfiques: histograma, diagrama de caixa, gràfic de dispersió i altres.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

R introductor: Programació bàsica amb R

Descripció:

- a) Programació bàsica: bucles amb for, while, if-else
- b) Les funcions tapply, sapply, lapply
- c) Creació de funcions pròpies
- d) Funcions per treballar amb variables tipus data

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

R introductor: Estadística inferencial amb R: contrastos d'hipòtesis i models de regressió

Descripció:

- a) Proves d'hipòtesi per a una població
- b) Proves d'hipòtesi per a dues i més poblacions
- c) Proves no paramètriques
- d) Ajust de models lineals generals

Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

Nivell intermedi d'R

Descripció:

- a) Repàs del treball amb data frames
- b) Reestructuració de conjunts de dades
- c) Programació i creació de funcions de nivell intermedi
- d) Conjunt de paquets tidyverse

Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

R avançat: Creació de paquets de R i d'aplicacions web amb Shiny

Descripció:

- a) Preparant codi per empaquetar.
- b) Preparant la documentació d'un paquet.
- c) Empaquetació, comprovació i depuració d'errors.
- d) Repositoris i publicació de paquets.
- e) Creació d'aplicacions web amb shiny.
- f) Publicació d'aplicacions web amb Rstudio.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

Introducció a SAS

Descripció:

- a) Estructura dels programes SAS: DATA y PROC.
- b) Conjunts de dades SAS i llibreries.
- c) Importació i exportació de dades.
- d) Creació de variables. Ordres d'assignació.
- e) Unió de fitxers.
- f) Gestió de data sets

Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

R avançat: Control de versions amb R

Descripció:

- a) Sistemes de control de versions (git i subversion).
- b) Github.
- c) Control de versions a RStudio.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

R avançat: Generació automàtica d'informes amb R

Descripció:

- a) Introducció al llenguatge markdown.
- b) Rmarkdown a RStudio.
- c) Generació de presentacions amb RStudio.
- d) Documents Quarto amb RStudio.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 0h 30m

R avançat: Programació en paral·lel amb R

Descripció:

- a) Objectius de la paral·lelització de codi amb R.
- b) Paquets que permeten paral·lelitzar codi amb R: parallel, doParallel, SNOW.
- c) Exemples.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Procediments bàsics de SAS

Descripció:

- a) Introducció als procediments.
- b) Procediments estadístics i gràfics.
- c) Introducció al llenguatge matricial amb SAS/IML.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Gestió de grans bases de dades: SAS/SQL

Descripció:

- a) Introducció al mòdul SAS/SQL.
- b) Definició de taules SAS/SQL.
- c) Definició de bases de dades SAS/SQL.
- d) Operacions amb una o més taules.

Dedicació: 4h 30m

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Macros en SAS

Descripció:

- a) Introducció al llenguatge macro de SAS.
- b) Definició de variables macro.
- c) Creació de macros en SAS.

Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 0h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final serà la mitjana de les notes obtingudes en les proves

- a) amb R (50%),
- b) amb R avançat i SAS (50%).

Tant a la primera com a la segona part de l'assignatura es faran dos exàmens parcials (pes de cada examen: 40%) i una pràctica (20%).

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Braun, W.J.; Murdoch, D.J. A First course in statistical programming with R. Cambridge University Press, 2007. ISBN 97805216944247.
- Crawley, Michael J. Statistics : an introduction using R. New York: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0470022973.
- Dalgaard, P. Introductory statistics with R [en línia]. 2nd Edition. Springer, 2008 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-79054-1>. ISBN 9780387790541.
- Cody, R. Learning SAS by example: a programmer's guide [en línia]. SAS Institute, 2007 Disponible a: <https://ebin.pub/learning-sas-by-example-a-programmers-guide-1599941651-978-1-59994-165-3.html>. ISBN 9781599941653.
- Cody, R. SAS statistics by example. SAS Institute, 2011. ISBN 9781607648000.
- Delwiche, L.D.; Slaughter, S.J. The Little SAS Book : a primer. 5th Edition. SAS Institute, 2012. ISBN 9781612903439.
- Kleinmann, K.; Horton, N.J. SAS and R: Data management, statistical analysis and graphics. Chapman & Hall, 2009. ISBN 978-1-4200-7057-6.
- Der, Geoff; Everitt, Brian. A Handbook of statistical analyses using SAS. 3rd ed. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, cop. 2009. ISBN 9781584887843.
- Kleinman, Ken; Horton, Nicholas J. SAS and R : data management, statistical analysis, and graphics. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2010. ISBN 9781420070576.

Complementària:

- Muenchen, R.A. R for SAS and SPSS users. Springer, 2011. ISBN 9781461406853.
- Murrell, P. R graphics. Chapman & Hall, 2006. ISBN 158488486X.
- Wickham, Hadley; Grolemund, Garrett. R for data science : import, tidy, transform, visualize, and model data. First edition. 2016. ISBN 9781491910399.
- Base SAS® 9.2 Procedures Guide [en línia]. SAS Institute, 2009 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/proc/61895/PDF/default/proc.pdf>. ISBN 9781599947143.
- Base SAS® 9.2 Procedures Guide: Statistical Procedures [en línia]. 3rd Edition. SAS Institute, 2010 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/63104/PDF/default/procstat.pdf>. ISBN 9781607644514.
- SAS/IML® 9.2 Users guide [en línia]. SAS Institute, 2008 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/imlug/59656/PDF/default/imlug.pdf>. ISBN 9781590479407.
- SAS/OR®9.2 User's guide mathematical programming [en línia]. SAS Institute, 2008 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/ormpug/59679/PDF/default/ormpug.pdf>. ISBN 9781590479469.
- SAS/STAT 9.2 User's guide [en línia]. 2nd Edition. SAS Institute, 2011 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#titlepage.htm>. ISBN 9781607648826.
- SAS 9.2. Language reference: concepts [en línia]. 2nd Edition. SAS Institute, 2010 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/lrcon/62955/PDF/default/lrcon.pdf>. ISBN 9781607644484.
- SAS 9.2. Language reference : dictionary [en línia]. 4th Edition. SAS Institute, 2011 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/lrdict/64316/PDF/default/lrdict.pdf>. ISBN 9781607648826.

Guia docent

200621 - TQM - Tècniques Quantitatives de Màrqueting

Última modificació: 13/06/2025

Unitat responsable: Facultat de Matemàtiques i Estadística
Unitat que imparteix: 715 - EIO - Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ESTADÍSTICA I INVESTIGACIÓ OPERATIVA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: JORDI CORTÉS MARTÍNEZ

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

El curs presuposa un nivell bàsic en estadística. Els alumnes han d'estar familiaritzats amb les tècniques d'estadística multivariant, com l'anàlisi de components principals i els mètodes de classificació. Seran útils els conceptes relatius a la prova d'hipòtesis i la significació estadística. Els principals conceptes en mètodes multivariants necessaris per a seguir el curs es poden trobar, per exemple, en el text "Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R" presentat al lloc web <http://factominer.free.fr/>. El curs també pressuposa un bon coneixement del llenguatge de programació "R".

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

5. CE-2. Capacitat per a dominar la terminologia pròpia d'algun àmbit en el que sigui necessària l'aplicació de models i mètodes estadístics o d'investigació operativa per a resoldre problemes reals.
6. CE-3. Capacitat per a formular, analitzar i validar models aplicables a problemes d'índole pràctica. Capacitat de seleccionar el mètode i/o tècnica estadística o d'investigació operativa més adequada per aplicar aquest model a cada situació o problema concret.
7. CE-5. Capacitat per a formular i resoldre problemes reals de presa de decisions als diferents àmbits d'aplicació sabent triar el mètode estadístic i l'algoritme d'optimització més adequat a cada ocasió.

Transversals:

1. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

L'aprenentatge es recolza sobre la realització de pràctiques basades bé en dades docents o reals, utilitzant eines estadístiques de codi obert. Es combinen sessions d'exposició teòrica amb sessions de pràctiques. Els estudiants redactaran els corresponents informes executius de les pràctiques realitzades i realitzaran una exposició del seu treball.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Entendre alguns dels problemes plantejats en el camp de l'màrqueting: conèixer a l'usuari, els seus gustos i preferències i conèixer millor el que el condueix a comprar.
- Veure el paper de les tècniques de gestió i explotació de dades en el procés de presa de decisions.
- Adquirir nous coneixements sobre mètodes estadístics d'aplicació en el màrqueting, però que també són aplicables en un ampli ventall de camps.
- Adquirir coneixements sobre formes específiques de recollida de dades.
- Apreciar les aportacions de les tècniques estadístiques i, a el mateix temps, desenvolupar un esperit crític davant els resultats obtinguts.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Tema 1: Anàlisi estructural de dades

Descripció:

Analitzar grans conjunts de dades (per exemple, el cas d'enquestes) requereix una metodologia que permeti captar la multidimensionalitat d'aquest tipus de dades, a més de permetre una síntesi fàcilment comprensible per l'usuari. El que condueix a privilegiar una estratègia que combina mètodes factorials i classificació.

Aquests grans conjunts de dades es poden estructurar en taules múltiples per les quals els mètodes d'anàlisi factorials descriptives presenten múltiples generalitzacions adaptades a diferents combinacions possibles en dades complexes. Per exemple tècniques factorials múltiples, mixtes, duals, ...

Dedicació: 42h

Grup gran/Teoria: 15h

Aprenentatge autònom: 27h

Tema 2: Preguntes obertes i comentaris lliures

Descripció:

Les preguntes obertes i els comentaris lliures són cada vegada més presents en els grans conjunts de dades. S'analitzen mitjançant mètodes multidimensionals com l'anàlisi de correspondències, l'anàlisi factorial múltiple i els mètodes de classificació. Mètodes de tipus anàlisi de correspondències permeten introduir models en l'anàlisi de respostes obertes.

Dedicació: 12h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 8h

Tema 3: Avaluació sensorial de productes. Planificació d'experiències, anàlisi de dades i mètodes holístics

Descripció:

L'avaluació sensorial dels productes és un element estratègic de desenvolupament de les empreses de molt diversos sectors, encara que el sector predilecte sigui el sector agroalimentari. Té com a objectiu caracteritzar els productes tant de del punt de vista sensorial (vista, tacte, gust, olfacte, audició) com des del punt de les preferències dels consumidors.

Les avaluacions sensorials requereixen voluminoses recol·leccions de dades i condueixen a la construcció de taules múltiples. L'estadística és l'eina privilegiada per a la concepció i l'anàlisi d'aquest tipus de dades. Els mètodes holístics permeten la comparació d'una sèrie de productes des d'un punt de vista global.

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 5h

Tema 4: Clusterització

Descripció:

La clusterització fa referència al conjunt de tècniques que permeten agrupar un conjunt d'individus o observacions acord amb les seves característiques. Específicament, s'estudiaran dues tècniques de clusterització: la clusterització jeràrquica i el K-means. A més, es veuran formes de combinar les dues tècniques i diverses variants d'aquestes. Aquestes tècniques permeten, per exemple, fer agrupacions de clients d'una empresa o de consumidors d'acord amb les seves propietats i en funció dels resultats, establir quotes de mercat (en el cas de clients) o de prendre decisions per millorar el rendiment d'una empresa.

Dedicació: 12h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Aprenentatge autònom: 8h

Tema 5: Aprenentatge supervisat

Descripció:

L'aprenentatge supervisat s'aplica al conjunt de metodologies que persegueixen la classificació d'individus o observacions. Específicament, s'estudiaran 5 tècniques d'aprenentatge supervisat per classificació basades en algorismes de Machine Learning: K-Nearest Neighbours, Naive Bayes, Arbres condicionals, Random Forest i Support Vector Machine. Aquestes tècniques tenen un objectiu eminentment predictiu i el seu ús radica a anticipar, per exemple, el comportament dels clients respecte a la compra d'un producte.

Dedicació: 29h 30m

Grup gran/Teoria: 10h 30m

Aprenentatge autònom: 19h

Tema 6: Disseny de nous productes. Anàlisi conjunt (Conjoint analysis)

Descripció:

L'anàlisi conjunta és una eina molt potent per estudiar la valoració que fan els clients de les diverses característiques d'un producte quan no té sentit valorar cada característica per separat. L'anàlisi conjunta aplica coneixements de dissenys d'experiments i de regressió.

Aquesta metodologia permet predir la acceptació que podrà tenir un nou producte en el mercat, per comparació amb els productes ja presents.

Dedicació: 20h 30m

Grup gran/Teoria: 7h 30m

Aprenentatge autònom: 13h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació es farà a partir de la realització de pràctiques, i la nota es calcularà a partir de la nota dels informes corresponents i la nota d'una presentació final de la feina amb un percentatge de 50% cadascuna. En cas de no superar la pràctica, l'alumne tindrà dret a un examen final que comptarà el 100% de la nota.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Escofier, B.; Pagès, J. Análisis factoriales simples y múltiples. País Vasco: Servicio Editorial, Universidad del País Vasco, 1992. ISBN 8475853838.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome. The elements of statistical learning [en línia]. 2a. 2017 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-84858-7>. ISBN 9780387848570.

Complementària:

- Naes, T.; Risvik, E. (editors). Multivariate analysis of data in sensory science. Elsevier, 1996. ISBN 444899561.
- Bécue Bertaut, Mónica. Minería de textos : aplicación a preguntas abiertas en encuestas. Madrid: La Muralla, 2010. ISBN 9788471337931.
- Everitt, Brian S.; Landau, Sabine; Leese, Morven; Stahl, Daniel. Cluster analysis [en línia]. 5a ed. Wiley, 2011 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470977811>. ISBN 9780470977811.
- Husson, François; Lê, Sébastien; Pagès, Jérôme. Exploratory multivariate analysis by example using R [en línia]. Chapman and Hall/CRC, 2011 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1633326>.
- Lebart, L. ; Salem, A. ; Bécue, M. Análisis estadístico de textos. Milenio, 2000. ISBN 8489790574.

Máster universitario en Estadística e Investigación Operativa

FACULTAD DE MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA (FME)

El objetivo del **máster interuniversitario UPC-UB en Estadística e Investigación Operativa** ([web del máster](#)) es proporcionar conocimientos avanzados sobre la teoría y los métodos de la estadística y la investigación operativa más actuales. Forma a profesionales expertos que, integrados en equipos de trabajo interdisciplinarios, podrán aplicar los conocimientos adquiridos en ámbitos como la salud, los servicios, la industria, las empresas, las ciencias y la Administración. La formación orientada a la investigación para acceder al programa de doctorado.

DATOS GENERALES

Duración e inicio

1,5 cursos académicos, 90 créditos ECTS. Inicio septiembre

Horarios y modalidad

Tarde. Presencial

Precios y becas

Precio aproximado del máster **sin otros gastos adicionales** (no incluye tasas académicas de carácter no docente ni expedición del título):

1.743 € (4.050 € para no residentes en la UE).

[Más información sobre precios y pago de la matrícula](#)

[Más información sobre becas y ayudas](#)

Idiomas

Consulta el idioma de impartición de cada asignatura en la guía docente dentro del plan de estudios.

Información sobre el [uso de lenguas en el aula y los derechos lingüísticos de los estudiantes](#).

Lugar de impartición

[Facultad de Matemáticas y Estadística](#) (Barcelona)

Facultad de Economía y Empresa (UB) Av. Diagonal, 690-696. 08028 Barcelona

Título oficial

[Inscrito en el registro del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte](#)

ACCESO

Requisitos generales

[Requisitos académicos de acceso a un máster](#)

Requisitos específicos

Los contenidos formativos son apropiados para estudiantes proveniente de estudios de grado que incluyan en su plan de estudios asignaturas de estadística y / o investigación operativa . El perfil idóneo de ingreso es el de una persona que,

habiendo cursado un estudio de grado, esté motivada para resolver problemas, tenga aptitudes matemáticas y sea buena comunicadora. La estructura académica del máster, con unas asignaturas de homogeneización en el primer semestre y la posibilidad de diseñar itinerarios específicos en función del ámbito de procedencia, aspira a potenciar la entrada de estudiantes de diversa formación. Pueden acceder:

- Grado en Estadística
- Grado en Matemáticas
- Grado en Biología, Física , Biotecnología
- Grado en Economía, Ciencias Actuariales
- Grado / Ingeniería Industrial y otras ingenierías
- Grado / Ingeniería Informática
- Grado en Psicología, Sociología
- Diplomados en Estadística, cursando un mínimo de 30 créditos de complementos formativos.

Criterios de admisión

Para la admisión en el máster de Estadística e Investigación Operativa UPC-UB, se valorará el currículum y la formación previa, de acuerdo con los intereses manifestados, para garantizar la consecución de los objetivos del Máster en un tiempo y con un esfuerzo razonables.

Los elementos que se tienen en cuenta para realizar la valoración son los siguientes:

- Ponderación del expediente académico
 - Hay que adjuntar al currículum, escaneado, un certificado académico oficial expedido por el centro de origen en el que figure la nota ponderada del expediente (NPE) con escala del 1 al 10.
 - Si en el momento de realizar la preinscripción, aún no se han finalizado los estudios, el certificado debe mencionar las asignaturas cursadas y aprobadas hasta la fecha.
 - Si no se adjunta la documentación justificativa, se considera que su NPE es 5.
- Formación acreditada.
 - Hay que especificar cuál es el título académico del que se dispone o se prevé disponer en el momento de matricularse.
 - Si ya se ha obtenido, hay que adjuntar al currículum, escaneado, el título o el resguardo de pago de las tasas de expedición.
 - El original del título o del resguardo tiene que presentarse en el momento de formalizar la matrícula.
- Aspectos del currículum relacionados con la estadística y la investigación operativa en los ámbitos profesionales, docente y científico.
- En particular, se tiene en cuenta la formación previa, la titulación de entrada y la experiencia profesional.
- Conocimientos de inglés
 - El conocimiento se acredita adjuntando al currículum, escaneado, el título o certificado de mayor nivel que se posea.
 - Sin esta acreditación, no se tiene en cuenta este ítem al hacer la valoración.
- La dedicación a los estudios y el hecho de que se compatibilicen o no con el trabajo.

Plazas de

44

Preinscripción

La preinscripción de este máster está actualmente **cerrada**. Utiliza el formulario 'Solicita información' para ponerte en contacto con el máster y que te informen **cuando se abre la preinscripción**.

[¿Cómo se formaliza la preinscripción?](#)

Matrícula

[¿Cómo se formaliza la matrícula?](#)

Legalización de documentos

Los documentos expedidos por estados no miembros de la Unión Europea ni firmantes del Acuerdo sobre el espacio económico europeo tienen que estar [legalizados por vía diplomática o con correspondiente apostilla](#).

Asignaturas	créditos ECTS	Tipo
PRIMER CUATRIMESTRE		
Modelos y Métodos de la Investigación Operativa	5	Obligatoria
Software Estadístico: R y SAS	5	Obligatoria
Análisis de Datos en Bioinformática	5	Optativa
Análisis de Datos Espaciales	5	Optativa
Análisis de Tiempo de Vida	5	Optativa
Análisis Econométrica	5	Optativa
Cuantificación de Riesgos	5	Optativa
Ensayos Clínicos	5	Optativa
Epidemiología Espacial	5	Optativa
Estadística para la Gestión Empresarial	5	Optativa
Fundamentos de Bioinformática	5	Optativa
Fundamentos de Inferencia Estadística	5	Optativa
Inferencia Estadística Avanzada	5	Optativa
Matemáticas	5	Optativa
Modelos Lineales y Lineales Generalizados	5	Optativa
Optimización Continua	5	Optativa
Optimización en Data Science	5	Optativa
Optimización en Sistemas y Mercados Energéticos	5	Optativa
Programación y Bases de Datos Estadísticas	5	Optativa
Simulación	5	Optativa
SEGUNDO CUATRIMESTRE		
Análisis Bayesiana	5	Optativa
Análisis de Datos Longitudinales	5	Optativa
Análisis de Datos Ómicos	5	Optativa
Análisis de la Supervivencia Avanzada	5	Optativa
Análisis Multivariante de Datos	5	Optativa
Aprendizaje Automático	7.5	Optativa
Aprendizaje Estadístico	5	Optativa
Aprendizaje Estadístico con Redes Neuronales Artificiales Profundas	5	Optativa
Epidemiología	5	Optativa
Epidemiología Genética	5	Optativa
Estadística Actuarial	5	Optativa
Estadística Financiera	5	Optativa
Finanzas Cuantitativas	5	Optativa
Indicadores Sociales	5	Optativa
Métodos Estadísticos en Epidemiología	5	Optativa

Asignaturas	créditos ECTS	Tipo
Métodos Estadísticos en Investigación Clínica	5	Optativa
Modelos Discretos en Redes	5	Optativa
Optimización de Gran Dimensión	5	Optativa
Probabilidad y Procesos Estocásticos	5	Optativa
Programación Estocástica	5	Optativa
Seminario Summer School 3	3	Optativa
Series Temporales	5	Optativa
Simulación para la Toma de Decisiones Empresariales	5	Optativa
Técnicas Cuantitativas de Marketing	5	Optativa
TERCER CUATRIMESTRE		
Trabajo de Fin de Máster	30	Proyecto
SALIDAS PROFESIONALES		

Salidas profesionales

Los titulados y tituladas de este máster serán expertos que podrán trabajar como profesionales en el campo de la salud, servicios, industria y empresas. Aplicarán la teoría y los métodos de la estadística y la investigación operativa, desde puntos de vista diversos como: bioestadística, ingeniería de datos, marketing y finanzas, estadística industrial, optimización en la ingeniería y la industria, y aplicaciones a la ingeniería del transporte.

Competencias

Competencias transversales

Las competencias transversales describen aquello que un titulado o titulada es capaz de saber o hacer al concluir su proceso de aprendizaje, con independencia de la titulación. **Las competencias transversales establecidas en la UPC** son la capacidad de espíritu empresarial e innovación, sostenibilidad y compromiso social, conocimiento de una tercera lengua (preferentemente el inglés), trabajo en equipo y uso solvente de los recursos de información.

Competencias básicas

- Poseer y comprender los conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y / o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones -y los conocimientos y razones últimas que las sustentan - a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Competencias generales

- Capacidad para realizar actividades dirigidas a la aplicabilidad de los conocimientos teóricos, metodológicos y de técnicas estadísticas y de la investigación operativa, trabajando en equipo y desarrollando las habilidades y destrezas de un profesional de este perfil de estudios.
- Capacidad para identificar los métodos estadísticos y de la investigación operativa más adecuados para el análisis de la información disponible en cada momento para responder a los problemas o dilemas planteados para una adecuada toma de decisiones.
- Tomar conciencia de la necesidad de asumir las normas de ética profesional y las relativas a la protección de datos y

del secreto estadístico.

Competencias específicas

- Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
- Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
- Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y / o la técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar este modelo a cada situación o problema concreto.
- Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
- Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
- Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
- Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
- Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.
- Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

SELLOS DE CALIDAD

Consulta los indicadores de calidad de la titulación en el portal Estudios Universitarios de Cataluña de la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña. Podrás conocer, entre otros, los resultados de la evaluación de los estudios, el grado de satisfacción de los estudiantes o los datos de inserción laboral de los titulados y tituladas.

[Más información](#)

ORGANIZACIÓN ACADÉMICA: NORMATIVAS, CALENDARIOS

Centro docente UPC

[Facultad de Matemáticas y Estadística \(FME\)](#)

Instituciones participantes

[Universitat Politècnica de Catalunya \(UPC\)](#) - universidad **coordinadora**

[Universitat de Barcelona \(UB\)](#)

Responsable académico del programa

[Mari Paz Linares Herreros \(UPC\)](#)

[Helena Chuliá \(UB\)](#)

Calendario académico

[Calendario académico de los estudios universitarios de la UPC](#)

Normativas académicas

[Normativa académica de los estudios de máster de la UPC](#)

WEB DEL MÁSTER

Septiembre 2025. [UPC](#). Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)	
Training objectives	Solid and interdisciplinary in the scientific method, targeted at areas of health research and development related to the experimental sciences.
Examples of career	• Biostatistics at institutions in the area of Health, public and private • Design and analysis of clinical and epidemiological studies in the pharmaceutical industry, public institutions and companies CRO • Statistical experts in interdisciplinary teams of research and development • Bioinformatics-statistical in biotech companies or similar, or in health area • Analysis of large volumes of data in proteomics and genomics experiments
Primarily aimed at graduates in	• Mathematics • Medicine • Pharmacy • Biology • Environmental Science • Biotechnology • Food Science and Technology • Other degrees in the field of science
Research groups involved	• GRBIO - Biostatistics and Bioinformatics Research Group (composed of researchers from the UPC and the UB) • Biostatistics Group from Department of Clinic Fundamentals at UB.

Business and Social Statistics (EMP)

Business and Social Statistics (EMP)	
Training objectives	Training of professionals in the treatment of statistical information, with good knowledge of software in the public administration, business, economics and finance fields.
Examples of career	• Exploiting large databases and information systems (clients, transactions ...) • Financial analysis, risk insurance, "business intelligence", banking, portfolio, pricing policies, etc. • Expert statistical longitudinal studies, sociological, etc. • Improving the quality and productivity in industry, service companies and the public function • Total quality management, implementation of 6σ process improvement
Primarily aimed at graduates in	• Industrial Engineering • Telecommunications Engineering • Chemical Engineering • Other engineering • Computers • Economics • Political Science and Public Administration • Administration and Management
Research groups involved	• ADBD - Analysis of Complex Data for Business Decisions • AQR - Regional Quantitative Analysis Group • IMP - Information Modelling and Processing • Riskcenter - Risk in Insurance and Finance Research Group

Operations Research (IO)

Operations Research (IO)	
Training objectives	Training of professionals in the fundamentals and optimization algorithms, and their resolution using existing software or developing new applications.
Examples of career	Experts on modeling and optimization: • Problems of resource management and investment planning • Problems of optimal management of energy markets • Technical and scientific issues Data engineering: • Protection, privacy and data exploitation; statistical disclosure control, privacy preserving data mining • Expert in Transport Engineering in strategic applications (transport network design) and operating (optimization of transport networks, distribution and storage of goods)
Primarily aimed at graduates in	• Industrial Engineering • Telecommunications Engineering • Engineering in general • Computers • Statistics • Mathematics • Economics • Management and Business Administration
Research groups involved	• GNOM - Group of Numerical Optimization and Modelling • IMP - Information Modelling and Processing

Data Science (DS)

Data Science (DS)	
Training objectives	The Data Science pathway is oriented to the contents of Statistics and Operations Research that are closer to machine learning and the analysis of large data sets, and it is proposed as a bridge to the branches of Computer Sciences closest to the data analysis and processing, and to what in recent years has been called Big Data (large data files) or Analytics (business management strongly based on the analysis of the organizations' data).
Examples of career	Experts on data analysis and management: • Statistical Learning • Machine Learning • Data Mining • Big Data • SQL and NoSQL
Primarily aimed at graduates in	• Computer Science • Statistics • Mathematics • Engineering in general • Management and Business Administration
Research groups involved	• ADBD - Analysis of Complex Data for Business Decisions • IMP - Information Modelling and Processing • GNOM - Group of Numerical Optimization and Modelling • GRBIO - Biostatistics and Bioinformatics Research Group (composed of researchers from the UPC and the UB) • Biostatistics Group from Department of Clinic Fundamentals at UB.

Índice

200611 - Análisis Bayesiana
200656 - Análisis de Datos en Bioinformática
200655 - Análisis de Datos Espaciales
200612 - Análisis de Datos Longitudinales
200629 - Análisis de la Supervivencia Avanzada
200609 - Análisis de Tiempo de Vida
200625 - Análisis Econométrica
200606 - Análisis Multivariante de Datos
200644 - Aprendizaje Estadístico
200649 - Aprendizaje Estadístico con Redes Neuronales Artificiales Profundas
200620 - Cuantificación de Riesgos
200627 - Ensayos Clínicos
200619 - Estadística Actuarial
200622 - Estadística para la Gestión Empresarial
200653 - Finanzas Cuantitativas
200605 - Fundamentos de Inferencia Estadística
200604 - Inferencia Estadística Avanzada
200607 - Matemáticas
200654 - Métodos Estadísticos en Epidemiología
200641 - Modelos Lineales y Lineales Generalizados
200643 - Modelos y Métodos de la Investigación Operativa
200616 - Optimización Continua
200618 - Optimización de Gran Dimensión
200642 - Optimización en Data Science
200638 - Optimización en Sistemas y Mercados Energéticos
200603 - Probabilidad y Procesos Estocásticos
200617 - Programación Estocástica
200645 - Programación y Bases de Datos Estadísticas
200610 - Series Temporales
200608 - Simulación
200623 - Simulación para la Toma de Decisiones Empresariales
200648 - Software Estadístico: R y SAS
200621 - Técnicas Cuantitativas de Marketing

Guía docente

200611 - AB - Análisis Bayesiana

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: XAVIER PUIG ORIOL

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Tener inquietudes para aprender a través de la información que nos dan los datos. Tener nociones básicas de probabilidad, de inferencia y de R.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
7. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
8. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.
9. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Pretendemos centrar los objetivos de aprendizaje en el estudiante, y adecuar la docencia a la consecución de los objetivos. Por eso queremos que las clases sean valiosas para aprender y que las tareas que hay que hacer estén bien pensadas y definidas. Hay dos tipos de clases: de teoría y de prácticas.

En las clases de teoría se exponen los conceptos teóricos y en general son clases expositivas, donde se intercala a menudo la realización de ejercicios o discusiones entre los estudiantes. En estas clases también se trabaja el aprendizaje a través de casos prácticos.

En las clases de prácticas se resuelven casos prácticos con la ayuda del software estadístico R, WinBUGS, JAGS y STAN.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo principal de esta asignatura es que el estudiante termine con un buen conocimiento y dominio de la modelización Bayesiana tanto en lo referente a conocimiento teórico como práctico. Este conocimiento debe permitir ante un objetivo o pregunta por un lado, intervenir en el diseño del(los) experimento(s) necesario(s) para obtener los datos objeto de estudio, y por otro, analizarlas satisfactoriamente y sacar conclusiones para conseguir el objetivo o responder la pregunta.

Y como objetivos específicos:

Conocer el papel de la distribución a priori, el papel de las prioris de referencia así de cómo pasar de la a priori a la a posteriori.

Resolver problemas de inferencia Bayesiana de forma analítica cuando se utilizan modelos de la familia exponencial y distribuciones a priori conjugadas.

Utilizar los métodos de Montecarlo, mediante software específico, que permiten simular de la distribución a posteriori y cómo hacer inferencia utilizando estas simulaciones.

Conocer la diferencia entre modelo Bayesiano jerárquico y no jerárquico.

Conocer cómo validar y comparar modelos Bayesianos, así como hacer predicciones.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1- Model Bayesiano

Descripción:

1. Model estadístico. 2. Los cuatro problemas de la estadística. 3. La verosimilitud. 4. Modelo bayesiano. 5. Distribución a posteriori. 6. Distribución predictiva a priori y a posteriori. 7. Elección de la distribución a priori.

Dedicación: 45h

Grupo grande/Teoría: 14h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Aprendizaje autónomo: 25h

2- Inferencia Bayesiana

Descripción:

(CAST) 1. Distribución a posteriori como estimador 2. Estimación puntual. 3. Estimación por intervalo 4. Predicción 5. Pruebas de hipótesis

Dedicación: 39h

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 25h

3- Computación Bayesiana

Descripción:

1. Necesidad de integrar. 2. Simulación de Montecarlo basada en cadenas de Markov (MCMC) 3. Convergencia de las cadenas

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 10h

4- Modelos Jerárquicos

Descripción:

1. Modelos Jerárquicos

Dedicación: 14h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

5. Validación y construcción de modelos

Descripción:

1. Validación y construcción de modelos

Dedicación: 14h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Final grade = $0.4 \cdot \text{Assignm} + 0.2 \cdot \text{Exam} + 0.4 \cdot \text{Proj}$

donde,

Assignm : nota de prácticas fruto de la resolución de ejercicios y problemas entregados tanto en las clases prácticas como teóricas

Proj: nota del trabajo de grupo

Exam: nota del examen que se hará en las últimas semanas de clase

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Gelman, Andrew. Bayesian data analysis. 3rd ed. London: Chapman & Hall, 2014. ISBN 9781439840955.
- Kruschke, J.K. Doing bayesian data analysis : a tutorial with R, JAGS and STAN. Academic Press, 2015. ISBN 9780124058880.
- Bolstad, W. Introduction to Bayesian statistics. 2nd. John Wiley, 2007. ISBN 9780470141151.

Complementaria:

- Leonard, Thomas; Hsu, John S. J. Bayesian methods. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. ISBN 0521594170.
- Bernardo, José Miguel; Smith, Adrian F. M. Bayesian theory. Chichester: Wiley, 1994. ISBN 0471924164.
- Carlin, Bradley P; Louis, Thomas A. Bayes and empirical bayes and methods for data analysis. London: Chapman and Hall, 1996. ISBN 0412056119.
- Gill, Jeff. Bayesian methods : a social and behavioral sciences approach. Boca Raton, Fla: Chapman & Hall/CRC, 2002. ISBN 1584882883.
- Kendall, Maurice G. Kendall's Advanced Theory of Statistics : Bayesian inference. 6th ed. London: Edward Arnold, 1994. ISBN 0340529229.
- Berger, James O. Statistical decision theory and Bayesian analysis. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1985. ISBN 0387960988.
- Congdon, Peter. Bayesian statistical modelling. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. ISBN 0471496006.
- Congdon, Peter. Applied bayesian modelling. West Sussex: John Wiley & Sons, 2003. ISBN 0471486957.
- Congdon, Peter. Bayesian models for categorical data. Chichester: John Wiley, 2005. ISBN 0470092378.
- Robert, Christian P.; Casella, George. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. New York: Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Tanner, Martin Abba. Tools for statistical inference : methods for the exploration of posterior distributions and likelihood functions. 3rd ed. New York: Springer-Verlag, 1996. ISBN 0387946888.
- Gilks, W. R. Markov chain Monte Carlo in practice. London: Chapman & Hall, 1996. ISBN 0412055511.
- Wasserman, Larry. All of statistics : a concise course in statistical inference. New York: Springer Verlag, 2010. ISBN 9781441923226.
- Robert, Christian P. The Bayesian choice : from decision-theoretic foundations to computational implementation. 2nd ed. New York: Springer, 2001. ISBN 0387952314.
- Carlin, Bradley P.; Louis, Thomas A. Bayesian methods for data analysis. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 9781584886976.
- Hoff, Peter D. A First course in bayesian statistical methods [en línea]. New York: Springer, 2009 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=450680>. ISBN 9780387922997.
- Jackman, Simon. Bayesian analysis for the social sciences. Chichester: John Wiley and Sons, 2009. ISBN 9780470011546.
- McElreath, R. Statistical rethinking : a Bayesian course with examples in R and Stan. Chapman Hall, 2016. ISBN 9781482253443.
- Ntzoufras, I. Bayesian modeling using WinBUGS. Wiley. 2009. ISBN 9780470141144.
- Gelman, Andrew; Carpenter, Bob; Lee, Daniel. Stan modeling language: user's guide and reference manual. Version 2.17.0 [en línea]. Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY-ND 4.0), 2017 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a : <https://github.com/stan-dev/stan/releases/download/v2.17.0/stan-reference-2.17.0.pdf>.

Guía docente

200656 - ADB - Análisis de Datos en Bioinformática

Última modificación: 23/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística

Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: Guillem Clot Razquin

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

La asignatura presupone conocimientos básicos de Estadística y de regresión lineal, así como conocimientos de programación y del lenguaje R. También es importante una buena predisposición hacia la Biología (en particular la Biología Molecular).

REQUISITOS

- Conocimientos de R.
- Conocimientos de inferencia estadística, modelos lineales y análisis multivariante.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El enfoque de la asignatura es teórico-práctico. Los conceptos biológicos, las técnicas estadísticas y las herramientas computacionales se introducirán en el aula. El alumno profundizará en los mismos mediante su trabajo personal en actividades guiadas, ejercicios propuestos, y/o lectura de documentos y artículos científicos. La participación del alumno se llevará a cabo a través de la intervención activa en las discusiones planteadas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Familiarizarse con los componentes básicos de los organismos y de los elementos fundamentales de la Biología Molecular.
- Saber obtener información de bases de datos en el ámbito de la Bioinformática.
- Comprender y diferenciar los distintos tipos de problemas relacionados con el alineamiento de secuencias: por parejas, múltiples y búsquedas en bases de datos.
- Saber crear informes dinámicos con Rmarkdown y mejorar las habilidades de programación en R.
- Conocer los principales métodos estadísticos y bioinformáticos utilizados para analizar datos transcriptómicos.
- Ser capaz de llevar a cabo un análisis de expresión diferencial a partir de datos de RNA-seq e interpretar sus resultados.
- Conocer las técnicas estadísticas para investigar la asociación entre genotipos y enfermedades/fenotipos.
- Ser capaz de analizar datos provenientes de un estudio de asociación del genoma completo (GWAS, por sus siglas en inglés)

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Introducción a la Biología Molecular y a la Bioinformática

Descripción:

Introducción a la Bioinformática y los conceptos biológicos esenciales para entender los datos generados en este campo. Bases de datos biológicos. Elaboración de informes con Rmarkdown.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 3h

2. Análisis de secuencias

Descripción:

- 2.1. Introducción al alineamiento de secuencias.
- 2.2. Alineamientos por parejas. BLAST y FASTA.
- 2.3. Alineamientos múltiples.
- 2.4. Expresiones regulares y bases de datos secundarias.

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 6h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 6h 30m

3. Análisis de datos de transcriptómica

Descripción:

- 3.1. RNA-seq: QC, preprocesado y normalización.
- 3.2. Análisis de expresión diferencial (DGE) y de splicing alternativo.
- 3.3. Análisis de significación biológica.
- 3.4. Single-cell RNA-seq.

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 6h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 6h 30m

4. Estudio de asociación del genoma completo (GWAS)

Descripción:

- 4.1. Análisis de asociación genotipo-fenotipo
- 4.2. Análisis de asociación con haplotipos o múltiples marcadores
- 4.3. Control de calidad de datos GWAS
- 4.4. Análisis de asociación en GWAS
- 4.5. Puntuaciones de riesgo poligénico

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 6h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 6h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

- Resolución de ejercicios prácticos propuestos durante el curso: 75%
- Prueba de síntesis: 25%

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Cristianini, N; Hahn, M. W. Introduction to computational genomics : a case studies approach. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. ISBN 9780521856034.
- Akalin, A. Computational genomics with R [en línea]. New York: Chapman and Hall/CRC, 2020 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://compgenomr.github.io/book/assessing-the-performance-of-our-model.html>. ISBN 1498781853.
- Korpelainen, E.; Tuimala, J.; Somervuo, P.; Huss, M.; Wong, G. RNA-seq data analysis: a practical approach. New York: Chapman and Hall/CRC, 2014. ISBN 1466595000.
- González, I. Statistical analysis of RNA-Seq data [en línea]. 2014 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://www.nathalievielaneix.eu/doc/pdf/tutorial-rnaseq.pdf>.
- Conesa, A.; Madrigal, P.; Tarazona, S.; Gomez-Cabrero, D.; Cervera, A.; McPherson, A.; Szczesniak, M.W.; Gaffney, D.J.; Elo, L.; Zhang, X.; Mortazavi, A. "A survey of best practices for RNA-seq data analysis". Genome Biology [en línea]. [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-016-0881-8>.
- Amezquita, R; Lun, A; Hicks, S; Gottardo, R; O'Callaghan, A. Orchestrating single-cell analysis with bioconductor [en línea]. 2020 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://bioconductor.org/books/release/OSCA/>.
- Laird, N.M; Nan, M. The Fundamentals of modern statistical genetics [en línea]. New York: Springer, 2011 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-7338-2>. ISBN 1441973389.
- Foulkes, A.S. Applied statistical genetics with R : for population-based association studies [en línea]. New York: Springer Verlag, cop. 2009 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://research-ebSCO-com.recursos.biblioteca.upc.edu/c/ik5pvi/search/details/c6vqwn43tb?db=nlebk>. ISBN 9780387895536.
- González, J.R.; Cáceres, A. Omic association studies with R and Bioconductor. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2019. ISBN 9781138340565.
- Xie, Y; Allaire, J.J; Golemund, G. R Markdown: the definitive guide. New York: Chapman and Hall/CRC, 2018. ISBN 9781138359338.

RECURSOS

Otros recursos:

Bioconductor workflows: https://www.bioconductor.org/packages/release/BiocViews.html#___Workflow

Guía docente

200655 - ADE - Análisis de Datos Espaciales

Última modificación: 23/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística

Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: ROSA M^a ABELLANA SANGRÀ

Otros:

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

4. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
5. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
6. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
7. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
8. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
9. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.
10. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Se realizarán sesiones donde se explicarán los principales conceptos de cada tema, los cuáles se ilustrarán con ejemplos de datos reales. Adicionalmente el alumno dispondrá de material con el que podrá complementar los conceptos tratados en las clases teóricas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Cuando el alumno acabe el curso será capaz de:

- Identificar el tipo de estructura espacial de un conjunto de datos.
- Utilizar las herramientas exploratorias de análisis de la dependencia espacial.
- Interpolar datos geoestadísticos.
- Ajustar modelos para datos en retículas con correlación espacial.
- Identificar el patrón de estructura espacial de unos datos puntuales.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. GEOESTADISTICA

Descripción:

- 1.1. Introducción. Algunos ejemplos.
- 1.2. Descripción de datos geoestadísticos.
- 1.3. Variogramas: Modelización y estimación.
- 1.4. Predicción espacial y Kriging.

Dedicación: 41h 40m

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo mediano/Prácticas: 5h

Aprendizaje autónomo: 26h 40m

2. DATOS EN RETÍCULAS

Descripción:

- 2.1. Introducción. Ejemplos.
- 2.2. Análisis exploratorio de datos: Definiciones de la matriz vecindad, Medidas de asociación espacial
- 2.3. Modelos auto regresivos y de heterogeneidad espacial
- 2.4. Estimación bayesiana Algoritmo Gibbs Sampling. Diagnóstico de convergencia

Dedicación: 41h 40m

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo mediano/Prácticas: 5h

Aprendizaje autónomo: 26h 40m

3. PROCESOS PUNTUALES ESPACIALES

Descripción:

- 3.1. Introducción. Algunos ejemplos.
- 3.2. Teoría básica para procesos puntuales
- 3.3. Análisis Exploratorio de Datos (EDA) para procesos puntuales
- 3.4. Modelos de procesos puntuales

Dedicación: 41h 40m

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo mediano/Prácticas: 5h

Aprendizaje autónomo: 26h 40m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Evaluación continuada

La evaluación de la asignatura se hace mediante varias actividades:

- Ejercicios (70% de la nota final): En cada uno de los bloques que componen la asignatura los alumnos tienen que resolver unos ejercicios, los cuales tienen que ser librados en un determinado plazo que se anunciará durante el curso. Los ejercicios son puntuados entre 0 y 10, y la media de estas calificaciones es la nota de ejercicios.
- Prueba de conocimientos (30% de la nota final). La prueba es tipo test de elección múltiple sobre conceptos teóricos y prácticos de todo el temario de la asignatura. El examen consiste en 15 preguntas, y se penaliza las respuestas incorrectas. La prueba recibe una puntuación entre 0 y 10.

La nota final de la asignatura se calcula como la media ponderada entre la calificación de los ejercicios (70%) y la calificación de la prueba de conocimientos (30%)

Para aprobar la asignatura la nota final tiene que ser superior a 5.

Evaluación única

Aquellos alumnos que quieran realizar la evaluación única lo tienen que comunicar al coordinador de la asignatura durante los primeros 15 días lectivos de la asignatura.

La evaluación única consiste en una prueba de conocimientos que engloba todo el temario de la asignatura. La prueba recibe una puntuación entre 0 y 10 y se corresponde con la calificación final de la asignatura.

Para aprobar la asignatura la nota final tiene que ser superior a 5.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Banerjee, Sudipto; Carlin, Bradley P.; Gelfand, Alan E. Hierarchical modelling and analysis for spatial data. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2004. ISBN 158488410X.
- Bivand, Roger; Pebesma, Edzer J.; Gómez-Rubio, Virgilio. Applied spatial data analysis with R [en línea]. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 07/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-7618-4>. ISBN 9780387781709.
- Cressie, Noel A. C. Statistics for spatial data. Rev. ed. New York: John Wiley and Sons, cop. 1993. ISBN 0471002550.
- Gelfand, Alan. Handbook of spatial statistics. Boca Raton: CRC Press, cop. 2010. ISBN 9781420072877.
- Baddeley, Adrian; Rubak, Ege; Turner, Rolf. Spatial point patterns : methodology and applications with R. CRC Press, 2016. ISBN 9781482210200.
- Diggle, Peter. Statistical analysis of spatial point patterns. 2nd ed. Hodder Arnold, 2003. ISBN 0340740701.
- Elliott, P. [et al.]. Spatial epidemiology : methods and applications. Oxford University Press, 2000. ISBN 0192629417.

RECURSOS

Material informàtico:

- R. R is a free software environment for statistical computing and graphics.

<http://www.r-project.org/>- WinBUGS. WinBUGS is part of the BUGS project, which aims to make practical MCMC methods available to applied statisticians.

<http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs/winbugs/contents.shtml>

Guía docente

200612 - ADL - Análisis de Datos Longitudinales

Última modificación: 16/06/2025

Unidad responsable:	Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte:	715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa. 749 - MAT - Departamento de Matemáticas.
Titulación:	MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).
Curso: 2025	Créditos ECTS: 5.0 Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JOSE ANTONIO SÁNCHEZ ESPIGARES

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Las capacidades previas deseables son las propias de la formación en estadística matemática y probabilidad que se imparten en los estudios de grado. Dos referencias que pueden ayudar a preparar la asignatura en la fase preliminar son:

Gómez, G. (2002) Estadística Matemàtica 1 (Teoria). Apunt de la FME. Universitat Politècnica de Catalunya.

Gómez, G, Nonell, R y Delicado, P. (2002) Estadística matemàtica 1. (Problemes). Apunts de la FME. Universitat Politècnica de Catalunya

La asignatura presupone que el estudiante conoce el modelo lineal y el modelo lineal generalizado. Estos conocimientos se pueden adquirir o consolidar por avanzado en la asignatura de Modelos Lineales que se imparte en el primer cuatrimestre.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
7. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
8. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.
9. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

2. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El contenido, el método de aprendizaje y la evaluación de esta asignatura se han diseñado teniendo en cuenta criterios de sostenibilidad (en particular los medioambientales), compromiso social (de protección o cuidado a terceros, de seguridad o bienestar) y perspectiva de género (tratamiento de casos y de ejemplos).

El curso es de carácter práctico y con orientación PBL (Project/Problems Based Learning).

Concretamente:

- a) Exponer las necesidades metodológicas a partir de análisis de datos reales,
- b) Desarrollar el model teórico (el punto de interés se centrará en la modelización e interpretación de resultados y, secundariamente, en la demostración de los resultados teóricos).
- c) Volver a los datos para llevar a cabo el análisis e interpretación de resultados.

Las prácticas de laboratorio serán en R.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Los datos longitudinales al combinar información de la variabilidad entre individuos y de la evolución y variación intra individuos representan, por su frecuencia y relevancia, un reto tanto para el estadístico profesional como para el desarrollo teórico.

El objetivo del curso es, por una parte, desarrollar el marco teórico propio y, por otra, poner en práctica los conocimientos adquiridos haciendo uso del software estadístico R.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Modelo lineal mixto (LMM).

Descripción:

Modelo lineal mixto (LMM).

Dedicación: 36h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo mediano/Prácticas: 6h

Aprendizaje autónomo: 24h

Modelo lineal mixto generalizado (GLMM).

Descripción:

Modelo lineal mixto generalizado (GLMM).

Dedicación: 16h 40m

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h 40m

Model No-Lineal Mixto (NLMM)

Descripción:

Model No-Lineal Mixto (NLMM)

Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 16h

Modelos Jerarquicos Bayesianos

Descripción:

Modelos Jerarquicos Bayesianos

Dedicación: 33h 20m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo mediano/Prácticas: 6h

Aprendizaje autónomo: 21h 20m

Extensiones: Análisis de datos faltantes y Modelización conjunta (Joint Modeling).

Descripción:

Extensiones: Análisis de datos faltantes y Modelización conjunta (Joint Modeling).

Dedicación: 14h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 3h

Aprendizaje autónomo: 8h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

- 20%: Ejercicios prácticos realizados durante el curso. Trabajo en grupo de 2-3 estudiantes.
- 20%: Proyecto de un caso real. Trabajo en grupo de 2-3 estudiantes.
- 15%: Examen Teoría (preguntas desarrollo)
- 45%: Examen Pràctico (análisis de datos)

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Little, Roderick J.A.; Rubin, D.B. Statistical analysis with missing data [en línea]. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2019 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781119013563>. ISBN 0471183865.
- McCulloch, C.E.; Searle, S.R. Generalized, linear and mixed models. New York: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 047119364X.
- Molenberghs, G.; Verbeke, G. Models for discrete longitudinal data [en línea]. Springer, 2005 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-28980-1>. ISBN 0387251448.
- Verbeke, G.; Molenberghs, G. Linear mixed models for longitudinal data [en línea]. Springer-Verlag, 2000 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98969>. ISBN 0387950273.

Complementaria:

- Crowder, M.J.; Hand, D.J. Analysis of repeated measures. Chapman and Hall, 1990. ISBN 041231830X.
- Diggle, P.; Liang, K-Y.; Zeger, S.L. Analysis of longitudinal data. 2nd ed. Oxford University Press, 2002. ISBN 0198524846.
- Lindsey, James K. Models for repeated measurements. 2nd ed. Clarendon Press, 1999. ISBN 0198505590.
- McCullagh, P.; Nelder, J.A. Generalized linear models. 2nd ed. Chapman & Hall, 1989. ISBN 0412317605.
- Pinheiro, J.C.; Bates, D.M. Mixed effects models in S and S-Plus [en línea]. Springer-Verlag, 2000 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98882>. ISBN 0387989579.
- Schafer, J. Analysis of incomplete multivariate data. Chapman & Hall, 1997. ISBN 0412040611.
- Verbeke, G.; Molenberghs, G. Linear mixed models in practice a SAS-oriented approach. Springer-Verlag, 1997. ISBN 0387982221.
- Faraway, Julian James. Extending the linear model with R : generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. Boca Raton (Mass.): Chapman & Hall/CRC, 2006. ISBN 9781584884248.
- Galecki, Andrzej; Burzykowski, Tomasz. Linear mixed-effects models using R : a step-by-step approach [en línea]. New York: Springer, 2013 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-3900-4>. ISBN 9781461438991.
- Rizopoulos, Dimitris. Joint models for longitudinal and time-to-event data : with applications in R [en línea]. Boca Raton, FL [etc.]: Chapman and Hall/CRC, cop. 2012 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/b12208/joint-models-longitudinal-time-event-data-dimitris-rizopoulos>. ISBN 9781439872864.
- Verbeke, Geert; Fieuws, Steffen; Molenberghs, Geert; Davidian, Marie. "The analysis of multivariate longitudinal data: A review". National Institute of Health-Public Access [en línea]. [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/224811683_The_analysis_of_multivariate_longitudinal_data_A_review.

Guía docente

200629 - ASA - Análisis de la Supervivencia Avanzada

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística

Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Los estudiantes deben conocer los conceptos básicos del análisis de supervivencia. Estos conceptos incluyen: datos censurados, verosimilitud en presencia de censura, distribuciones paramétricas continuas distintas de la normal, estimador Kaplan-Meier de la función de supervivencia, prueba log-rank, modelo de vida acelerada, modelo de riesgos proporcionales de Cox y diagnósticos en el modelo de regresión de Cox. El estudiante puede encontrar estos conceptos en los capítulos 2-4, 7-8, 11-12 del libro "Survival analysis: techniques for Censored and truncated data" de Klein y Moeschberger. Estos conceptos se pueden haber adquirido de forma autodidáctica, en el curso de análisis de tiempos de vida del primer cuatrimestre o en otra titulación de grado o postgrado.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

1. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
2. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
3. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
4. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
7. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.

Transversales:

8. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

9. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Las horas de aprendizaje dirigido se organizan en sesiones de dos tipos:

a) Clases Teóricas en las que el profesorado presenta y discute los objetivos de aprendizaje generales y los conceptos básicos de cada bloque de contenidos. Estos conceptos se ilustran con situaciones reales. El material de soporte que se utilizará será publicado anticipadamente en Atenea (plan docente, contenidos, transparencias del curso, ejemplos, programación de actividades de evaluación, bibliografía,...)

Los estudiantes harán una presentación de un tema relacionado con el material del bloque 2.

b) Clases de Laboratorio para la realización de prácticas en R. Estas sesiones tratan el apartado práctico y de análisis de datos de la asignatura. Los estudiantes disponen del software R para continuar las sesiones de laboratorio en sus horas de trabajo autónomo.

Las horas de aprendizaje autónomo el estudiante deberá dedicarlas al estudio de los temas del curso, a la ampliación bibliográfica, resolución de problemas propuestos, seguimiento de las prácticas de laboratorio, lectura de artículos de investigación ...

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

La asignatura de Análisis de la Supervivencia Avanzada prepara al estudiante para abordar situaciones en las que los datos presentan patrones de censura complejos, en donde los covariantes varían en el tiempo, así como presenta el análisis multivariado de dos o más tiempos hasta un suceso y los modelos de riesgos competitivos y multiestado.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

B1: Extensiones del modelo de Cox

Descripción:

B1. Validando la hipótesis de proporcionalidad. El modelo de Cox estratificado. El modelo de Cox para datos cambiantes en el tiempo. Modelos frailty.

Dedicación: 30h 30m

Grupo grande/Teoría: 7h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 20h

B2: Análisis multivariado de la supervivencia

Descripción:

B2. Modelos paramétricos multivariados. Cópulas. Datos secuenciales y en paralelo.

Dedicación: 41h 40m

Grupo grande/Teoría: 12h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 26h 40m

B3. Análisis de Riesgos Competitivos y Modelos multiestado

Descripción:

Función de incidencia acumulada, funciones de riesgo de causa específica, intensidades y probabilidades de transición, ecuaciones de Chapman-Kolmogorov, predicción.

Dedicación: 27h 10m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 18h 10m

B4: Censura en un intervalo

Descripción:

B3. Censura en un intervalo

Tipos de censura en un intervalo. Estimación no paramétrica de la función de supervivencia. Algoritmo de autoconsistencia.

Comparación de curvas de supervivencia. Modelos de regresión. Censura en un intervalo en las covariantes.

Modelos conjuntos para datos longitudinales y tiempos de supervivencia. Diagnóstico y predicción en modelos conjuntos.

Dedicación: 25h 40m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 16h 40m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Los bloques B1, B2, B3 y B4a se evaluarán de forma independiente en las fechas previstas en el documento de planificación, resultando en calificaciones N1, N2, N3 y N4.

La nota final del curso, NF, será la media de estas puntuaciones, es decir, $NF = (N1 + N2 + N3 + N4) / 4$.

Las calificaciones de los bloques 1, 3 y 4 se basarán en un examen con una parte teórica y una práctica.

La evaluación del bloque 2 se basará en una presentación oral de un tema relacionado con el material del bloque 2.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Se informará en Atenea al inicio de curso de las fechas de las pruebas puntuables.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Crowder, Martin J. Multivariate survival analysis and competing risks. Chapman & Hall book, cop. 2012. ISBN 9781138199606.
- Hougaard, Philip. Analysis of multivariate survival data. New York: Springer, cop. 2000. ISBN 0387988734.
- Kleinbaum, David G.; Klein, Mitchel. Survival Analysis. A self-learning text. 3d. New York: Springer, cop. 2012. ISBN 9781441966452.
- Sun, Jianguo. The Statistical analysis of interval-censored failure time data [en línea]. Springer, cop. 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-37119-2>. ISBN 9780387329055.
- Cook, Richard J.; Lawless, Jerald F. Multistate models for the analysis of life history data. Taylor & Francis Group, 2020. ISBN 9780367571726.

Complementaria:

- Nelsen, Roger B. An Introduction to copulas [en línea]. 2nd. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-28678-0>. ISBN 9780387286785.
- Gómez, G.; Calle, M.L.; Oller, R.; Langohr, K.. "Tutorial on methods for interval-censored data and their implementation in R". Tutorial on methods for interval-censored data and their implementation in R [en línea]. 2009; 9(4): 259-297 [Consulta: 04/07/2023].



07/07/2023].

Disponible

a :

<https://www.proquest.com/docview/203142212?parentSessionId=stlkK%2BTCikeBUj8MX8dhoIBLT66sinjUmm3t9AMfzhQ%3D&pq-origsite=primo&accountid=15300>. - Lawless, Jerald F. Statistical models and methods for lifetime data. 2n ed. Wiley, cop. 2003. ISBN 0471372153.

- Li, Jialiang; Ma, Shuangge. Survival analysis in medicine and genetics [en línea]. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC biostatistics series, cop. 2013 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a :

<https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1683205>. ISBN 9781439893111.

- O'Quigley, John. Proportional hazards regression [en línea]. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a :
<http://link.springer.com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007%2F978-0-387-68639-4>. ISBN 9780387251486.

- Hout, Ardo Van den. Multi-state survival models for interval-censored data [en línea]. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2017 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a :

<https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4748347>. ISBN 9781466568402.

Guía docente

200609 - ATV - Análisis de Tiempo de Vida

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Para poder seguir correctamente la asignatura el estudiante ha de estar familiarizado con los siguientes conceptos: teoría de la estimación e intervalos de confianza, función de verosimilitud, método de la máxima verosimilitud, modelos de regresión, metodología de pruebas de hipótesis. El/La estudiante tendrá que usar el software R para las prácticas de la asignatura. Los contenidos de los capítulos 1 a 3 del libro "Principles of Statistical Inference" de Cox, Cambridge University Press (2006) se deberían tener adquiridos antes de empezar el curso.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

Transversales:

2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Teoría:

Son sesiones de hora y media donde se presenta el material de la asignatura. El/La profesor/a presenta los contenidos con ayuda del ordenador y de la pizarra. Se enfatizan las ideas y la intuición. Se discuten los temas apoyándose en situaciones reales de ensayos clínicos, estudios epidemiológicos, datos de deportes y otros estudios observacionales donde la variable tiempo hasta un evento sea de interés.

Problemas:

Están incorporados a las sesiones de prácticas.

Prácticas:

Son sesiones de hora y media que se hacen en el aula de informática y en las que se integra la resolución de problemas de tipo teórico con la realización de ejercicios con la ayuda del ordenador.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El análisis de la supervivencia se utiliza en muchos campos para analizar datos que representan la duración entre dos sucesos. También se conoce como análisis de la historia de los sucesos (event history analysis en demografía), análisis del tiempo de vida (lifetime data analysis), análisis de fiabilidad (reliability analysis) y análisis del tiempo hasta el suceso (time-to-event analysis). Una característica clave que distingue el análisis de la supervivencia de las otras áreas de la estadística es que los datos de supervivencia están generalmente censurados y algunas veces truncados. La censura aparece cuando la información de que se dispone es incompleta para algunos individuos y esto puede suceder por distintos motivos que se discuten durante el curso.

El curso de Análisis de Tiempos de Vida engloba una serie de procedimientos y técnicas para analizar datos censurados y/o truncados y cuando la hipótesis de normalidad no es adecuada. Esta asignatura, se enfoca desde el punto de vista de las aplicaciones en medicina, en salud pública, en epidemiología, en deportes, y tiene aplicación directa a otras disciplinas como por ejemplo en los estudios económicos, en las ciencias actuariales, en la ingeniería y en los estudios demográficos.

El objetivo del curso, es por un lado, desarrollar el marco teórico propio del análisis de la supervivencia y por otro, poner en práctica los conocimientos adquiridos a través del uso del paquete estadístico R.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Conceptos básicos y modelos paramétricos

Descripción:

Función de riesgo y Función de Supervivencia.

Vida media y mediana.

Principales modelos paramétricos.

Dedicación: 12h 50m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 8h 20m

Tipos de censura y truncamiento

Descripción:

Diferentes tipos de censura por la derecha.
Censura por la izquierda y en un intervalo.
Construcción de la función de verosimilitud.
Truncamiento por la izquierda

Dedicación: 11h 10m

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 6h 40m

Inferencia no paramétrica para una muestra.

Descripción:

Estimador de Kaplan-Meier para la función de supervivencia.
Estimador de Nelson-Aalen para la función de riesgo acumulada.
Propiedades del estimador de Kaplan-Meier (máxima verosimilitud, consistencia).
Propiedades asintóticas.
Estimación y bandas de confianza para la mediana y la media en presencia de datos censurados.

Dedicación: 30h 30m

Grupo grande/Teoría: 7h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 20h

Comparación de dos o más poblaciones.

Descripción:

Pruebas para comparar dos o más poblaciones.
La prueba (ponderada) del log-rank.
La familia de pruebas de Fleming-Harrington.
Pruebas estratificadas

Dedicación: 19h 10m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 11h 40m

Regresión paramétrica

Descripción:

El modelo de vida acelerada.
Modelos Log-lineal, de riesgos proporcionales y de odds proporcionales.
El modelo de regresión de Weibull.
El modelo log-logístico.
El modelo de regresión odds-rate

Dedicación: 20h 50m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 13h 20m

Regresión semiparamétrica: El Modelo de Cox

Descripción:

Modelo de riesgos proporcionales.
Función de verosimilitud parcial.
Inferencia en el modelo de Cox
Residuos en un modelo de Cox
Validación y diagnóstico del modelo de Cox.

Dedicación: 30h 30m

Grupo grande/Teoría: 7h 30m
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 20h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación se realizará a partir de los siguientes elementos:

- * Entrega de problemas a lo largo del cuatrimestre (3 colecciones) (25%)
- * Práctica con datos reales (25%)
- * Examen final (50%)

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Se informará en Atenea al inicio de curso de las fechas de las pruebas puntuables

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Klein, John P.; Moeschberger, Melvin L. Survival analysis : techniques for censored and truncated data [en línea]. 2nd ed. Springer, 2003 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97377>. ISBN 978038795399.
- Collett, D. Modelling survival data in medical research. 2nd ed. Chapman & Hall, 2003. ISBN 1584883251.
- Kleinbaum, David; Klein, Mitchel. Survival analysis : a self-learning text. 3rd ed. Springer, 2012. ISBN 9781441966.
- Lee, E.T.; Wang, J.W. Statistical methods for survival data analysis [en línea]. 4th. Wiley, 2003 [Consulta: 27/05/2024]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471458546>. ISBN 9781118095027.
- Smith, Peter J. Analysis of failure and survival data. Chapman and Hall, 2002. ISBN 1584880759.

Complementaria:

- Anderson, Stewart. Biostatistics : a computing approach. Boca Raton: CRC Press, cop. 2012. ISBN 9781584888345.
- Cox, D. R.; Oakes, D. Analysis of survival data. Chapman and Hall, 1984. ISBN 041224490X.
- Kalbfleisch, John D.; Prentice, R.L. The Statistical analysis of failure time data. 2nd ed. Wiley-Interscience, 2002. ISBN 047136357X.
- Klein, John P. Handbook of survival analysis [en línea]. Boca Raton: Taylor and Francis, cop. 2014 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1563126>. ISBN 9781466555662.
- Lawless, Jerald F. Statistical models and methods for lifetime data. 2nd ed. 2003. ISBN 978-0471372158.
- O'Quigley, John. Proportional hazards regression [en línea]. New York, NY: Springer New York, 2008 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-68639-4>. ISBN 9780387686394.

Guía docente

200625 - AE - Análisis Econométrica

Última modificación: 23/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: HELENA CHULIÁ

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

En el curso se suponen unos conocimientos de estadística similares a los que se pueden asumir como previos para el acceso al master. Los estudiantes deben estar familiarizados con los conceptos de contraste de hipótesis y significación estadística en el marco de un modelo lineal. Los conceptos necesarios para seguir el curso se pueden encontrar, por ejemplo en el manual "Practical Regression and Anova using R" disponible en la web del proyecto R (<http://cran.r-project.org/doc/contrib/Faraway-PRA.pdf>).

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

5. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
6. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
7. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

Transversales:

3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

La actividad docente propia de la asignatura se basa en la utilización de los recursos docentes que se detallan a continuación:

- Clases magistrales (agente principal: profesor)
- Clases prácticas (agentes principales: estudiantes y profesores)
- Trabajo autónomo de los estudiantes (agentes principales: estudiantes).

En las sesiones magistrales se presentarán a los estudiantes los contenidos de tipo teórico de la lección, completados con ejercicios prácticos.

En las sesiones de prácticas informáticas se pretende que los estudiantes utilicen los conceptos teóricos vistos en clases previas. Para poder realizar esta tarea los estudiantes seguirán unas prácticas guiadas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Se espera que una vez completada la asignatura, los estudiantes sean capaces de dominar los métodos y técnicas econométricas básicas, así como el vocabulario y los conceptos propios de la econometría. Además de identificar los problemas susceptibles de ser tratados con las herramientas econométricas, plantearlos de forma adecuada e incorporar los resultados del análisis econométrico al proceso de toma de decisiones.

Todo ello conduce a que en el plan de trabajo de la asignatura se combinen los aspectos teóricos fundamentales de la Econometría con aquellos otros más aplicados. En este sentido, uno de los objetivos a considerar a la hora de impartir el programa de la asignatura es encontrar el punto de equilibrio entre formalismo en el desarrollo de los contenidos y su aplicabilidad a partir de software libre conocido por los estudiantes como R.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

MODELOS ECONÓMÉTRICOS

Descripción:

- 1.1. Supuestos
- 1.2. MCO
- 1.3. Inferencia
- 1.4. Máxima verosimilitud
- 1.5. GMM (Método generalizado de los momentos)

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

MODELOS ECONÓMÉTRICOS PARA DATOS DE PANEL

Descripción:

- 3.1. Modelos estáticos: efectos fijos (EF)
- 3.2. Modelos estáticos: efectos aleatorios (EA)
- 3.3. Modelos dinámicos

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

MODELOS ECONÓMICOS PARA VARIABLE DEPENDIENTE LIMITADA

Descripción:

- 4.1. Modelo de elección binaria.
- 4.2. Modelos logit y probit.
- 4.3. Modelos multinomiales.
- 4.4. Modelos de conteo.

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

ANÁLISIS DE DURACIÓN

Descripción:

- 5.1. La función de riesgo
- 5.2. Funciones de riesgo condicionales
- 5.3. Funciones de verosimilitud
- 5.4. Heterogeneidad no observada
- 5.5. Modelos de duración discreta con salidas múltiples

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

EFFECTOS DE TRATAMIENTO

Descripción:

- 6.1. Marco de los resultados potenciales
- 6.2. Experimentos
- 6.3. Métodos observacionales

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

El modelo de evolución de evaluación de la asignatura será el de la evaluación continua. Teniendo en cuenta el carácter empírico de la asignatura, dicha evaluación se basará en dos tipos de actividades:

A. La realización de actividades prácticas. A lo largo del semestre se propondrá la realización de un conjunto de actividades que se anunciarán al principio de curso (50%).

B. Una prueba final (50%)

BIBLIOGRAFÍA

Complementaria:

- Greene, William H. Análisis econométrico. 3a ed. Prentice-Hall, 2000. ISBN 8483220075.
- Maddala, G. S. Introduction to econometrics. 4a ed. Wiley, 2009. ISBN 9780470015124.
- Novales Cinca, Alfonso. Econometría. 2ª ed. Madrid: Mc Graw-Hill, 1993. ISBN 8448101286.
- Wooldridge, Jeffrey M. Introducción a la econometría : un enfoque moderno. 2ª ed. Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo, 2005. ISBN 8497322681.

RECURSOS

Otros recursos:

Para esta asignatura se recomienda consultar la información disponible a través del campus virtual o página web de la asignatura así como el siguiente material:

- * Guiones y transparencias utilizados en clase
- * Ejercicios propuestos en la sesiones de clase
- * Material de las sesiones prácticas, que incluye: descripción detallada de la práctica de manera que cada estudiante pueda realizarla, de forma autónoma, y los datos correspondientes a la práctica.
- * Prácticas propuestas: para cada una de las prácticas (correspondientes a un tema), se proponen además prácticas adicionales que los estudiantes pueden utilizar como ejemplo. Para ello se proporcionan unas indicaciones y los datos.

Guía docente

200606 - AMD - Análisis Multivariante de Datos

Última modificación: 23/06/2025

Unidad responsable:	Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte:	715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa. 1004 - UB - Universitat de Barcelona.
Titulación:	MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).
Curso: 2025	Créditos ECTS: 5.0 Idiomas: Castellano, Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JAMIE ARJONA MARTÍNEZ

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

1. El curso presupone conocimientos de álgebra lineal: diagonalización de matrices simétricas. Proyección de vectores. Derivación vectorial de funciones lineales y cuadráticas.
2. También hace falta haber hecho un curso de inferencia estadística con las pruebas de hipótesis univariantes clásicas (t de Student, F de Fisher, Chi cuadrado).

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

1. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
2. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
3. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.
5. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
6. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.

Transversales:

4. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
7. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Idioma: La primera parte (50%) se hará en inglés, y la segunda parte (50%) se hará en castellano.

Teoría: Se imparten clases magistrales siguiendo el temario de acuerdo con la temporalización entregada al comienzo del curso.

Entregables: Se trata de utilizar las facilidades de la programación matricial para hacer un análisis multivariante utilizando conjuntos de datos multivariantes. Las prácticas se evalúan. El software utilizado es R. Las prácticas se realizan en grupos de estudiantes.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El estudiante que supera la asignatura tiene que tener la capacidad de:

1. Reconocer la naturaleza multivariada de una base de datos.
2. Explicar la ganancia del enfoque multivariado respecto al enfoque tradicional univariado.
3. Enumerar los objetivos de los métodos multivariados más utilizados (ACP, AC, Análisis factorial, Escalamiento multidimensional, MANOVA, AD, etc.)
4. Identificar el método multivariado más adecuado para un conjunto de datos determinado.
5. Implementar los métodos básicos del análisis multivariado en lenguaje matricial con el programa R.
6. Aplicar la estadística descriptiva multivariada a un conjunto de variables.
7. Aplicar los métodos principales de reducción de la dimensionalidad.
8. Aplicar las transformaciones necesarias para un análisis determinado (escoger la métrica).
9. Realizar la visualización de datos multivariados en R.
10. Interpretar las representaciones gráficas (biplots) de datos multivariados.
11. Enunciar la distribución normal multivariada y sus propiedades.
12. Enunciar la definición de las pruebas estadísticas multivariadas básicas.
13. Aplicar las pruebas de hipótesis multivariadas más utilizadas, como las sobre vectores de medias y matrices de covarianzas.
14. Aplicar el análisis discriminante lineal y cuadrático con datos de distintas poblaciones, obteniendo las funciones discriminantes bajo supuesto de normalidad multivariada, y realizar la clasificación de individuos anónimos.
15. Enunciar los métodos básicos para crear grupos (clústers).
16. Aplicar los algoritmos para crear grupos.
17. Interpretar los resultados de los métodos multivariados más utilizados.
18. Aplicar el análisis factorial y extraer los factores comunes de unas variables.
19. Aplicar el análisis de medidas repetidas, de perfiles y el análisis MANOVA en dos factores.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Estadística descriptiva multivariante

Descripción:

1. Introducción y conceptos básicos. Repaso del algebra lineal. Geometría de la muestra. Nube de puntos en R^p y R^n . Concepto de la métrica. Medidas de la variabilidad. Proyección M-ortogonal. Descomposición en valores y vectores propios. Descomposición en valores singulares generalizada. Representaciones gráficas: el biplot.
2. Análisis de componentes principales (ACP). Definición del los componentes. Propiedades. ACP basado en la matriz de covarianzas y en la matriz de correlaciones. Biplots. Bondad de la representación.
3. Escalamiento multidimensional. Distancias y métricas. Representación euclidiana de una matriz de distancias. Descomposición spectral asociada. Bondad de la representación.
4. Análisis de correspondencias simple. Tablas de contingencia. Perfiles fila y perfiles columna. Inercia e estadístico chi-cuadrado. Biplots.
5. Análisis de correspondencias múltiple (ACM). ACM basado en la matriz de Burt. ACM basado en la matriz de variables indicadoras. Inercias ajustadas. Representaciones gráficas.
6. El análisis factorial. El modelo factorial. Factores comunes e específicos. Métodos de estimación: análisis factorial principal y máxima verosimilitud. Representaciones gráficas.
7. Análisis de correlaciones canónicas. Función objetiva. Correlaciones canónicas, variables canónicas i pesos canónicos. Relación con otros métodos. Biplots.

Objetivos específicos:

Realizar el análisis descriptivo gráfico y numérico de una tabla de datos multivariados, tanto para tablas con datos cuantitativos como para tablas con datos categóricos.

Actividades vinculadas:

Prácticas, ejercicios y el proyecto.

Dedicación: 61h

Grupo grande/Teoría: 15h

Grupo mediano/Prácticas: 6h

Aprendizaje autónomo: 40h

Inferencia estadística multivariante.

Descripción:

La distribución normal multivariante. Estadísticos muestrales. Prueba de la razón de verosimilitud. Pruebas sobre la matriz de covarianzas. Prueba de la unión-intersección. T2 de Hotelling. Pruebas sobre el vector de medias. Análisis de medidas repetidas. Análisis de perfiles. Comparación de diversas medias. La lambda de Wilks. El modelo MANOVA con un y dos factores.

Objetivos específicos:

Realizar inferencia estadística multivariada.

Actividades vinculadas:

Prácticas y problemas.

Dedicación: 29h

Grupo grande/Teoría: 9h

Aprendizaje autónomo: 20h

Análisis discriminante y análisis de conglomerados

Descripción:

1. Análisis discriminante. Análisis discriminante paramétrico. Funciones discriminantes. Análisis discriminante lineal y análisis discriminante cuadrático.
2. Análisis de conglomerados. Distancias y similitud. Algoritmos. Métodos jerárquicos y métodos de partición. Dendrograma. Propiedad ultramétrica. Criterio de Ward.

Objetivos específicos:

Aplicar análisis discriminante y análisis clúster e interpretar sus resultados.

Actividades vinculadas:

Prácticas y problemas

Dedicación: 32h

Grupo grande/Teoría: 7h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 20h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación se realizará mediante una ponderación de diferentes elementos. Habrá dos exámenes, un examen parcial sobre la primera mitad del curso y un examen parcial sobre la segunda mitad. Cada parte tiene una serie de entregables (ejercicios o prácticas) donde los estudiantes deben entregar un pequeño informe. La nota se obtendrá a partir de la calificación de los exámenes y de los entregables. La ponderación de las diferentes partes de la evaluación es la siguiente: examen parcial primera parte (42.5%), examen final segunda parte (42.5% si solo la segunda parte, 85% si incluye también la primera parte), entregables primera parte (7.5%) y entregables segunda parte (7.5%). Los estudiantes que hayan aprobado el primer examen no necesitan presentarse para la materia de la primera parte en el examen final.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Aluja, T.; Morineau, A. Aprender de los datos : el análisis de componentes principales. EUB, 1999. ISBN 8483120224.
- Johnson, R. A.; Wichern, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 6th ed. Harlow, Essex: Pearson Education Limited, 2014. ISBN 9781292037578.
- Krzanowski, W. J. Principles of multivariate analysis : a user's perspective. Oxford University Press, 2000. ISBN 0198507089.
- Lebart, L.; Morineau, A.; Piron, M. Statistique exploratoire multidimensionnelle. 2e éd. Dunod, 1997. ISBN 2100040014.
- Peña Sánchez de Rivera, Daniel. Análisis de datos multivariantes [en línea]. McGraw-Hill, 2002 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4203. ISBN 8448136101.

Complementaria:

- Cuadras, C. M. Métodos de análisis multivariante. 2ª ed. PPU, 1991. ISBN 8476657714.
- Dillon, W. R.; Goldstein, M. Multivariate analysis methods and applications. John Wiley and Sons, 1984. ISBN 0471083178.
- Mardia, K. V.; Kent, J.T.; Bibby, J.M. Multivariate analysis. Academic Press, 1979. ISBN 0124712525.
- Morrison, D. F. Multivariate statistical methods. 3rd ed. McGraw-Hill, 1990. ISBN 0070431876.
- Volle, Michel. Analyse des données. 3e éd. Economica, 1985. ISBN 2717808159.
- Everitt, Brian. An R and S-PLUS companion to multivariate analysis [en línea]. London: Springer, 2005 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b138954>. ISBN 1852338822.



RECURSOS

Material informàtico:

- Lecture slides. Transparencias

Guía docente

200644 - APE - Aprendizaje Estadístico

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: PEDRO FRANCISCO DELICADO USEROS

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Familiaridad con conceptos básicos de cálculo en una y varias variables. Formación de nivel medio en probabilidades e inferencia. Dominio del entorno de trabajo estadístico y programación R (material para preparación previa: cualquier buen curso de autoaprendizaje de R). Es útil tener nociones básicas de regresión lineal múltiple y de regresión logística.

REQUISITOS

"Fundamentos de Inferencia Estadística" o "Inferencia Estadística Avanzada"
"Software Estadístico: R y SAS"

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

MESIO-CE2. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.

MESIO-CE3. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.

MESIO-CE6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

MESIO-CE8. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

MESIO-CE9. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

MESIO-CE4. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.

Transversales:

CT1a. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El aprendizaje se organiza en sesiones teórico-prácticas, que combinen una parte expositiva y otra ilustrativa. En la parte expositiva de las sesiones, los aspectos teóricos se presentan y discuten, acompañados de ejemplos prácticos utilizando diapositivas que se entregarán previamente a los estudiantes. En la parte ilustrativa, el entorno de trabajo fundamental será R, del que se presume un conocimiento intermedio (uso del entorno y programación básica). También se utilizará Python en algunas sesiones.

El aprendizaje autónomo consistirá en el estudio y la resolución de problemas prácticos que el estudiante debe entregar a lo largo del curso.

Concretamente, las actividades previstas son:

- Análisis detallado de varios conjuntos de datos. Se intentará que cada conjunto de datos sirva de base para un caso de estudio en distintos métodos.
- La realización de ejercicios prácticos sobre los métodos estudiados. Los ejercicios prácticos requerirán completar las tareas de programación en R.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Conocer la estructura de los problemas de aprendizaje supervisados y no supervisados.

Ser capaz de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple, y también un glm, utilizando la versión penalizada de los mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y de los estimadores de máxima verosimilitud.

Conocer las características comunes esenciales de los estimadores de regresión no paramétricos (disyuntiva sesgo-varianza, selección del parámetro de suavizado, número efectivo de parámetros, etc.) y los detalles de tres de ellos: regresión polinómica local, suavizado por splines, modelos aditivos generalizados (GAM).

Conocer los principales métodos basados en árboles y poder aplicar estos métodos en conjuntos de datos reales.

Comprender los fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales (incluyendo los modelos de deep-learning i las redes neuronales convolucionales) y adquirir las habilidades necesarias para aplicarlas

Conocer los principales procedimientos de validación cruzada para evaluar la precisión de un modelo de predicción.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Introducción al aprendizaje estadístico

Descripción:

1. Aprendizaje supervisado y no supervisado.

Dedicación: 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

Estimadores de regresión penalizados: Regresión ridge y Lasso

Descripción:

1. Regresión ridge.
2. Validación cruzada.
3. Lasso en el modelo de regresión lineal múltiple. Optimización cíclica coordinada a coordinada.
4. Lasso en el GLM.
5. Comparación de las reglas de clasificación. Curva ROC.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Regresión no paramétrica. Modelos Aditivos Generalizados

Descripción:

1. Introducción al modelado no paramétrico.
2. Regresión polinómica local. La disyuntiva sesgo-varianza. Suavizadores lineales. Selección del parámetro de suavizado.
3. Regresión no paramétrica con respuesta binaria. Modelo de regresión no paramétrico generalizado. Estimación por máxima verosimilitud local.
4. Suavizado por splines. Regresión no paramétrica de mínimos cuadrados penalizada. Splines cúbicos, interpolación y suavizado. B-splines. Ajuste de modelos de regresión no paramétricos generalizados con splines.
5. Modelos de aditivos generalizados (GAM). Regresión no paramétrica múltiple. La maldición de la dimensionalidad. Modelos aditivos. Modelos aditivos generalizados.

Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

Métodos basados en árboles

Descripción:

1. Los fundamentos de los árboles de decisión. Árboles de regresión. Árboles de clasificación.
2. Ensemble Learning. Bagging. Random forests. Boosting.

Dedicación: 10h 30m

Grupo grande/Teoría: 7h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h 30m

Redes Neuronales Artificiales

Descripción:

1. Redes feed-forward.
2. Entrenamiento de una red.
3. Retro-propagación del error.
4. Modelos de aprendizaje profundo (Deep Learning).
5. Redes neuronales convolucionales.

Dedicación: 12h

Grupo grande/Teoría: 8h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Se basa en dos partes:

- 1) Ejercicios prácticos realizados a lo largo del curso: 50%
- 2) Examen final: 50%

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Bowman, A. W; Azzalini, Adelchi. Applied smoothing techniques for data analysis : the Kernel approach with S-Plus illustrations. Oxford: Clarendon Press, 1997. ISBN 0198523963.
- Chollet, François; Allaire, J. J. Deep Learning with R. Manning Publications, 2018. ISBN 9781617295546.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome. The Elements of statistical learning : data mining, inference, and prediction [en línea]. 2nd ed. New York [etc.]: Springer, cop. 2009 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-84858-7>. ISBN 9780387848570.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Wainwright, Martin. Statistical learning with sparsity: the lasso and generalizations [en línea]. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 2015 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4087701>. ISBN 9781498712163.
- James, Gareth. An Introduction to statistical learning : with applications in R [en línea]. New York: Springer, 2013 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-7138-7>. ISBN 9781461471370.
- Lantz, Brett. Machine learning with R : discover how to build machine learning algorithms, prepare data, and dig deep into data prediction techniques with R [en línea]. 2nd ed. Birmingham: Packt Pub, 2015 [Consulta: 24/05/2024]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=2122139>. ISBN 9781784393908.
- Wood, Simon N. Generalized additive models : an introduction with R. Boca Raton, Fla. [etc.]: Chapman & Hall/CRC, 2006. ISBN 9781584884743.

Complementaria:

- Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning. New York: Springer, cop. 2006. ISBN 9780387310732.
- Haykin, Simon S. Neural networks and learning machines. 3rd. Upper Saddle River: Prentice Hall, cop. 2009. ISBN 9780131471399.
- Wasserman, Larry. All of nonparametric statistics [en línea]. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-30623-4>. ISBN 9780387251455.
- Fan, Jianqing; Li, Runze; Zhang, Cun-Hui; Zou, Hui. Statistical foundations of data science. Boca Raton;: CRC Press, 2020. ISBN 9781466510845.

RECURSOS

Otros recursos:

ATENEA

Guía docente

200649 - AEXNAP - Aprendizaje Estadístico con Redes Neuronales Artificiales Profundas

Última modificación: 03/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística

Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: ESTEBAN VEGAS LOZANO

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Conocer los fundamentos del cálculo en una o más variables. Estudios intermedios de probabilidad e inferencia. Habilidades en programación en Python. Opcionalmente, habilidades en el entorno R para la computación estadística.

REQUISITOS

"Fundamentos de Inferencia Estadística" o "Inferencia Estadística Avanzada"

"Software Estadístico: R y SAS"

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

MESIO-CE2. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.

MESIO-CE3. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.

MESIO-CE4. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.

MESIO-CE6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

MESIO-CE8. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

MESIO-CE9. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

CT1a. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El aprendizaje se organiza en sesiones teórico-prácticas con los instructores. Todas las sesiones combinan un 50% de clases expositivas y otro 50% de prácticas guiadas y talleres.

En la parte expositiva de las sesiones se presentan y discuten los aspectos teóricos, acompañados de ejemplos prácticos mediante diapositivas que se proporcionarán previamente a los alumnos.

El entorno de trabajo fundamental de las prácticas será el Python, del que se presume un conocimiento intermedio (uso del entorno y programación básica). Opcionalmente, los estudiantes pueden hacer su tarea usando R.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Comprender los fundamentos de las redes neuronales artificiales.

Conocer el flujo de trabajo del aprendizaje automático.

Conocer la evaluación de modelos de aprendizaje automático.

Conocer los paquetes Keras / TensorFlow para implementar modelos de deep learning.

Comprender el seguimiento de modelos de aprendizaje profundo.

Comprender el aprendizaje profundo para la visión por computadora.

Comprender el aprendizaje profundo para texto y secuencias.

Comprender el aprendizaje profundo generativo.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Fundamentos de las redes neuronales artificiales

Descripción:

- Aprendizaje automático. Abordar el sobreajuste.
- Redes neuronales. Nodos, capas, activaciones. Flujo feedforward.
- La capa input. Tensores de datos.
- La capa output. Activaciones de salida. Funciones de pérdida.
- Entrenamiento de una red neuronal. Gradiente estocástico. Optimización. Diferenciación automática. Retropropagación.
- Prácticas: Redes neuronales densas. Autoencoders.
- Monitorización del entrenamiento de una red neuronal.

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 10h

Redes convolucionales

Descripción:

- Redes neuronales convolucionales.
- Aumento de datos.
- Extracción de características.
- Transferencia de estilos.
- Visualización de mapas de calor de activación de clases. Grad-cam.
- Redes convolucionales 1D

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 10h

Redes recurrentes y transformadores

Descripción:

- Procesamiento previo de datos de texto en representaciones útiles. Incrustaciones de palabras.
- Tipos de redes neuronales recurrentes: RNN, LSTM i GRU.
- Capas de atención.
- Transformadores.
- Introducción a los modelos de lenguaje de gran tamaño.

Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 15h

Aprendizaje profundo generativo

Descripción:

- Autoencoders variacionales.
- Redes generativas de confrontación.
- Exploración de el espacio latente.

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 10h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Se basa en dos partes:

- 1) Ejercicios prácticos realizados a lo largo del curso: 50%
- 2) Examen final: 50%



BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning [en línea]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016] [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://www.deeplearningbook.org/>. ISBN 9780262035613.
- Chollet, François. Deep learning with Python [en línea]. Second edition. Shelter Island, New York: Manning Publications Co, 2021 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=6798497>. ISBN 9781617296864.
- Chollet, F. ; Kalinowski T.; Allaire, J. J. Deep Learning with R. Second Edition. Shelter Island, NY: Manning Publications, 2022. ISBN 9781633439849.
- Foster, David. Generative deep learning : teaching machines to paint, write, compose, and play. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2019. ISBN 9781492041948.
- Prince, Simon J. D. Understanding deep learning. Cambridge, 2023. ISBN 9780262048644.

Complementaria:

- Pal, S.; Gulli, A. Deep learning with Keras. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2017. ISBN 9781787128422.
- Zaccane, G. Deep learning with TensorFlow. Packt Publishing Ltd, 2017. ISBN 9781786469786.

Guía docente

200620 - QR - Cuantificación de Riesgos

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: CATALINA BOLANCÉ LOSILLA

Otros:

REQUISITOS

Conocimientos mínimos de inferencia estadística (al nivel de DeGroot and Schervish, 2012) y de análisis multivariante básico (componentes principales, al nivel de Peña, 2002).

DeGroot, M.; Schervish, M. (2012) Probability and statistics. 4th ed. Pearson, 2012.
Peña, D. Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill, 2002.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

5. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
6. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
7. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
8. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
9. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
10. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
11. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
4. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso se compone de sesiones teóricas y prácticas semanales en las que el estudiante ha de participar realizando las actividades propuestas. Se resolverán casos prácticos en el ordenador y también se deberá redactar un informe de resultados de un máximo de cinco páginas donde se demuestre el dominio de la materia.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Comprender y saber usar la metodología estadística para la gestión de riesgos en banca, compañías aseguradoras e instituciones similares.
- Formar a los investigadores en las técnicas cuantitativas del riesgo más recientes, mostrando también los temas de investigación en este ámbito.
- Utilización del programa R en la aplicación de las técnicas estadísticas para la cuantificación de riesgos.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Introducción

Descripción:

- 1.1. Conceptos básicos en la gestión del riesgo
- 1.2. Modelizando el valor y el cambio de valor
- 1.3. Tipos de riesgo
- 1.4. Algunos ejemplos
- 1.5. Medidas coherentes de riesgo

Competencias relacionadas:

MESIO-CE7. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.

MESIO-CE6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

MESIO-CE5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.

MESIO-CE3. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.

MESIO-CE9. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

MESIO-CE1. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.

MESIO-CE2. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.

CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

CT4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

CT2. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.

Dedicación: 7h 30m

Grupo grande/Teoría: 7h 30m

2. Métodos de cuantificación del riesgo

Descripción:

- 2.1 Varianza-Covarianza
- 2.2 Simulación Histórica
- 2.3 Montecarlo
- 2.4 Ejemplos

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

3. Modelos multivariantes de gestión de riesgos

Descripción:

- 3.1 Distribución normal multivariante y la cuantificación del riesgo
- 3.2 Análisis factorial en la cuantificación del riesgo
- 3.3 Distribuciones esféricas y elípticas y la cuantificación del riesgo

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

4. Medidas de dependencia y cópulas

Descripción:

- 4.1 Definiciones
- 4.2 Ejemplos de cópulas
- 4.3 Aplicaciones

Dedicación: 8h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

5. Teoría del valor extremo

Descripción:

- 5.1 Distribuciones de valor extremo generalizadas
- 5.2 Distribución de Pareto y relacionadas
- 5.3 Método de Hill
- 5.4 Estimación no paramétrica
- 5.5 Estimación núcleo transformada

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

6. Medición del riesgo de crédito

Descripción:

- 6.1 Instrumentos con riesgo de crédito
- 6.2 Modelos estructurales: el modelo de Merton
- 6.3 Modelos factoriales para capital
- 6.4 Riesgo de concentración

Dedicación: 7h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 7h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

-Evaluación continua: Se propone a los alumnos realizar un informe de resultados aplicando las técnicas de cuantificación de riesgos estudiadas a lo largo del curso a una cartera de acciones que diseñará cada alumno de forma individualizada (40% de la nota). Se dedicarán dos sesiones de clase en su totalidad a resolver ejercicios de forma individual (60% de la nota).

-Evaluación única: La evaluación única consistirá en un examen escrito que tendrá cinco o seis ejercicios. Algunos de estos ejercicios consistirán en interpretar los resultados cuantitativos de una situación planteada.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Coles, S. An introduction to statistical modelling of extreme values. Berlin: Springer, 2001. ISBN 1852334592.
- Resnick, S.I. Heavy-tail phenomena [en línea]. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-45024-7>. ISBN 0387242724.
- McNeil, A.J.; Frey, R.; Embrechts, P. Quantitative risk management : concepts, techniques and tools. Princeton: Princeton University Press, 2005. ISBN 0691122555.
- Bolancé, C. ; Guillén, M. ; Gustafsson, J. ; Nielsen, J.P. Quantitative operational risk models (with examples in SAS and R). Chapman & Hall/CRC, 2012. ISBN 9781439895924.
- Jorion, P. Value at risk : the new benchmark for managing financial risk. McGraw Hill, 2007. ISBN 9780071464956.
- Adrian, T. and Brunnermeier, M.K. "CoVaR". American Economic Review [en línea]. [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://www-jstor-org.recursos.biblioteca.upc.edu/journal/amereconrevi>.

Guía docente

200627 - AC - Ensayos Clínicos

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: MARTA BOFILL ROIG

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Los estudiantes tienen que dominar conceptos de inferencia básica y modelos lineales.

REQUISITOS

Estadística descriptiva e inferencia estadística, principios de modelos lineales

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

- 6. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
- 8. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
- 9. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
- 11. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
- 12. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

Transversales:

1. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.
2. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Esta asignatura consiste en dos partes:

Parte A: Introducción a los ensayos clínicos, fundamentos, principios básicos y áreas emergentes

Parte A consiste en:

1. Clases magistrales
2. Trabajo (en equipos de 2-3)
3. Presentación en un tema a escoger en la mitad de la asignatura

Parte B: Métodos de diseño y análisis de ensayos clínicos adaptativos y multiobjetivo

Parte B consiste en:

1. Clases magistrales
2. Prácticas en ordenador
3. Trabajo (en equipos de 2-3)
4. Examen final

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al completar este curso, los estudiantes deben saber:

- Cómo es el proceso de desarrollo de medicamentos y otras intervenciones terapéuticas
- Qué preguntas puede responder un ensayo clínico y qué no
- El rol de los ensayos clínicos en la evidencia científica acumulada sobre una intervención terapéutica en una indicación concreta
- Los aspectos esenciales de un ensayo clínico
- El rol del estadístico en el desarrollo clínico
- Cómo reportar los resultados de un ensayo clínico
- Las recientes y futuras tendencias en el desarrollo clínico
- Identificación de cuándo ajustar por multiplicidad en ensayos con objetivos múltiples
- Comprensión de por qué y cómo funcionan los diseños adaptativos desde un punto de vista estadístico y práctico
- Aprendizaje de métodos estadísticos básicos para diseños adaptativos y pruebas múltiples

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Investigación clínica

Descripción:

- Desarrollo de medicamentos y otras intervenciones terapéuticas
- Investigación clínica
- El rol del paciente en el desarrollo de fármacos y otras intervenciones terapéuticas

Dedicación: 2h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 1h

2. Aspectos fundamentales de los ensayos clínicos

Descripción:

- Introducción a los ensayos clínicos
- El rol del ensayo clínico en la evidencia científica
- Buena práctica clínica
- Fases de ensayos clínicos
- Randomización
- Enmascaramiento
- Población
- Intervenciones del estudio
- Variables (endpoints)

Dedicación: 29h

Grupo grande/Teoría: 9h

Aprendizaje autónomo: 20h

3. Tipos de ensayos clínicos

Descripción:

- Resumen
- Superioridad /no inferioridad / equivalencia

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

4. Aspectos estadísticos de los ensayos clínicos

Descripción:

- Estimación del efecto del tratamiento (variables continuas, dicotómicas, conteo, y de supervivencia)
- Meta-análisis
- Estimand framework

Dedicación: 14h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 10h

5. Otros temas de interés sobre los ensayos clínicos

Descripción:

- CONSORT
- Agencias reguladoras y sus procesos
- El rol del estadístico en el desarrollo de medicamentos

Dedicación: 7h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 3h

6. Introducción a diseños adaptativos y testeo múltiple

Descripción:

- Ensayos clínicos con análisis intermedios
- Ensayos clínicos con múltiples grupos de tratamiento
- Ensayos clínicos con múltiples variables (endpoint)
- Diseños adaptativos

Dedicación: 7h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 4h

7. Diseños grupo-secuenciales

Descripción:

- Finalización anticipada en ensayos clínicos
- Pruebas de comparación múltiple
- Intervalos de confianza, p valores y estimación puntual

Dedicación: 19h 30m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 12h

8. Pruebas de comparación múltiple

Descripción:

- Introducción
- P-valores basados en pruebas de comparación múltiple
- Inferencia múltiple para modelos lineales
- Closed testing principle

Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 10h

9. Diseños adaptativos

Descripción:

- Tests combinados
- Función de error condicional
- Re-estimación del tamaño muestral

Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 10h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota de esta asignatura se basará en:

- Trabajo en equipo: Team work (part 1), Team work (part 2)
- Presentación (parte 1)
- Examen (parte 2)

Tareas a realizar en casa (TW) se puntuarán de 0-10 y la nota final de TW será el promedio de estas tareas.

La presentación (P) se puntuará de 0-10. Los aspectos a evaluar son: estructura, contenido, formato, precisión de afirmaciones y referencias relacionadas, y finalmente, la capacidad del estudiante a transmitir los mensajes centrales de su trabajo al público.

El examen (E) se puntuará de 0-10.

La nota final se calculará:

$$\text{Nota} = 0.1\text{TW1} + 0.1\text{TW2} + 0.4\text{P} + 0.4\text{E}$$

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Wassmer G.; Brannath, W. Group sequential and confirmatory adaptive designs in clinical trials. Springer, 2016. ISBN 9783319325620.
- Jennison C.; Turnbull, B.W. Group sequential methods with applications to clinical trials. Chapman and Hall/CRC, cop. 2000. ISBN 9780849303166.
- Bretz F.; Hothorn, T.; Westfall, P. Multiple comparisons using R [en línea]. Chapman and Hall/CRC, 2010 [Consulta: 05/09/2024]. Disponible a : <https://web-p-ebscohost-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ehost/ebookviewer/ebook?sid=c6db8395-9910-413d-954c-2c041dac5c00%40redis&vid=0&format=EB>. ISBN 9781584885740.
- Dmitrienko, A.; Tamhane, A.C.; Bretz, F. Multiple testing problems in pharmaceutical statistics [en línea]. Chapman and Hall/CRC, cop. 2010 [Consulta: 05/09/2024]. Disponible a : <https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/edit/10.1201/9781584889854/multiple-testing-problems-pharmaceutical-statistics-ajit-tamhane-frank-bretz-alex-dmitrienko>. ISBN 9781032477701.
- Friedman, L. M. [et al.]. Fundamentals of clinical trials [en línea]. 5th. Springer, 2015 [Consulta: 15/06/2023]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-1586-3>. ISBN 9783319185385.

Guía docente

200619 - EA - Estadística Actuarial

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: ANA MARIA PÉREZ MARÍN

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

El alumnado ha de tener conocimientos previos en cálculo de probabilidades, variables aleatorias, distribuciones de probabilidad y características de las distribuciones de probabilidad (esperanzas, varianzas, etc.). También se recomienda tener conocimientos previos en álgebra de sucesos.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

5. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
6. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
7. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
8. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
9. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
10. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
11. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
4. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso se compone de sesiones teóricas semanales en las que el estudiante ha de participar habiendo trabajado previamente el material facilitado. Se resolverán ejercicios y casos prácticos con ordenador.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Relativos a conocimientos:

- Aprender a calcular la probabilidad de muerte (o de supervivencia) como una parte fundamental en la tarificación de seguros de vida. Este cálculo se lleva a cabo tanto individualmente (seguros individuales), como para grupo de individuos (seguros colectivos).
- Aprender a calcular las probabilidades de siniestro como parte fundamental del cálculo de las primas puras de los seguros generales sobre la base de la modelización del número de siniestros y de las cuantías o los daños totales de las reclamaciones, así como calcular la probabilidad de ruina.
- Aprender los fundamentos y aplicaciones del insurance data analytics, en lo relativo al pricing, la gestión del riesgo, la detección de siniestros fraudulentos, la predicción del CLV (customer lifetime value) y el diseño de campañas de marketing personalizadas en seguros.
- Conocer la gestión de datos masivos (big data) en el sector asegurador, en especial en lo relativo a los seguros del automóvil basados en información telemática (UBI, usage based insurance).

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

BLOQUE 1. Estadística Actuarial Vida

Descripción:

Tema 1. Introducción

- Hipótesis del modelo biométrico
- Variables y funciones básicas
- Conceptos de teoría de la población
- Probabilidades temporales y diferidas
- Tasa instantánea de mortalidad
- Esperanza de vida
- Tablas de vida

Tema 2. Probabilidades sobre colectivos

- Supervivencia conjunta, disolución y extinción
- Probabilidades temporales y diferidas

Tema 3. Principios del pricing en seguros de vida

- Cálculo del APV en pólizas individuales
- Cálculo del APV en pólizas colectivas

Tema 4. Leyes de mortalidad y modelos de supervivencia

- Leyes de mortalidad
- Modelos de supervivencia para datos censurados

Dedicación: 30h

Grupo grande/Teoría: 30h

BLOQUE 2. Estadística Actuarial No Vida

Descripción:

Tema 1. Introducción

- Modelización de la frecuencia de siniestros
- Modelización de la severidad de los siniestros
- Selección y validación de modelos

Tema 2. Data analytics en seguros generales

- Análisis de la siniestralidad según el perfil del asegurado
- Fundamentos del pricing
- Detección de siniestros fraudulentos
- Cálculo del CLV

Tema 3. Usage base insurance (UBI) y tratamiento de datos telemáticos

- Usage-based-insurance (UBI)
- Gestión de datos masivos en el tratamiento de la información telemática en tiempo real en UBI

Dedicación: 30h

Grupo grande/Teoría: 30h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Evaluación continua:

Se propondrán 3 prácticas que se deberán resolver y entregar. Estas prácticas irán dirigidas a evaluar la habilidad práctica del estudiante en la aplicación y desarrollo de los conceptos explicados durante las clases. Cada práctica tendrá un 33.3% de peso en la nota final.

Evaluación única:

La evaluación única consistirá en un examen escrito que tendrá cinco o seis ejercicios.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Ayuso, Mercedes. Estadística actuarial vida. Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, 2007. ISBN 8447531309.
- Kaas, Rob ... [et al.]. Modern actuarial risk theory [en línea]. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b109818>. ISBN 0306476037.
- Sarabia Alegría, José María; Gómez Déniz, Emilio; Vázquez Polo, Francisco J. Estadística actuarial : teoría y aplicaciones. Madrid: Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 9788420550282.
- Macdonald, A.S.; Cairns, A.J.G.; Gwilt, P.A. & Miller, K.A. "An international comparison of recent trends in population mortality". British actuarial journal [en línea]. N. 4, 1998, 3-141 [Consulta: 04/06/2024]. Disponible a: <https://www-jstor-org.recursos.biblioteca.upc.edu/journal/britactuj>.
- Spedicato, G. A. (2013). "The lifecontingencies Package: Performing Financial and Actuarial Mathematics Calculations in R". Journal of statistical software [en línea]. 2013, vol. 55, Issue 10 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/265215670_The_lifecontingencies_Package_Performing_Financial_and_Actuarial_Mathematics_Calculations_in_R.
- Jong, Piet de; Heller, Gillian Z. Generalized linear models for insurance data [en línea]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/generalized-linear-models-for-insurance-data/851EB0898C6C7DB4FEA2D542371145C2>. ISBN 9780521879149.
- Renshaw, A. E.; Haberman, S. "Dual modelling and select mortality". Insurance, mathematics and economics [en línea]. 19, 1997, 105-126 [Consulta: 15/05/2020]. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/journal/insurance-mathematics-and-economics/vol/19/issue/2>.
- Charpentier, A.. Computational actuarial science with R. 2015. ISBN 1466592591.
- Frees, Edward W. Regression modeling with actuarial and financial applications [en línea]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/regression-modeling-with-actuarial-and-financial-applications/25C768AB6FFE4FAD5F2AD725D8643C18>. ISBN 9780521135962.
- Boucher, J. P. Pérez-Marín, A. M. and Santolino, M. (2013). "Pay-as-you-drive insurance: the effect of the kilometers on the risk of accident". Anales del instituto de actuarios españoles [en línea]. 19, 2013, p. 135-154 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://actuarios.org/wp-content/uploads/2017/02/anales2013_6.pdf.
- Bowers, Newton L. Actuarial mathematics. 2nd ed. London: The Society of Actuaries, 1997. ISBN 938959468.

RECURSOS

Enlace web:

- Software R. Software de lliure distribució.
- Disponible a: <http://www.r-project.org>

Guía docente

200622 - EGE - Estadística para la Gestión Empresarial

Última modificación: 13/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: CATALINA BOLANCÉ LOSILLA

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Conocimiento de las técnicas estadísticas básicas: análisis exploratoria de datos, inferencia básica. Interés por las aplicaciones prácticas más habituales en un entorno empresarial. El 60% de las clases, los materiales docentes y los exámenes son en inglés, el 40% de las clases en castellano

REQUISITOS

Conocimientos básicos de análisis de datos, modelos de probabilidad e inferencia: Representación gráfica de datos y análisis exploratorio. Conceptos básicos de modelos de probabilidad (ley normal, binomial y Poisson). Conceptos básicos de inferencia. Los conocimientos pueden ser adquiridos en cualquier libro de estadística básica.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

5. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
6. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
7. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.

Transversales:

1. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
4. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El aprendizaje tendrá un enfoque muy práctico. Después de una breve introducción a los conceptos clave, los temas se desarrollarán a partir del estudio de casos y ejemplos concretos. Se utilizarán casos ¿por entregas¿ como ¿El caso de los tubos de silicona¿ o ¿El caso de la Caja Cooperativa Profesional¿. También se utilizarán ejemplos del libro: ¿The Role of Statistics in Business and Industry¿ que se seguirá como referencia básica.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo fundamental es situar en el contexto empresarial la utilidad de las técnicas estadísticas que el alumno ya conoce y poner de manifiesto los beneficios que su utilización puede reportar. Por tanto al acabar los alumnos han de ser capaces de:

- ¿ Identificar qué técnica estadística es más adecuada en diferentes contextos y situaciones empresariales
- ¿ Valorar los beneficios que su utilización puede reportar a la organización
- ¿ Convencer a los gestores (vender) de las ventajas y beneficios de la utilización de la técnica estadística en cuestión

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

- Estadística: qué y porqué. La calidad de los datos. Evolución del uso de la estadística. Estadística proactiva

Descripción:

- La estadística en la empresa
- Los datos internos y externos
- Uso actual de la estadística

Dedicación: 7h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

- La estadística en otras áreas: márketing, gestión de clientes, servicios financieros, gestión de procesos

Descripción:

- Estadística aplicada al márketing
- Estadística aplicada a la gestión de clientes
- Estadística aplicada a las finanzas
- Estadística aplicada a la gestión de procesos

Dedicación: 7h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

- La venta de la estadística: interna y externa

Descripción:

- Fuentes de estadística interna
- Fuentes de estadística externa
- Gestión de la estadística

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

- Data Science: aspectoss organitzatius (papeles y responsabilidades) y de gestión. Valorización

Descripción:

- Importancia y papel del data science (ciencia de los datos)
- Organización necesaria
- Papeles y responsabilidades
- Relación con la estadística
- Relación con el business analytics (descriptivo, predictivo y prescriptivo)
- Modelos de madurez
- Principales usos en diferentes tipos de organizaciones
- Casos prácticos

Objetivos específicos:

Entender los aspectos organizativos y el papel del data science en las empresas.

Ser capaces de valorar la utilidad y el papel que puede tener en diferentes organizaciones

Actividades vinculadas:

Lectura y discusión de artículos en revistas científicas y técnicas

Competencias relacionadas:

MESIO-CE3. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

CT4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

- El papel de la estadística en el diseño de productos. Relación entre la variabilidad y la satisfacción del cliente. Reducción de la variabilidad, productos robustos. Diseño de pruebas (experimentos)

Descripción:

- La estadística i el diseño de productos
- La estadística y la satisfacción del cliente
- Diseño de experimentos, inferencia

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

- La estadística en la gestión de la calidad. Planificación, control y mejora.

Descripción:

- Análisis estadísticos en la gestión de la calidad
- La planificación, el control y mejora de la calidad a través de la estadística

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

- Programas de Mejora: metodología Seis Sigma

Descripción:

- Método seis Sigma
- Ejemplo práctico con R

Dedicación: 6h 30m

Grupo grande/Teoría: 5h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

ACTIVIDADES

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS Y PROBLEMAS

Descripción:

Se encargará a los estudiantes que realicen ejercicios y problemas. Estas actividades se realizarán de forma individual o en grupo, según indique el profesor en cada caso.

Objetivos específicos:

Que los estudiantes practiquen los conocimientos que van adquiriendo y de información al profesor sobre el nivel de asimilación y comprensión de estos conocimientos.

Material:

El enunciado de los ejercicios y su resolución, una vez comentada en clase, estarán disponibles en la intranet de la asignatura.

Entregable:

Los ejercicios resueltos por cada estudiante formarán parte de la evaluación continuada.

Dedicación: 45h

Aprendizaje autónomo: 30h

Grupo mediano/Prácticas: 15h

LECTURAS Y PRESENTACIONES

Descripción:

Antes de la presentación en clase de algunos temas se encargará a los estudiantes que lean capítulos del libro recomendado y artículos relacionados y comenten su contenido o hagan presentaciones. Estas actividades se realizarán de forma individual o en grupo, según indique el profesor en cada caso.

Objetivos específicos:

Que los estudiantes lleguen a clase con conocimientos sobre los temas a tratar, aprendan a extraer información de las fuentes originales y practiquen competencias transversales

Material:

Los capítulos y artículos indicados estarán disponibles en la intranet de la asignatura.

Entregable:

Los comentarios y presentaciones formarán parte de la evaluación continuada.

Dedicación: 45h

Actividades dirigidas: 30h

Grupo mediano/Prácticas: 15h

RESOLUCIÓN DE CASOS PRÁCTICOS

Descripción:

Los estudiantes deberán entender un caso práctico que describirá un problema industrial de carácter real. Utilizando una base de datos que se proporcionará, deberán decidir las herramientas estadísticas adecuadas para responder a las preguntas planteadas, utilizando software estadístico.

Objetivos específicos:

Adquirir destreza en el trabajo con datos y al uso de paquetes de software estadístico. Identificar las herramientas estadísticas adecuadas a cada situación.

Material:

Los estudiantes dispondrán de vídeos de autoaprendizaje del software estadístico que se utiliza para resolver los casos, junto con los enunciados de los casos y las bases de datos en la intranet.

Entregable:

La evaluación se basará en la resolución de cuestionarios sobre los casos, en la discusión en clase y, eventualmente, en la presentación de informes.

Dedicación: 35h

Aprendizaje autónomo: 20h

Grupo mediano/Prácticas: 15h

EXAMEN PRIMERA PART

Dedicación: 1h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 1h 30m



SISTEMA DE CALIFICACIÓN

$$NF = 0,6*AC + 0,2*E1+0.2E2$$

EC= Evaluación Continua. Tendrá dos componentes: un 50% a partir de los casos, presentaciones y actividades desarrolladas durante el curso y otro 50% a partir de pruebas realizadas en clase.

E1 = Examen primera parte

E2 = Examen segunda parte

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Las aplicables en el MESIO

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Hahn, G. J.; Doganaksoy, N. The Role of statistics in business and industry [en línea]. Hoboken, N.J: Wiley, 2008 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a :

<https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=819142>. ISBN 9780471218746.

- Coleman, S [et al.]. Statistical practice in business and industry [en línea]. Chichester: John Wiley & Sons, 2008 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470997482#>. ISBN 9780470014974.

- Pande, P. S.; Neuman, R.P.; Cavanagh, R.R. Las Claves de seis sigma : la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. Madrid: McGraw-Hill, 2002. ISBN 8448137531.

- Juran, J.M.; Godfrey, B. Juran's quality handbook. 5th ed. New York: McGrawHill, 1999. ISBN 007034003X.

Guía docente

200653 - FQ - Finanzas Cuantitativas

Última modificación: 05/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: LUIS ORTIZ GRACIA

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

El curso asume unos conocimientos básicos de probabilidad, de estadística y de programación. No son necesarios conocimientos previos de finanzas.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

5. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
6. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
7. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
8. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
9. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
10. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
11. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.
12. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
4. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso se compone de sesiones teóricas semanales en las que el estudiante participa habiendo leído material facilitado previamente. Se resolverán problemas en la pizarra y se harán implementaciones de las metodologías aprendidas con programas en R o en cualquier otro lenguaje escogido por el estudiantado.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Conocer el mercado de derivados y la teoría de valoración en ausencia del arbitraje.
- Conocer los modelos discretos y continuos en finanzas.
- Familiarizarse con algunos de los métodos de valoración de opciones.
- Conocer las medidas de riesgo más comunes.
- Estudiar los métodos que son el estado del arte en cuantificación del riesgo en finanzas.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Modelización y valoración de derivados

Descripción:

- 1.1. Modelos en tiempo discreto.
- 1.2. Movimiento Browniano geométrico y fórmula de Black-Scholes.
- 1.3. Simulación de Monte Carlo y valoración en tiempo continuo.

Dedicación: 75h

Grupo grande/Teoría: 18h

Grupo pequeño/Laboratorio: 9h

Aprendizaje autónomo: 48h

2. Cuantificación del riesgo en finanzas

Descripción:

- 2.1. Conceptos básicos en gestión del riesgo.
- 2.2. Riesgo de crédito, mercado, contrapartida y clima.

Dedicación: 50h

Grupo grande/Teoría: 12h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Aprendizaje autónomo: 32h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

EVALUACIÓN CONTINUA

La evaluación continua consiste en la realización de dos pruebas de seguimiento por escrito (PS1 y PS2), y de una práctica (PR) propuesta durante el semestre. La práctica consiste en hacer un trabajo en grupo que tratará una situación simulada pero muy realista, y su resolución requerirá la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo del curso. Se deberá elaborar un informe que será presentado oralmente. Los informes serán valorados por el resto de estudiantes y el mejor grupo recibirá un punto extra que se añadirá a la nota que del profesor en este informe, siempre hasta un máximo de 10 puntos. Será obligatorio contestar una encuesta de valoración de la actividad práctica. La PS1 y la PS2 tienen un peso del 35% cada una, y la PR tiene un peso del 30%.

EVALUACIÓN ÚNICA

La evaluación única consiste en un examen escrito que incluye todo el contenido de la asignatura y representa el 100% de la cualificación final.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Hull, J. C. Options, futures and other derivatives [en línea]. Prentice Hall, 2012 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=6661730>. ISBN 9781292410623.
- Glasserman, P. Monte Carlo methods in financial engineering. Springer, 2003. ISBN 9780387004518.
- Seydel, R. U. Tools for computational finance [en línea]. Springer, 2012 [Consulta: 26/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4471-2993-6>. ISBN 3540279261.
- Hassler, U. Stochastic processes and calculus : an elementary introduction with applications. Springer, 2016. ISBN 3319234277.
- McNeil, A. J.; Frey, R.; Embrechts, P. Quantitative risk management : concepts, techniques and tools. Princeton University Press, 2005. ISBN 0691122555.

Guía docente

200605 - FIE - Fundamentos de Inferencia Estadística

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: ANTONIO MIÑARRO ALONSO

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Las asignaturas Inferencia Estadística Avanzada y Fundamentos de Inferencia Estadística, son asignaturas obligatorias del MESIO UPC-UB. La primera es obligatoria para todos los estudiantes graduados en estadística o matemáticas (itinerario 1) y la segunda es obligatoria para todos los estudiantes del resto de titulaciones (itinerario 2). Los estudiantes del itinerario 2 pueden escoger la asignatura Inferencia Estadística Avanzada después de Fundamentos de Inferencia Estadística como optativa. Los estudiantes del itinerario 1 no pueden escoger Fundamentos de Inferencia Estadística.

Se asume un conocimiento por parte del alumno de los conceptos básicos de la teoría de la probabilidad. En particular el alumno debe conocer y saber trabajar con los principales modelos probabilísticos discretos y continuos: Poisson, Binomial, Exponencial, Uniforme, Normal. En concreto se debe ser capaz de utilizar las funciones acumulativas de distribución y funciones de densidad o masa de probabilidad para el cálculo de probabilidades y de los principales parámetros poblacionales de las distribuciones. Dentro de los parámetros se presupone el conocimiento de las principales propiedades de la esperanza y la varianza. Finalmente es importante conocer y entender las implicaciones del teorema central del límite.

Puede consultarse el siguiente material bibliográfico:

Probabilidad y estadística de Evans, Michael J. (2005)
Michael J. Evans (Autor) y Jeffrey Rosenthal
Edit. Reverte
http://www.reverte.com/motor?id_pagina=catalogo/ficha&idcategoria=6&idsubcategoria=47&idlibro=664

Morris H. DeGroot and Mark J. Schervish
Probability and Statistics (4th Edition)
Addison-Wesley (2010)
ISBN 0-321-50046-6
http://www.pearsonhighered.com/pearsonhigheredus/educator/product/products_detail.page?isbn=0201524880

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
4. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

2. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

· Sesiones de Teoría de 1,5 horas.

Son sesiones donde, con ayuda del ordenador, el profesor presenta el material de la asignatura. Se fomentará la participación del alumnado a través de preguntas y ejemplos.

· Sesiones de Problemas

Cada vez que se acabe un tema se realizará una sesión de refuerzo de problemas a partir de una lista que se colgará en la intranet con antelación y que servirá para que los alumnos vengan con la lista estudiada para enfatizar aquellos problemas en los que hayan encontrado más dificultades.

· Laboratorio Práctico

Basado en el lenguaje R se proporcionaran scripts que realicen diversos análisis estadísticos y se propondrán a los alumnos ejercicios más extensos para resolver con la utilización del software.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El Curso pretende, como objetivos generales, que el alumno llegue a dominar el lenguaje común en la inferencia estadística proporcionando una base teórica y práctica que permita no solo la utilización y comprensión de la mayoría de técnicas estadísticas sino también que capacite al alumno para la adquisición, autónoma o guiada, de nuevas metodologías.

Ligado con los objetivos anteriores el alumno debe acostumbrarse a utilizar el software R como soporte en el Proceso inferencial.

Como objetivos específicos tenemos los siguientes:

- Conocer los tipos de muestreo básicos y las distribuciones en el muestreo en las situaciones más habituales y deducir las distribuciones más usuales derivadas de la ley normal y su uso en la inferencia estadística.
- Saber deducir estimadores mediante los diferentes métodos disponibles y conocer las diferentes propiedades deseables de los estimadores verificando si se cumplen.
- Entender el concepto de confianza de un intervalo, conocer como se construyen y calcularlos en las situaciones más habituales incluyendo el cálculo del tamaño muestral necesario para garantizar un nivel de confianza y una precisión dadas.
- Entender la metodología general de las pruebas de hipótesis incluyendo los posibles errores y la importancia del tamaño de la muestra para tomar decisiones con una base estadística adecuada.
- Entender los modelos lineales de regresión y saber realizar estimaciones, validaciones e interpretaciones de los resultados obtenidos.
- Entender los modelos lineales de análisis de la varianza junto con la descomposición de la varianza total en las diferentes sumas de cuadrados y resolver algunos de los diseños más sencillos con uno y dos factores fijos o aleatorios.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Introducción a la inferencia

Descripción:

1.1 Ideas básicas de Inferencia Estadística.

Objetivos específicos:

Introducción básica a los principales conceptos de la inferencia estadística y repaso de las ideas necesarias de la teoría de la probabilidad.

Actividades vinculadas:

Sesiones de Teoría.

Dedicación: 0h 30m

Grupo grande/Teoría: 0h 30m

2. Muestreo

Descripción:

2.1. Definición

2.2. Principales tipos de muestreo

2.3. Muestreo aleatorio simple

2.4. Distribuciones en el muestreo

2.4.1. Distribuciones exactas y asintóticas

2.4.2. Distribuciones de los principales estadísticos en el muestreo: muestreo en poblaciones normales

2.4.3. Distribuciones derivadas de la normal

2.5. Generación de muestras artificiales

Objetivos específicos:

Conocer los tipos de muestreo básicos y las distribuciones en el muestreo en las situaciones más habituales y deducir las distribuciones más usuales derivadas de la ley normal y su uso en la inferencia estadística.

Actividades vinculadas:

Sesiones de Teoría. Sesiones de Problemas.

Dedicación: 2h 30m

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

3. Estimación de parámetros

Descripción:

3.1. Introducción, concepto de estimador, tipos de estimación: puntual y por intervalos

3.2. Propiedades de los estimadores puntuales: consistencia, sesgo, eficiencia, varianza mínima (cota de Cramer-Rao), suficiencia, error cuadrático medio.

3.3. Principales técnicas de obtención de estimadores: momentos, máxima verosimilitud, estimación mínimo cuadrática, Bayes

3.4. Métodos de estimación por remuestreo: Bootstrap, Jackknife

Objetivos específicos:

Saber deducir estimadores mediante los diferentes métodos disponibles y conocer las diferentes propiedades deseables de los estimadores verificando si se cumplen.

Actividades vinculadas:

Sesiones de Teoría. Sesiones de Problemas

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 6h

4. Intervalos de confianza

Descripción:

- 4.1. Definición
- 4.2. Construcción de intervalos
- 4.3. Importancia del nivel de confianza y del tamaño de muestra
- 4.4. Principales intervalos
- 4.5. Intervalos de confianza asintóticos

Objetivos específicos:

Entender el concepto de confianza de un intervalo, conocer como se construyen y calcularlos en las situaciones más habituales incluyendo el cálculo del tamaño muestral necesario para garantizar un nivel de confianza y una precisión dadas.

Actividades vinculadas:

Sesiones de Teoría. Sesiones de Problemas. Laboratorio Práctico.

Dedicación: 4h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

5. Contraste de hipótesis

Descripción:

- 5.1. Fundamentos del contraste de hipótesis estadísticas
 - 5.1.1. Del lenguaje natural a la hipótesis paramétrica
 - 5.1.2. Hipótesis nula y alternativa
 - 5.1.3. Criterio de decisión: La región crítica
- 5.2. Errores asociados al contraste de hipótesis
 - 5.2.1. Error de tipo I: el nivel de significación
 - 5.2.2. Error de tipo II: potencia del contraste
 - 5.2.3. Importancia del tamaño de la muestra
- 5.3. Significación a través del p-valor
- 5.4. Principales contrastes de hipótesis
 - 5.4.1. El test de la razón de verosimilitud
 - 5.4.2. Contrastes para la distribución Normal
 - 5.4.3. Contrastes sobre proporciones
 - 5.4.4. Contrastes sobre la distribución Multinomial: pruebas ji-cuadrado
 - 5.4.5. Contrastes robustos: contrastes basados en rangos y test de permutaciones
- 5.5. Relación de los contrastes de hipótesis con los intervalos de confianza
- 5.6. El problema de los contrastes múltiples (Multiple testing)
- 5.7. Combinando resultados de diversos contrastes
- 5.8. Contraste de hipótesis bayesiano

Objetivos específicos:

Entender la metodología general de las pruebas de hipótesis incluyendo los posibles errores y la importancia del tamaño de la muestra para tomar decisiones con una base estadística adecuada.

Actividades vinculadas:

Sesiones de Teoría. Sesiones de Problemas. Laboratorio Práctico.

Dedicación: 12h

Grupo grande/Teoría: 12h

6. El modelo lineal general

Descripción:

- 6.1. Planteamiento general
- 6.2. Estimación de parámetros y contraste de hipótesis
- 6.3. El modelo de regresión lineal simple
 - 6.3.1. Estimación de parámetros
 - 6.3.2. Diagnóstico del modelo
 - 6.3.3. Contraste de hipótesis en regresión
 - 6.3.4. Comparación de modelos de regresión
 - 6.3.5. Relación entre regresión y correlación
 - 6.3.6. Técnicas de suavizado
- 6.4. El modelo de regresión múltiple
 - 6.4.1. Estimación de parámetros
 - 6.4.2. Diagnóstico del modelo
 - 6.4.3. Inferencia en regresión múltiple
 - 6.4.4. El problema de la colinealidad

Objetivos específicos:

Entender los modelos lineales de regresión y saber realizar estimaciones, validaciones e interpretaciones de los resultados obtenidos.

Actividades vinculadas:

Sesiones de Teoría. Sesiones de Problemas.

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 9h

7. El modelo de análisis de la varianza

Descripción:

- 7.1. ANOVA de un factor
 - 7.1.1. Modelo lineal del ANOVA de un factor
 - 7.1.2. Hipótesis del modelo
 - 7.1.3. Tipos de efectos
 - 7.1.4. Diagnóstico del modelo
 - 7.1.5. Comparaciones múltiples
- 7.2. ANOVA de dos factores
 - 7.2.1. Diseño en bloques aleatorizados
 - 7.2.2. Diseño de dos factores fijos con interacción
 - 7.2.3. Interpretación de la interacción
 - 7.2.4. Modelo con factores aleatorios
 - 7.2.5. Modelo con factores fijos y aleatorios.

Objetivos específicos:

Entender los modelos lineales de análisis de la varianza junto con la descomposición de la varianza total en las diferentes sumas de cuadrados y resolver algunos de los diseños más sencillos con uno y dos factores fijos o aleatorios.

Actividades vinculadas:

Sesiones de Teoría. Sesiones de Problemas. Laboratorio Práctico.

Dedicación: 10h 30m

Grupo grande/Teoría: 10h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

A lo largo del curso se propondrán a los alumnos 3 pequeños cuestionarios para resolver en clase (CUEST), también se propondrán ejercicios para resolver fuera de clase y entregar en un plazo determinado tal y como se comenta en el apartado del laboratorio práctico de la metodología docente (EJER).

En las fechas acordadas se realizará un examen final (EF) y la calificación de la asignatura se obtendrá como

$N = 0.2 \cdot \text{CUEST} + 0.20 \cdot \text{EJER} + 0.6 \cdot \text{EF}$.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Casella, G.; Berger, Roger L. Statistical inference. 2nd ed. Duxbury: Pacific Grove, 2002. ISBN 0534243126.
- Rohatgi, Vijay K. Statistical inference [en línea]. New York: John Wiley & Sons, 1984 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1894681>.
- Sánchez, P.; Baraza, X.; Reverter, F.; Vegas, E. Métodos estadísticos aplicados. Barcelona: UB, 2006. ISBN 8447530981.
- Peña, Daniel. Estadística : modelos y métodos. 2 vols. 2ª ed. rev. Madrid: Alianza Universidad Textos, 1986-1991. ISBN 8420689931.
- DeGroot, Morris; Schervish, Mark. Probability and statistics. 4th ed. Pearson, 2012. ISBN 0321500466.
- Evans, Michael; Rosenthal, Jeffrey S. Probability and statistics : the science of uncertainty. 2nd ed. New York: W.H. Freeman and Company, cop. 2010. ISBN 1429224622.
- Sahu, Pradip Kumar, Pal, Santi Ranjan, Das, Ajit Kumar. Estimation and inferential statistics [en línea]. 1. New Delhi: Springer, 2015 [Consulta: 27/05/2024]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-81-322-2514-0>. ISBN 9788132225133.

Guía docente

200604 - IEA - Inferencia Estadística Avanzada

Última modificación: 13/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

La asignatura Inferencia Estadística Avanzada es obligatoria y está dirigida especialmente a los estudiantes graduados en estadística, matemáticas, ciencia de datos, física y todos aquellos que tienen un bagaje intermedio en Inferencia estadística.

Los siguientes conocimientos son necesarios para seguir este curso con aprovechamiento:

- * Habilidades básicas en análisis matemático: integración de funciones de una o dos variables, derivación, optimización de una función de una o dos variables.
- * Conocimientos básicos de probabilidad: distribuciones paramétricas más comunes, propiedades de una distribución normal, la ley de los grandes números y el teorema del límite central.
- * Conocimientos básicos en inferencia estadística: uso de la función de verosimilitud para muestreo aleatorio simple (datos distribuidos idénticamente independientes), inferencia en el caso de normalidad, estimación de máxima verosimilitud para modelos uniparamétricos.

El capítulo 1 en "Core Statistics" de Wood y el Capítulo 1 en "Inferencia y Decisión" de Gómez y Delicado incluyen todos los conceptos y resultados que se asumen conocidos. Los estudiantes deberán repasarlos, alcanzarlos y interiorizarlos antes de comenzar el curso.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
4. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
5. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
6. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Sesiones teóricas de 1,5 horas

Son sesiones para presentar el material principal de la asignatura. El profesor utiliza presentaciones y la pizarra para exponer los conceptos intentando enfatizar las ideas y argumentos principales. El profesor explica con detalle aquellas demostraciones que son pedagógicamente creativas y formativas.

Se seguirán, principalmente, los capítulos 2, 4 y 5 del libro Core Statistics de Simon Wood, así como el material de las notas de Gómez y Delicado que se pueden descargar de la Intranet.

Se proporcionarán otros materiales complementarios para temas específicos.

Sesiones de problemas de 1,5h.

Los problemas que se tratarán en cada sesión se publicarán en la intranet una semana antes.

Los estudiantes deben leer y resolver los problemas de la lista antes de clase.

El profesor resolverá algunos problemas y discutirá dudas u otras soluciones con los estudiantes.

La solución de algunos de estos problemas se publicará después de la sesión correspondiente a la intranet.

Laboratorios de Estadística

Se proporcionará código de R, en forma de scripts o "notebooks", para ilustrar varios conceptos, así como para la aplicación de métodos como el Bootstrap o las aproximaciones numéricas complementando los desarrollos mostrados en teoría.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El curso de Inferencia Estadística Avanzada proporciona una base teórica y aplicada de los fundamentos de la Estadística. Su objetivo principal es capacitar a los estudiantes para razonar en términos estadísticos con la finalidad de realizar un ejercicio profesional riguroso. Pretende también ser una semilla formativa para la consolidación de jóvenes investigadores en esta área de la ciencia y la tecnología a la vez que dota a los/las estudiantes de recursos para continuar la formación ("de por vida") habilitándolos para leer artículos y trabajos publicados en revistas de estadística.

Al finalizar el curso el estudiante:

- * conocerá los diferentes principios que gobiernan la reducción de un conjunto de datos y las diferentes filosofías con que se puede plantear, analizar y resolver un problema.
- * conocerá los métodos basados en la función de distribución empírica y en la función de verosimilitud y sabrá cuando, cómo y por qué aplicar cada uno.
- * estará familiarizado con las técnicas modernas de remuestreo y sabrá verlas como una aproximación formal y/o computacional adecuada para utilizar en situaciones donde los cálculos directos resultan demasiado complejas o no están disponibles.
- * sabrá plantear la función de verosimilitud en situaciones diversas y conocerá diferentes técnicas, analíticas o numéricas, para maximizarla.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Los fundamentos de la Inferencia Estadística

Descripción:

- Preliminares, notación y ejemplos
- Cuestiones inferenciales. Paseo por la estimación puntual, pruebas de hipótesis y estimación por intervalos
- El enfoque frecuentista: estimación puntual, propiedades para muestras finitas, desigualdad de Cramer-Rao, Pruebas de hipótesis, Estimación por intervalos.
- El enfoque bayesiano: una mirada muy breve

Dedicación: 52h 50m

Grupo grande/Teoría: 15h

Grupo mediano/Prácticas: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 33h 20m

2. La función de distribución empírica. Teoría y métodos numéricos

Descripción:

- La función de distribución empírica. Teorema de Glivenko-Cantelli.
- Principio de sustitución. El método de los momentos.
- Métodos de remuestreo (bootstrap).
- Propiedades para muestras grandes: consistencia, normalidad asintótica y método Delta.

Dedicación: 32h

Grupo grande/Teoría: 9h

Grupo mediano/Prácticas: 3h

Aprendizaje autónomo: 20h

3. Estimación Máximo Verosímil. Teoría y métodos numéricos

Descripción:

- Funciones de verosimilitud, log verosimilitud y score
- Matriz de información de Fisher, cota de Cramér-Rao y UMVUE
- Propiedades asintóticas del MLE. Consistencia y normalidad asintótica
- Estadístico de razón de verosimilitud generalizada
- Criterio de información AIC
- Enfoques numéricos
- Algoritmo EM

Dedicación: 40h 10m

Grupo grande/Teoría: 9h

Grupo mediano/Prácticas: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 26h 40m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Para la evaluación de cada tema se hará un examen. El examen del tema 1 (EX1) se realizará 2-3 semanas después de terminar el tema 1. El examen correspondientes a los temas 2 y 3 (EX2) se realizará el día asignado para el examen final del mes de enero. Las personas que hayan suspendido el examen del tema 1 tendrán la opción de volver a examinarse en enero. Los exámenes contendrán una parte teórica y algunos problemas.

Durante el curso se pasarán 4 cuestionarios (Q).

La nota por evaluación continuada, NC, se obtiene según la expresión:

$$NC = 0.30 * EX1 + 0.50 * EX2 + 0.20 * Q$$

La nota por evaluación única, a realizar íntegramente en el examen del mes de enero, se obtiene según la expresión:

$$NU = 0.40 * EX1 + 0.60 * EX2$$

La nota final de l'assignatura (NF) se obtiene según la expresión:

$$NF = \max\{NC, NU\}$$

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Wood, Simon N. Core statistics. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2015. ISBN 9781107071056.
- Gómez Melis, G.; Delicado, P. Inferencia y decisión (apuntes). 2003.
- Olive, David J. Statistical theory and inference. Cham: Springer, 2014. ISBN 9783319049717.
- Casella, G.; Berger, Roger L. Statistical inference. Pacific Grove Duxbury, 2002. ISBN 0534243126.
- Cox, D.R. Principles of statistical inference. Cambridge Univ Press, 2006. ISBN 9780521685672.
- Wasserman, Larry. All of statistics : a concise course in statistical inference [en línea]. Pittsburgh: Springer, 2004 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : https://rss-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/full/10.1111/j.1467-985X.2004.00347_18.x. ISBN 9781441923226.
- Held, Leonhard; Sabanés Bové, Daniel. Likelihood and bayesian inference [en línea]. Second. Springer, 2020 [Consulta: 12/09/2024]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=6154570>. ISBN 978662607947.

Complementaria:

- Boos, D.D.; Stefanski, L.A. Essential statistical inference : theory and methods [en línea]. Springer, 2013 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-4818-1>. ISBN 9781461448174.
- Chihara, L. ; Hesterberg, T. Mathematical statistics with resampling and R. Wiley, 2011. ISBN 9781118029855.
- Ruiz-Maya Pérez, L. ; Martín Pliego, F.J. Estadística. II, inferencia. 2ª ed. Madrid: Alfa Centauro, 2001. ISBN 8472881962.
- Shao, Jun. Mathematical statistics [en línea]. 2nd ed. Springer Texts in Statistics, 2003 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98900>.
- Young, G.A.; Smith, R.L. Essentials of statistical inference. Cambridge University Press, 2010. ISBN 9780521548663.
- Cuadras, C. M. Problemas de probabilidades y estadística. Vol 2: Inferencia [en línea]. Publicacions de la Universitat de Barcelona, 2016 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : <https://lectura-unebook-es.recursos.biblioteca.upc.edu/viewer/9788491685203/1>. ISBN 9788491685203.

Guía docente

200607 - MAT - Matemáticas

Última modificación: 03/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 749 - MAT - Departamento de Matemáticas.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: FERNANDO MARTÍNEZ SÁEZ

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

El MESIO UPC-UB incluye la asignatura de Matemáticas de nivelamiento para los estudiantes del itinerario 2: titulaciones diferentes a estadística o matemáticas. Los estudiantes de itinerario 1 no pueden escoger Matemáticas.

No hace falta tener conocimientos previos.

Sin embargo, se recomienda leer los apartados siguientes del libro "Discrete Mathematics and Its Applications" (véase la bibliografía):

- 1.1 Propositional Logic
 - 1.2 Applications of Propositional Logic
 - 1.3 Propositional Equivalences
 - 1.4 Predicates and Quantifiers
 - 1.5 Nested Quantifiers
 - 1.6 Rules of Inference
 - 1.7 Introduction to Proofs
 - 1.8 Proof Methods and Strategy
 - 2.1 Sets
 - 2.2 Set Operations
 - 2.3 Functions
 - 9.1 Relations and Their Properties
 - 9.5 Equivalence Relations
 - 9.6 Partial Orderings
- (la numeración corresponde a la 7a edición)

La lengua de impartición se adaptará a los estudiantes.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

2. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Se adaptan, en función de los conocimientos previos de las personas matriculadas y de sus capacidades matemáticas.

Como principios generales:

- Se trabajan en clase de forma conjunta los aspectos más conceptuales de la asignatura.
- El trabajo individual de las personas matriculadas abarca, al menos, la resolución de problemas, la búsqueda y el análisis de documentación adicional y la lectura e interpretación de textos matemáticos.
- Todo el trabajo personal es objeto de feed-back en forma de debate con la profesora.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Lograr unos conocimientos básicos de los conceptos matemáticos fundamentales en el ámbito de la estadística y la investigación operativa, que capaciten para razonar en términos matemáticos y para comprender con capacidad analítica las materias propias de la especialidad.

Capacidades a adquirir:

Capacidad para razonar en términos matemáticos, capacidad analítica para comprender las materias propias de la especialidad.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Combinatoria

Álgebra lineal

El concepto de función

El concepto de límite

Las sumas con infinitos sumandos

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Tendrá en cuenta dos elementos:

- La comprensión de los conceptos básicos trabajados en clase (a través de un examen final).
- El trabajo personal llevado a cabo por cada uno (evaluando los resultados obtenidos mediante trabajos, exposiciones, intervenciones, etc.). Ésta componente tendrá un peso de, como mínimo, el 50% en la nota de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Khuri, André I. Advanced calculus with applications in statistics [en línea]. 2nd ed. rev. and expanded. John Wiley & Sons, 2003 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471394882>.
- Searle, Shayle R. Matrix algebra useful for statistics. John Wiley & Sons, 1982. ISBN 0471866814.
- Rosen, Kenneth H. Discrete mathematics and its applications [en línea]. 7th ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2012 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4143. ISBN 0073383090.

Guía docente

200654 - MME - Métodos Estadísticos en Epidemiología

Última modificación: 15/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística

Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: KLAUS GERHARD LANGOHR

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

El/la estudiante tiene que estar familiarizado/a con los conceptos de la inferencia estadística: función de verosimilitud, método de máxima verosimilitud, pruebas de hipótesis y modelos de regresión lineal. En concreto, se tiene que estar familiarizado con los contenidos de los Capítulos 1 a 3 del libro "Principles of Statistical Inference" de Cox (Cambridge University Press, 2006).

REQUISITOS

Conocimientos del software R.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
4. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
6. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
7. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
5. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
8. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
9. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

Transversales:

2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Teoría:

Clases de 90 minutos en las cuales se presenta el material de la asignatura con la ayuda del ordenador. El material, que se apoya en estudios epidemiológicos reales y artículos epidemiológicos, estará previamente disponible en la Intranet (ATENEA). Además, se harán ejercicios en muchas de las clases de teoría.

Clases de prácticas/laboratorio:

Se prevén tres sesiones en las cuales se explicará el uso de funciones de paquetes contribuidos de epidemiología del software R, que se aplicarán a datos de estudios epidemiológicos reales sobre el VIH/Sida, depresión posparto o lesiones deportivas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Cuando acabe el curso se pretende que el/la estudiante tenga los conocimientos básicos de los métodos estadísticos en epidemiología. Se pretende que sea capaz de proponer los diseños de estudio y análisis estadísticos que mejor información aporten y que más fácilmente puedan ser asimilados por los investigadores que tendrán que interpretarlos.

En particular, se pretende que el/la estudiante adquiera conocimientos de los temas siguientes y que sea capaz de aplicarlos a datos reales:

1. Diseños de estudios epidemiológicos: estudios de cohorte, caso-control y transversales.
2. Medidas epidemiológicas de frecuencia de enfermedades, mortalidad y de asociación exposición-enfermedad.
3. Fuentes de sesgo en estudios epidemiológicos: sesgo de información, de selección y de confusión.
4. Control del sesgo: estratificación y emparejamiento.
5. Modelos de regresión logística, logbinomial y Poisson.

Capacidades a adquirir:

- Saber aplicar las herramientas aprendidas previamente a estudios epidemiológicos, para ser capaz de proponer los diseños y análisis que mejor información aporten y que más fácilmente puedan ser asimilados por los investigadores que tendrán que interpretarlos.
- Ser capaz de valorar las ventajas e inconvenientes de diferentes tipos de estudios epidemiológicos.
- Saber estimar, aplicar e interpretar medidas de frecuencia de enfermedades, de mortalidad y de asociación exposición-enfermedad.
- Tener conocimientos básicos de inferencia causal en estudios observacionales.
- Conocer las diferentes fuentes de sesgo de estudios epidemiológicos y las posibles medidas para el sesgo.
- Poder aplicar e interpretar modelos de regresión logística, logbinomial y Poisson a datos reales.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Introducción a la Epidemiología

Descripción:

- a) Estudios epidemiológicos vs. ensayos clínicos.
- b) Diseño de estudios epidemiológicos: estudios de cohorte, estudios caso-control y estudios transversales.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

Medidas epidemiológicas: conceptos y estimación

Descripción:

- a) Medidas de frecuencia de enfermedades y epidemias: prevalencia, incidencia acumulada y tasa de incidencia.
- b) Medidas de mortalidad y su comparación: estandarización directa e indirecta, cifra de mortalidad comparativa y razón de mortalidad estandarizada.
- c) Medidas de asociación exposición-enfermedad: riesgo relativo, diferencia de riesgos, odds ratio y riesgo atribuible.

Dedicación: 13h 30m

Grupo grande/Teoría: 9h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h 30m

Aspectos de estudios epidemiológicos

Descripción:

- a) Inferencia causal en estudios epidemiológicos.
- b) Estudio de la relación causa-efecto. Efectos y causas comunes.
- c) Fuentes de sesgo en estudios epidemiológicos: sesgo de información, sesgo de selección y sesgo de confusión.
- d) Estrategias para el control de errores y para minimizar la varianza: estratificación y emparejamiento.
- e) Interacción aditiva versus interacción multiplicativa.

Dedicación: 13h 30m

Grupo grande/Teoría: 9h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Análisis de estudios epidemiológicos

Descripción:

- a) Estimación del riesgo relativo, odds ratio y riesgo atribuible en estudios de cohorte, estudios caso-control y estudios transversales.
- b) Cálculo de la cifra de mortalidad comparativa y la razón de mortalidad estandarizada.
- c) El estimador de Mantel-Haenszel en presencia de una variable de confusión.
- d) Análisis de datos emparejados en estudios caso-control.
- e) Regresión logística: expresión del modelo, estimación e interpretación de los parámetros.
- f) Regresión logbinomial: expresión del modelo, estimación e interpretación de los parámetros.
- g) Regresión Poisson: expresión del modelo, estimación e interpretación de los parámetros.

Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 9h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota final es la media ponderada de las notas obtenidas en

- a) el examen final (50%),
- b) entrega de ejercicios (30%),
- c) resumen y presentación de un artículo (20%).

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Gordis, Leon. Epidemiología. 3ª ed. W.B. Saunders, 2005. ISBN 8481748390.
- Kahn, H. A.; Sempos, C.T. Statistical methods in epidemiology. Oxford University Press, 1989. ISBN 0195057511.
- McNeil, Don. Epidemiological research methods. Wiley, 1996. ISBN 0471961965.
- Rothman, Kenneth J. Epidemiology: an introduction. Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199754557.
- Jewell, Nicholas. Statistics for epidemiology. Chapman & Hall/CRC, 2004. ISBN 1584884339.

Complementaria:

- Breslow, N.E.; Day, N.E. Statistical methods in cancer research. International Agency for Research on Cancer, 1980.
- Rothman, K. J.; Greenland, S. Modern epidemiology. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 9780781755641.
- Woodward, Mark. Epidemiology study design and data analysis. Chapman & Hall/CRC Press, 1999. ISBN 1584880090.
- Porta, M. A Dictionary of epidemiology. Fifth edition. Oxford University Press, 2008. ISBN 9780195314502.

Guía docente

200641 - MLLG - Modelos Lineales y Lineales Generalizados

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística

Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: VÍCTOR PEÑA PIZARRO

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Por lo que respecta a la Teoría de la Probabilidad, los estudiantes deben conocer las distribuciones de probabilidad consideradas clásicas, sus propiedades y las situaciones que pueden modelar satisfactoriamente. También deben estar familiarizados con los conceptos básicos de Inferencia Estadística correspondientes a un primer curso de Estadística.

REQUISITOS

Los requisitos para seguir el curso son los correspondientes a un curso básico de Estadística y Probabilidad que incluya una parte de regresión lineal. También es necesario un cierto dominio de cálculo matricial. Haver visto análisis de la varianza ayudará a una mayor comprensión del curso, aunque no es estrictamente necesario.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

MESIO-CE4. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.

MESIO-CE3. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.

MESIO-CE6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

MESIO-CE1. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.

MESIO-CE7. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.

MESIO-CE9. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

MESIO-CE8. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

Transversales:

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

CT2. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso se impartirá en el primer semestre (S1). Las clases se harán en inglés. Se harán dos sesiones semanales. La mayoría de semanas será una sesión de Teoría y una de Problemas/Laboratorio, pero habrá excepciones. En las sesiones prácticas se ajustarán diferentes conjuntos de datos con los modelos presentados en las sesiones de teoría. Se utilizará el paquete estadístico R, en particular RStudio.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo principal de esta asignatura es que el estudiante adquiera un buen conocimiento de los Modelos Lineales y los Lineales Generalizados tanto a nivel teórico como práctico. Este conocimiento le permitirá analizar conjuntos de datos y obtener conclusiones.

A lo largo del curso se analizarán diversos conjuntos de datos procedentes de ámbitos muy distintos, con el objetivo de poder resaltar algunas características propias de un ámbito concreto. Los conocimientos impartidos en esta asignatura contribuirán a que posteriormente, el estudiante pueda asimilar con mayor facilidad y profundidad otras asignaturas del Máster como son los Modelos Longitudinales y el Análisis Bayesiano.

Los conocimientos y la práctica adquiridos en esta y las posteriores asignaturas de modelización permitirán que el estudiante, una vez terminado el Máster, sea capaz de colaborar con grupos de investigación diversos y asesorarlos estadísticamente.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Modelo Lineal

Descripción:

Presentación y Modelo Lineal.

1.1. Generalidades. Objetivos. Definición. Estimación y distribución de los parámetros. Residuos. Medidas de bondad de ajuste. Comprobación de las hipótesis del modelo.

1.2. Análisis de la varianza. Anova de un factor: Estimación de los parámetros. Intervalos de confianza para los valores esperados y diferencias de los valores esperados. Comparaciones múltiples. Anova de dos factores.

1.3. Regresión Lineal múltiple. Estimación de los parámetros, coeficiente de determinación, error cuadrático medio, intervalos de confianza para los parámetros y las estimaciones, adecuación del modelo. Colinealidad, causalidad, modelos robustos y detección de outliers. Principio de parsimonia. Tabla anova. Errores habituales en regresión.

1.4. Transformaciones.

Dedicación: 12h

Grupo grande/Teoría: 7h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

Familias exponenciales de probabilidad

Descripción:

Definición. Parámetro canónico, espacio de parámetros. Ejemplos y contraejemplos. Diferentes parametrizaciones. Estimación máximo verosímil.

Dedicación: 5h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Modelos Lineales Generalizados

Descripción:

3.1. Generalidades. Objetivos. Definición. Función enlace. Función canónica de enlace. Estimación de los parámetros y su distribución asintótica. Medidas de bondad de ajuste: devianza y estadístico X^2 de Pearson generalizado. Criterios de información. Residuos.

3.2. Modelos logit: Estimación y test. Interpretación de los parámetros. Criterios de selección de modelos. Tablas bidimensionales y regresión logística. Resultados asintóticos.

3.3. Modelos loglineales: Estimación y test sobre parámetros. Interpretación de los parámetros. Modelos en dos, tres y más dimensiones. Residuos y outliers. Resultados asintóticos.

3.4. Modelos con respuesta binomial negativa: Definición, sobredispersión, interpretación, bondad de ajuste.

3.5. Modelos con respuesta multinomial: Modelos per respuesta ordinal i nominal. Definición, interpretación i bondad de ajuste.

Dedicación: 28h

Grupo grande/Teoría: 20h

Grupo mediano/Prácticas: 8h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

El 60% de la Nota Final corresponderá al Examen Final. Este contendrá una parte teórica y una parte práctica que tendrán el mismo peso, un 30% cada una. El 40% restante se obtendrá a partir de las actividades de Evaluación Continuada que se realizarán a lo largo del curso. Estas actividades y sus correspondientes pesos serán:

- 1) Mini Examen de 10 preguntas con respuesta relativamente corta (20%).
- 2) Una práctica en la qual el estudiante ajustará un conjunto de datos con RStudio (20%).

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Los exámenes serán sin libros. Para el parcial, los estudiantes podrán traer una calculadora. Para la parte práctica del final, los alumnos podrán visualizar los contenidos de la asignatura en Atenea, pero no pueden usar nada más.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Seber, G.A.F. ; Lee, A. J. Linear regression analysis. Wiley, 2003. ISBN 0471415405.
- Dobson, J.A. An Introduction to generalized linear models. Chapman and Hall, 1990. ISBN 0412311100.
- Fox, J. Applied regression analysis and generalized linear models. Sage, 2008. ISBN 9780761930426.
- Fox, J. ; Weisberg, S. An R companion to applied regression. Sage, 2002. ISBN 9781412975148.

Complementaria:

- McCullagh, P. ; Nelder, J.A. Generalized linear models. Chapman and Hall, 1989. ISBN 0412317605.
- Collet, D. Modelling binary data. Chaman and Hall, 2003. ISBN 1584883243.
- Lindsey, J. K. Applying generalized linear models. Springer, 1997. ISBN 0387982183.
- Montgomery, D. Design and analysis of experiments. 8 ed. Wiley, 2013. ISBN 1118097939.

Guía docente

200643 - MMIO - Modelos y Métodos de la Investigación Operativa

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística

Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Castellano, Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: MARÍA PAZ LINARES HERREROS

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

La asignatura Modelos y Métodos de la Investigación Operativa es obligatoria, los estudiantes del Itinerario 1 (estudiantes graduados en estadística o matemáticas) se matricularán en el Grupo A - Avanzado y los alumnos del Itinerario 2 (estudiantes del resto de titulaciones) en el Grupo B - Introductorio. El Grupo A se impartirá en inglés, el Grupo B en castellano.

El Grupo A de la asignatura, así como su contenido, se ajusta a los textos:

- Linear and nonlinear programming - Luenberger, D.G.; Ye, Y, Springer, 2016. ISBN: 9783319188416
- Numerical optimization - Nocedal, J.; Wright, S.J, Springer Science+Business Media, 2006. ISBN: 0387303030
- Integer programming - Wolsey, L.A, John Wiley & Sons, 1998. ISBN: 0471283665

El Grupo B de la asignatura, así como su contenido se ajusta en gran medida al texto:

- Linear and nonlinear programming - Luenberger, D.G.; Ye, Y, Springer, 2016. ISBN: 9783319188416

REQUISITOS

Para seguir de manera adecuada esta asignatura y obtener el máximo rendimiento es necesario tener conocimientos básicos previos de cálculo con una y varias variables, y conocer los conceptos básicos sobre matrices y bases en espacios vectoriales. Es muy recomendable conocer algunas técnicas básicas de programación.

El Grupo A tiene un nivel superior. Para seguirlo de manera adecuada y obtener el máximo rendimiento es necesario haber cursado anteriormente técnicas de modelización y métodos básicos de Investigación Operativa y, específicamente, de Programación Lineal y Lineal Entera.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Grupo A y B:

- Teoría: sesiones en las que se presentan y discuten los contenidos de la asignatura. Se utilizará la intranet docente para hacer público material docente relacionado con la asignatura: apuntes de algunos de los temas, enunciados de problemas y exámenes resueltos.
- Problemas: sesiones en las que se plantean y se resuelven problemas numéricos relacionados con los temas vistos en clase de teoría. Se da cierto tiempo para que el estudiante intente resolver los problemas y posteriormente los problemas se resuelven y se discuten.
- Laboratorio: habrá sesiones de laboratorio para introducir a los estudiantes en la implementación y resolución práctica de los modelos de Investigación Operativa, utilizando software disponible.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Los objetivos del curso dependen del nivel a cursar.

Grupo A:

En este curso se estudian modelos y técnicas de Investigación Operativa, especialmente en Programación Entera. Se presta atención a las aplicaciones potenciales de los modelos. Se ilustra la aplicación de las técnicas estudiadas a algunos modelos clásicos en optimización combinatoria, como el problema del viajante de comercio.

Los objetivos de aprendizaje de la asignatura son:

- Dar un complemento de formación básica en investigación operativa, en particular en el ámbito de la Programación Entera.
- Familiarizar al estudiante en métodos que permiten resolver algunas aplicaciones prácticas de problemas de programación entera y optimización combinatoria.
- Conocer las posibles alternativas de modelización para los diferentes problemas de optimización, y sus posibles aplicaciones.
- Conocer la metodología básica de la programación entera y, en particular los métodos enumerativos y los de planos de corte, así como las posibles combinaciones de los anteriores.
- Conocer los resultados de la teoría de la dualidad y sus implicaciones.
- Conocer algunos métodos heurísticos básicos para algunos problemas concretos de optimización combinatoria.

Capacidades a adquirir:

- Ser capaz de formular un modelo adecuado y de diseñar e implementar un prototipo de un método para la resolución de un problema concreto de optimización.
- Ser capaz de identificar desigualdades válidas para problemas típicos de programación entera como, por ejemplo, el problema de la mochila y el problema del viajante de comercio.
- Ser capaz de formular una relajación lagrangiana para un problema de optimización. Poder determinar la existencia o no de gap de dualidad para un problema concreto de optimización.

Grupo B:

Se trata de un curso introductorio de modelos y métodos de Investigación Operativa. El objetivo primordial es dar una panorámica de las principales clases de modelos y de sus aplicaciones potenciales, así como de las técnicas que deben aplicarse en cada caso. Se estudiarán las versiones básicas de las técnicas más usuales en programación no-lineal, programación lineal y programación entera. Sin olvidar los aspectos formales, se hará especial énfasis en la interpretación y aplicación de los conceptos estudiados.

Los objetivos de aprendizaje de la asignatura son:

- Dar una formación básica en los principales modelos y técnicas en investigación operativa, así como de sus principales aplicaciones. Familiarizar al estudiante en métodos básicos que permiten resolver algunas aplicaciones prácticas.
- Conocer las posibles alternativas de modelización y la naturaleza de las diferentes clases de problemas de investigación operativa y sus posibles aplicaciones, haciendo énfasis en aquellas relacionadas con problemas estadísticos.
- Conocer los conceptos y metodología básica de la programación lineal, la dualidad y el análisis de sensibilidad.
- Conocer los principales modelos de flujos en redes, así como sus aplicaciones, incluyendo problemas de caminos mínimos y de árboles de expansión.
- Conocer algunos conceptos básicos relacionados con la programación entera y, en concreto, los relacionados con los planos de corte y los métodos básicos enumerativos.

Capacidades a adquirir:

- Ser capaz de formular un modelo adecuado para un problema concreto de optimización matemática y de implementarlo utilizando un lenguaje de modelización adecuado.
- Ser capaz de resolver problemas pequeños de programación lineal con el algoritmo del simplex i de responder a cuestiones sencillas de análisis de sensibilidad.
- Ser capaz de resolver modelos sencillos de flujos en redes, incluyendo caminos mínimos y árboles de expansión.
- Ser capaz de aplicar las técnicas básicas de programación entera.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Tema 1: Introducción a los modelos y formulaciones de la Investigación Operativa

Descripción:

Introducción a la asignatura, haciendo énfasis en sus aplicaciones potenciales y en la relevancia en la disciplina de los modelos y las formulaciones de optimización matemática.

Dedicación: 17h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

Tema 3: Modelos de programación lineal y sus propiedades.

Descripción:

3.1 Bases y puntos extremos.

3.2 Conceptos básicos de dualidad y análisis de sensibilidad.

Dedicación: 21h 20m

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 13h 20m

Tema 4: Modelos de flujos en redes: flujo máximo, flujo de coste mínimo

Descripción:

4.1 Equilibrio en una red.

4.2 Propiedades de las formulaciones lineales y de sus soluciones.

4.3 Problemas de caminos mínimos.

4.4 Árboles de expansión.

Dedicación: 21h 20m

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 13h 20m

Tema 5: Modelos básicos de programación entera y sus propiedades

Descripción:

5.1 Planos de corte: cortes de Gomory

5.2 Métodos enumerativos: branch-and-bound, branch-and-cut.

Dedicación: 20h 20m

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 13h 20m

Tema 6: Modelos y métodos avanzados de Investigación Operativa

Descripción:

6.1 Problemas de optimización combinatoria y su relación con la programación entera. Problemas de matching, packing, covering y partitioning. Problemas de localización de servicios, itinerarios y diseño de redes.

6.2 Métodos exactos de solución.

i. Desigualdades válidas. Problema de separación y métodos de planos de corte.

ii. Métodos enumerativos: enumeración implícita, branch-and-bound y branch-and-cut. Casos particulares: Cortes de Gomory, Chvátal-Gomory, ...

6.3 Métodos heurísticos. Métodos constructivos (greedy, GRASP, ...), métodos de mejora. Metaheurísticas.

6.4 Relajación Lagrangiana en programación entera.

i. El dual Lagrangiano. Relación entre dualización y convexificación.

ii. Resolución del dual Lagrangiano: optimización no diferenciable, optimización subgradiente.

6.5 Algunos problemas de optimización combinatoria.

i. Problema de la mochila. Desigualdades válidas y facetes: cover cuts. Separación y desproyección (lifting).

ii. Problema del viajante de comercio (TSP). Propiedades básicas y alternativas de modelación. Desigualdades válidas y su separación: ruptura de subcircuito, 2-matching, comb inequalities.

Dedicación: 75h

Grupo grande/Teoría: 40h

Grupo mediano/Prácticas: 20h

Grupo pequeño/Laboratorio: 15h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

GRUPO A:

A.1 Evaluación Continuada:

- Se realizarán dos exámenes parciales, uno de la primera parte de la asignatura (P1) y una de la segunda parte (P2).
- También se realizará un examen final (EF) que incluirá todo el temario del curso, no obligatorio, que sustituirá a las dos pruebas parciales.
- Para la evaluación de la parte práctica de la asignatura, se propondrá la realización de una práctica individual (PR).

La nota final se obtiene de la ponderación: $\max\{35\%P1+35\%P2+30\%PR, 70\%EF+30\%PR, 100\%EF\}$

A.2. Evaluación única:

La nota final de la asignatura será la nota del examen final (EF).

GRUPO B:

B.1. Evaluación Continuada:

- E1: primera parte de la asignatura. Examen parcial.
- E2: segunda parte de la asignatura
- ER: Ejercicio práctico individual a entregar en las fechas indicadas
- Se valorará la participación en clase

La nota final será: $0.35 \cdot E1 + 0.35 \cdot E2 + 0.3 \cdot ER$, donde

E1: Nota del parcial primera parte de la asignatura.

E2: Nota de la segunda parte de la asignatura.

ER: Nota del ejercicio práctico.

B.2. Evaluación única:

Se hará un único examen final incluyendo todos los temas de la asignatura, y se renunciará automáticamente a E1 y ER.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Luenberger, David G; Ye, Yinyu. Linear and nonlinear programming [en línea]. 3rd ed. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 9780387745022.
- Wolsey, L. A. Integer programming. New York: John Wiley & Sons, 1998. ISBN 0471283665.

Complementaria:

- Bazaraa, M. S; Sherali, Hanif D; Shetty, C. M. Nonlinear programming : theory and algorithms. 3rd ed. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, cop. 2006. ISBN 9780471486008.
- Ahuja, Ravindra K; Magnanti, Thomas L; Orlin, James B. Network flows : theory, algorithms, and applications. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, cop. 1993. ISBN 013617549X.
- Bertsekas, Dimitri P. Nonlinear programming. 2nd ed. Belmont: Athena Scientific, cop. 1999. ISBN 1886529000.
- Cook, W. [et al.]. Combinatorial optimization. New York: Wiley, 1998. ISBN 047155894X.
- Fourer, Robert; Gay, David M; Kernighan, Brian W. AMPL : a modeling language for mathematical programming. 2nd ed. Pacific Grove, CA: Thomson/Brooks/Cole, cop. 2003. ISBN 0534388094.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A. Integer and combinatorial optimization. New York: John Wiley and Sons, 1988. ISBN 047182819X.
- Padberg, M. Linear optimization and extensions. 2nd, revised and expanded ed. New York: Springer-Verlag, 1999. ISBN 3540658335.

RECURSOS

Material informático:

- CPLEX. Software para la resolución de problemas de programación entera
- AMPL. Lenguaje de modelización para optimización matemática

Guía docente

200616 - OC - Optimización Continua

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: FRANCISCO JAVIER HEREDIA CERVERA

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Es recomendable haber cursado entre uno y dos semestres de introducción al álgebra, análisis y optimización/investigación operativa a nivel de grado, aunque no es imprescindible, pues el curso pretende ser autocontenido.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso se compone de sesiones de teoría i laboratorio.

Durante las sesiones de teoría se introducirán la propiedades fundamentales de los problemas y algoritmos de optimización continua, con especial interés por todos los aspectos relacionados con la solución numérica de los problemas prácticos de optimización continua que surgen en el campo de la estadística i la investigación operativa.

Durante las sesiones de laboratorio los alumnos tendrán la oportunidad de aprender como encontrar la solución numérica a los diferentes problemas de optimización continua estudiados en las sesiones de teoría con la ayuda de lenguajes de modelización en optimización matemática (como AMPL y SAS/OR) y software de cálculo numérico y de estadística (como MATLAB o R).

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- * Conocer los diferentes tipos de problemas de optimización continua y comprender sus propiedades.
- * Conocer los principales algoritmos de optimización continua y comprender sus propiedades de convergencia local y global.
- * Conocer algunos de los problemas de optimización continua más importantes del campo de la estadística y la investigación operativa y ser capaces de resolverlos con el algoritmo de optimización más eficiente.
- * Ser capaz de formular y resolver numéricamente instancias reales de problemas de optimización continua de estadística e investigación operativa mediante software de optimización profesional.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Modelización y resolución computacional de problemas de optimización matemàtica.

Descripción:

Problemas de optimización matemàtica en estadística e investigación operativa. Lenguajes de modelización para problemas de optimización matemàtica. Resolutores ("solvers") para problemas de optimización continua.

Dedicación: 41h 40m

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

Aprendizaje autónomo: 26h 40m

Optimización sin restricciones.

Descripción:

Fundamentos de optimización sin restricciones. El método de Nelder-Mead. El método del gradiente. El método del Gradiente conjugado. El método de Newton y Newton modificado. Métodos quasi-Newton.

Dedicación: 41h

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

Aprendizaje autónomo: 26h

Optimización con restricciones

Descripción:

Bases de optimización continua con restricciones: definiciones, mínimos locales y globales, condiciones de optimalidad, problemas convexos. Optimización con restricciones lineales: método del gradiente reducido - conjunto activo, el algoritmo del símplex. Optimización con restricciones no lineales: gradiente reducido generalizado, Lagrangianos proyectados y aumentados, programación secuencial cuadrática.

Dedicación: 42h 20m

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

Aprendizaje autónomo: 27h 20m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Dos trabajos de laboratorio (20% de la nota total cada uno) y un examen final que cubre las dos partes del temario (30% de la nota total cada una).

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Nocedal, Jorge; Wright, Stephen J. Numerical optimization [en línea]. 2nd ed. New York: Springer, 2006 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 0387987932.
- Luenberger, David G. Linear and nonlinear programming [en línea]. 3rd ed. Springer, 2008 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 1402075936.
- Fourer, Robert ;Gay, David M. ;Kernighan, Brian W. AMPL: a modeling language for mathematical programming. 2nd ed. Duxbury Press / Brooks/Cole Publishing Company, 2003. ISBN 0534388094.

Complementaria:

- Athanary, T.S. ; Dodge, Y. Mathematical programming in statistics. NY: John Wiley & Sons, 1993. ISBN 0471592129.
- Bertsekas, Dimitri P. Nonlinear programming. 2nd ed. Belmont: Athena Scientific, 1999. ISBN 1886529000.
- Gill, Philip E.; Murray, Walter; Wright, Margaret H. Practical optimization. London: Academic Press, 1991. ISBN 0122839501.
- Boyd, Stephen ; Vandenberghe, Lieven. Convex optimization. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. ISBN 9780521833783.
- SAS/OR® 9.3 User's guide : mathematical programming [en línea]. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2011 [Consulta: 17/07/2013]. Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/ormpug/63975/PDF/default/ormpug.pdf>.

Guía docente

200618 - OGD - Optimización de Gran Dimensión

Última modificación: 23/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).
Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: ESTEVE CODINA SANCHO

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

* Conocimientos básicos de Investigación Operativa / Optimización / modelización en programación matemática / álgebra lineal básica

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
7. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Teoría:

Se presentan y discuten los contenidos de la asignatura, combinando explicaciones en la pizarra y transparencias.

Problemas:

Se intercalan con la teoría y se presentan y resuelven problemas y estudios de caso.

Prácticas:

Sesiones de laboratorio en que se muestra el uso de software para la resolución de problemas de gran dimensión.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo del curso es introducir el alumno a la resolución de problemas de gran dimensión y presentarle las diferentes metodologías existentes, en particular métodos de descomposición para problemas estructurados y métodos de punto interior.

Al terminar el curso el estudiante debe conocer diferentes tipos de problemas estructurados, ser capaz de identificar la metodología más adecuada para cada problema, y obtener eficientemente la solución al problema de optimización.

Capacidades a adquirir:

- * Identificar ante un modelo de optimización la conveniencia o no de usar una técnica de descomposición.
- * Conocer el papel central de la dualidad lagrangiana y su relación con diversas técnicas de descomposición.
- * Implementar métodos de descomposición empleando lenguajes algebraicos para programación matemática para diversos modelos con la finalidad de resolverlos.
- * Conocer las diferencias entre el método simplex para PL y los métodos de punto interior, y cuando es preferible usar unos o otros.
- * Conocer los fundamentos básicos de métodos de punto interior, para PL, PQ y PNL convexa.
- * Implementar versiones sencillas de métodos de punto interior con lenguajes de alto nivel (matlab), y conocer las herramientas de álgebra lineal necesarias.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Dualidad

Descripción:

1.1. Dualidad en Programación Lineal. Teoremas de dualidad. Holgura complementaria. Algoritmo del Simplex dual. Análisis de sensibilidad, precios sombra. Vértices y rayos de poliedros. Teorema de representación de Poliedros de Farkas Minkowsky. Lema de Farkas.

1.2. Dualidad en Programación Matemática y dualidad lagrangiana: generalización de la dualidad en programación matemática. Dualización y relajación. Equivalencia entre convexificación y dualización. Condiciones de optimalidad. Revisión de las condiciones de Karush-Kuhn-Tucker. Relajación lagrangiana y dualidad. Introducción a la optimización no diferenciable. La optimización subgradiente.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 6h

Métodos de descomposición

Descripción:

2.1 Métodos de descomposición en Programación Matemática. Algoritmo de Cutting Plane de Dantzig y programación lineal generalizada. Método de Dantzig Wolfe. Descomposición basada en recursos. Algoritmo y descomposición de Benders. Métodos de generación de vértices en programación no lineal con restricciones lineales.

Dedicación: 13h 30m

Grupo grande/Teoría: 13h 30m



Métodos de punto interior

Descripción:

Métodos primal-dual de seguimiento de camino. Problemas lineales. Problemas cuadráticos. Sistema aumentado y ecuaciones normales. Direcciones de Newton y predictor-corrector. Extensiones.

Dedicación: 19h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 19h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Evaluación ordinaria:

Realización de trabajos prácticos en cada una de las partes de la asignatura (1ª dualidad y descomposición; 2ª métodos de punto interior). Cada parte pondera un 50% sobre la nota final.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Bradley, S. P.; Hax, A.C.; Magnanti, T.L. Applied mathematical programming. Addison-Wesley, 1977. ISBN 020100464X.
- Chvátal, Vasek. Linear programming. Freeman, 1983. ISBN 0716715872.
- Minoux, M. Vajda, S. Mathematical programming : theory and algorithms. John-Wiley, 1986. ISBN 0471901709.
- Bazaraa, M.S.; Sheraly, H.D.; Shetty, C.M. Nonlinear programming : theory and algorithms [en línea]. 3ª. John-Wiley, 2006 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471787779>.
- Wright, Stephen J. Primal-dual interior-point methods. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997. ISBN 089871382X.

Complementaria:

- Bertsekas, Dimitri P.. Nonlinear programming. Athena Scientific, 1999.
- Sierksma, Gerard. Linear and integer programming theory and practice [en línea]. 2nd ed. Marcel Dekker, 1996 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1683099>. ISBN 0824796950.
- Conejo, A.J.; Castillo, E.; Miguez, R. ; Garcia-Bertrand, R. Decomposition techniques in mathematical programming : engineering and science [en línea]. Springer, 2006 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/3-540-27686-6>. ISBN 9786610625628.
- Shapiro, Jeremy F. Mathematical programming. Structures and algorithms. John Wiley, 1979. ISBN 0471778869.

Guía docente

200642 - ODS - Optimización en Data Science

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).
Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano, Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JORDI CASTRO PÉREZ

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Conceptos básicos de estadística y de optimización/investigación operativa.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

6. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
7. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
8. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
9. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
10. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
11. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.
12. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.
2. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Teoría:

Se presentan y discuten los contenidos de la asignatura combinando explicaciones en la pizarra y transparencias.

Prácticas:

Sesiones de laboratorio en que se muestra el uso de software.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo del curso es introducir al alumno en algunas aplicaciones en "data science" que pueden ser formuladas o solucionadas por técnicas de optimización. La asignatura tiene tres partes, cada una representa aproximadamente 1/3 del total:

1. Solución de problemas estadísticos y de aprendizaje automático usando optimización entera y combinatoria: diseño de experimentos (cuadrados latinos ortogonales), clustering óptimo (k-medoid), clustering heurístico (k-means).
2. Métodos de optimización continua para la solución de problemas de aprendizaje automático: regresión, "support vector machines" y redes neuronales.
3. Introducción al campo del control de la revelación estadística o protección de datos estadísticos: métodos para microdatos y tablas de datos. Esta disciplina propone un conjunto de métodos para garantizar la confidencialidad de datos individuales en diseminar datos estadísticos, sean microdatos o datos agregados en forma tabular. Este problema es de gran importancia para Institutos Nacionales de Estadística, y, en general, cualquier entidad privada u organismo oficial que tenga que divulgar datos.

Capacidades a adquirir:

- * Formular problemas en "data science" como problemas de optimización (clustering, support vector machines, redes neuronales ...)
- * Saber solucionar los problemas de "data science" formulados usando software de optimización y de aprendizaje automático (scikit-learn, tensorflow).
- * Saber qué es el campo del control de la revelación estadística o protección de datos estadísticos.
- * Conocer software para protección de datos y ser capaz de proteger datos usando alguna técnica existente.
- * Familiarizarse con la literatura de optimización en "data science".

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Optimización entera y combinatoria en problemas estadísticos y de "data science".

Descripción:

Conceptos básicos de optimización entera y combinatoria. Modelización de problemas de optimización entera y combinatoria. Aplicaciones: diseño de experimentos (cuadrados latinos ortogonales), clustering óptimo (k-medoids), clustering heurístico (k-means).

Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo mediano/Prácticas: 5h

Optimización continua en problemas de data science.

Descripción:

Regresión ridge y LASSO. Support Vector machines (SVMs): formulación primal, condiciones de optimalidad KKT, dualidad en SVMs, formulación dual, métodos de optimización para SVMs, software para SVMs. Redes neuronales: estructura y modelización de RNs como problema de optimización, métodos de optimización para RNs, software para RNs (scikit-learn, tensorflow).

Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo mediano/Prácticas: 10h

Introducción a la protección de datos estadísticos.

Descripción:

Introducción. Definiciones. Tipos de datos y métodos. Métodos de protección para microdatos. Métodos de protección para datos tabulares. Software de protección de datos.

Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo mediano/Prácticas: 5h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Un examen parcial de la primera parte de la asignatura (40% de la nota) y realización de trabajos prácticos (60% de la nota)

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Cristianini, Nello; Shawe-Taylor, John. An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521780195.
- Willenborg, Leon; Waal, Ton de. Elements of statistical disclosure control. New York: Springer, 2001. ISBN 0387951210.
- Arthanari, T.S. Mathematical programming in statistics. Wiley, 1993. ISBN 0471592129.
- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning [en línea]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016] [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://www.deeplearningbook.org/>. ISBN 9780262035613.
- Nocedal, Jorge; Wright, Stephen J. Numerical optimization [en línea]. New York: Springer, 1999 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 9780387987934.
- Luenberger, David G; Ye, Yinyu. Linear and nonlinear programming [en línea]. 3rd ed. New York: Springer, cop. 2008 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 0387745033.

Guía docente

200638 - OSME - Optimización en Sistemas y Mercados Energéticos

Última modificación: 23/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: FRANCISCO JAVIER HEREDIA CERVERA

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Se recomiendan conocimientos básicos de optimización lineal, entera y no lineal. No obstante, el curso es autocontenido, todos los conceptos necesarios para seguirlo se explican en clase.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

1. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
2. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
3. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
4. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.
8. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
9. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
10. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

Transversales:

5. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.
6. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
7. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso combinará sesiones teóricas y prácticas:

- Las sesiones teóricas se dedicarán a definir y explicar el fundamento de los diferentes problemas que surgen en la operación centralizada y de mercado de los problemas de los sistemas energéticos, su formulación como problemas de programación determinista o estocástica y el estudio de las propiedades de estos modelos.
- Durante las sesiones prácticas (al menos 1/3 del total del curso) todos los modelos desarrollados en las clases teóricas se implementarán mediante lenguajes de modelización matemática (AMPL/AMPLPy/Pyomo) y se utilizarán como herramienta computacional para analizar las propiedades de las soluciones óptimas a las operaciones de sistemas y mercados energéticos.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Se espera que los estudiantes que aprueben este curso:

- Conocer las principales características del sistema de producción de energía a nivel nacional.
- Conocer las propiedades de las diferentes tecnologías de generación (centrales térmicas, hidráulicas, eólicas y fotovoltaicas)
- Saber y ser capaz de formular y resolver los problemas fundamentales en la operación centralizada de sistemas energéticos (Despacho Económico, Flujo Óptimo de Potencia, Asignación de Unidades).
- Entender la estructura y reglas de los mercados eléctricos (diario, de regulación, de ajuste, bilateral y de futuros), y conocer las propiedades y cómo calcular el punto de equilibrio (market clearing) para algunos de estos mercados a través del correspondiente modelo de optimización matemática.
- Comprender las diversas fuentes de incertidumbre en los sistemas y mercados de energía, cómo representar estas incertidumbres, junto con alguna medida de riesgo, a través de escenarios de probabilidad y la adecuada modelización de la programación estocástica.
- Comprender las características y propiedades de los diferentes problemas de funcionamiento del mercado (oferta óptima de generación del productor, oferta óptima de compra del consumidor, comercialización minorista óptima a medio plazo).
- Ser capaz de formular, desarrollar la implementación computacional y encontrar la solución óptima del modelo de programación estocástica para algunos problemas de funcionamiento del mercado.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Introducción: operación centralizada vs. de mercado de los sistemas de energía.

Descripción:

El sistema mayorista nacional de producción de energía.
Sistemas de energía nacionales centralizados versus liberalizados.
Organización de los mercados eléctricos.
La incertidumbre en la optimización de los sistemas y mercados de energía.

Dedicación: 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Optimización de operaciones de sistemas de energía centralizados.

Descripción:

Modelización de unidades de generación.
Despacho Económico
Flujo de Carga Óptimo.
Asignación de Unidades.
Resolución de casos de estudio con AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 9h

Modelos de casación del mercado

Descripción:

Funciones de utilidad, "surplus" de productores y consumidores, Beneficio Social, condiciones de equilibrio del mercado.
Modelo de Subasta de Periodo Único.
Modelo de Subasta de Periodo Múltiple.
Modelos de subasta restringida de transmisión: precios nodales.
Casació acoplada del mercat elèctric europeu: model EUPHEMIA.
Solución de casos d'estudio con AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 9h

Programación estocástica en optimización de la energía.

Descripción:

Incertidumbre en la optimización de sistemas y mercados energéticos.
Introducción a la programación estocástica: despacho económico con demanda estocástica.
El valor de la solución estocástica.
Gestión del riesgo.
Generación de escenarios de probabilidad.
Solución de casos de estudio con AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 6h

Modelos estocásticos de oferta óptima de generación.

Descripción:

Oferta óptima para unidades de generación renovable: oferta precio-aceptante.
Oferta óptima para unidades de generación térmica: curva de oferta marginal
Oferta óptima con restricciones de rampa.
Oferta óptima con contratos bilaterales.
Solución de casos de estudio con AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 9h



SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota final de la asignatura se basará en una serie de trabajos de laboratorio donde se pedirá a los alumnos que formulen, implementen con AMPL/AMPLPy/Pyomo y analicen algunos problemas de optimización de sistemas y mercados de energía similares a los estudiados durante el curso.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Gómez Expósito, Antonio; Conejo, Antonio J.; Cañizares, Claudio. Electric energy systems : analysis and operation [en línea]. Boca Raton: CRC Press, 2009 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=359945>. ISBN 9780849373657.
- Conejo, Antonio J.; Carrión, Miguel; Morales, Juan M. Decision making under uncertainty in electricity markets. Springer, 2010. ISBN 9781441974204.
- Zhu, Jizhong. Optimization of power system operation [en línea]. Piscataway, N.J: Wiley-IEEE, 2009 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=456286>. ISBN 9780470298886.

Complementaria:

- Pérez-Arriaga, Ignacio J. Regulation of the power sector [en línea]. 2013 [Consulta: 16/06/2025]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4471-5034-3>. ISBN 9781447150343.

Guía docente

200603 - PIPE - Probabilidad y Procesos Estocásticos

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 749 - MAT - Departamento de Matemáticas.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JOSE FABREGA CANUDAS

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Los estudiantes han de estar familiarizados con los conceptos desarrollados en un primer curso de grado sobre teoría de la probabilidad. En particular, se requieren conocimientos básicos de los temas siguientes:

- Cálculo elemental de probabilidades.
- Modelos de probabilidad básicos: distribución binomial, geométrica, de Poisson, uniforme, exponencial y normal.
- Variables aleatorias. Funciones de distribución y de densidad conjuntas. Independencia y correlación.

Los conceptos necesarios para el seguimiento del curso pueden encontrarse, por ejemplo, en las referencias siguientes:

- C.M Grinstead and J.L. Snell, Introduction to Probability (cap. 1-7), http://www.dartmouth.edu/chance/teaching_aids/books_articles/probability_book/book
- J. Blitzstein and J. Hwang, "Introduction to Probability", CRC Press, 2019.
- S. Ross, A First Course in Probability, 8th ed., Pearson Education International, 2010.
- M. Sanz-Solé, Probabilitats, Univ. Barcelona, 1999.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

2. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
3. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Las horas de clase semanales combinan sesiones de teoría y de problemas. En las teóricas se exponen los conceptos principales y los resultados más importantes, con ejemplos diversos que ayudan a su comprensión. Se presentan algunas demostraciones que por su contenido y desarrollo resulten pedagógicamente creativas y formativas. En las sesiones de problemas se hacen ejercicios operativos y se resuelven cuestiones y problemas más conceptuales.

Se podrán encargar listas de problemas para resolver y trabajos guiados individuales o en grupo.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo general de la asignatura es introducir al estudiante en la modelización de fenómenos aleatorios. El núcleo del curso consiste en problemas de convergencia estocástica que son esenciales en estadística (leyes de los grandes números y teorema central del límite) y en una introducción a los procesos aleatorios (procesos de ramificación, paseos aleatorios, cadenas de Markov, el proceso de Poisson). Se introducen a la vez los métodos transformados (funciones generadoras y función característica). Se da importancia especial al estudio de aplicaciones específicas de las unidades teóricas del curso.

Resultados del aprendizaje:

- Utilizar correctamente funciones generadoras de probabilidad y de momentos, y funciones características.
- Conocer la ley normal multidimensional y dominar los cálculos con variables aleatorias conjuntamente gaussianas.
- Entender los diferentes modos de convergencia de sucesiones de variables aleatorias, así como el significado preciso de las leyes de los grandes números y del teorema central del límite.
- Conocer los conceptos básicos sobre procesos estocásticos.
- Saber trabajar con cadenas de Markov. Conocer el significado de las distribuciones estacionarias y de los teoremas ergódicos.
- Conocer el proceso de Poisson.
- Capacidad para identificar modelos de probabilidad basados en los resultados teóricos del curso.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Funciones Generadoras y Función Característica

Descripción:

- 1.1 Funciones generadoras de probabilidades y de momentos.
- 1.2 La función característica.
- 1.3 Suma de un número aleatorio de variables aleatorias independientes.
- 1.4 Distribuciones con parámetros aleatorios.
- 1.5 Aplicación a la media y varianza muestrales.

Dedicación: 14h 30m

Clases teóricas: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 10h

2. Procesos de Ramificación

Descripción:

- 2.1 El proceso de Galton-Watson.
- 2.2 Aplicación al crecimiento de poblaciones.
- 2.3 Probabilidades de extinción.
- 2.4 Función generadora de probabilidades de la generación n -ésima.

Dedicación: 11h

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 8h

3. La Ley Gaussiana Multidimensional

Descripción:

- 3.1 Función característica conjunta de variables aleatorias gaussianas independientes.
- 3.2 La ley gaussiana multidimensional.
- 3.3 Transformaciones lineales.
- 3.4 Dependencia lineal y distribuciones gaussianas singulares.
- 3.5 Densidad gaussiana n -dimensional.

Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 10h

4. Sucesiones de Variables Aleatorias

Descripción:

- 4.1 La ley débil de los grandes números. Convergencia en probabilidad.
- 4.2 El teorema central del límite. Convergencia en distribución.
- 4.3 Convergencia en media cuadrática.
- 4.4 La ley fuerte de los grandes números. Convergencia quasi-segura.
- 4.5 Los lemas de Borel-Cantelli. Ejemplos de aplicación.
- 4.6 Aplicación a estimadores estadísticos.

Dedicación: 17h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

5. Paseos Aleatorios

Descripción:

- 5.1 Paseos aleatorios unidimensionales.
- 5.2 Retornos al origen.
- 5.3 Paseos aleatorios en el plano y el espacio.
- 5.4 Introducción al movimiento browniano.

Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 10h

6. Cadenas de Markov

Descripción:

- 6.1 Cadenas de Markov. Propiedad de Markov.
- 6.2 Las ecuaciones de Chapman-Kolmogorov.
- 6.3 Estados recurrentes y estados transitorios.
- 6.4 Cadenas absorbentes.
- 6.5 Distribuciones estacionarias y distribuciones límite.
- 6.6 Aplicación a los métodos de Montecarlo.

Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 16h

7. El Proceso de Poisson

Descripción:

- 7.1 Procesos estocásticos de tiempo continuo: conceptos básicos.
- 7.2 El proceso de Poisson.
- 7.3 Estadística de las transiciones.
- 7.4 Procesos de nacimiento-muerte.

Dedicación: 25h

Clases teóricas: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 16h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota final de la asignatura (NF) se calculará de la forma siguiente:

$$NF = \max(EF, 0.4*EF + 0.4*EP + 0.2*T)$$

donde EF es la nota del examen final, EP es la nota del examen parcial y T es la nota de los ejercicios y trabajos encargados durante el curso.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Gut, A. An Intermediate course in probability [en línea]. Springer Verlag, 1995 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-0162-0>. ISBN 0387945075.
- Durrett, R. Essentials of stochastic processes [en línea]. Springer-Verlag, 1999 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-3615-7>. ISBN 038798836X.

Complementaria:

- Tuckwell, H.C. Elementary applications of probability. 2nd ed. Chapman & Hall, 1995. ISBN 0412576201.
- Ross, S.M. Introduction to probability models [en línea]. 10th ed. Academic Press, 2010 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a: <https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123756862/introduction-to-probability-models>. ISBN 9780123756862.
- Blitzstein, J.K.; Hwang, J. Introduction to probability. Second edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019. ISBN 9781138369917.
- Grimmett, G; Welsh, D. Probability : an introduction [en línea]. Oxford: Oxford University Press, 2014 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a :



<https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1791152>. ISBN 9780191019920.

- Sanz Solé, M. Probabilitats. Univ. de Barcelona, 1999. ISBN 8483380919.

- Grimmet, G.R.; Stirzaker, R.R. Probability and random processes. 3rd ed. Oxford Univ. Press, 2001. ISBN 0198572220.

Guía docente

200617 - PE - Programación Estocástica

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JORDI CASTRO PÉREZ

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Conocimientos básicos de Investigación Operativa / Optimización / Modelización en programación matemática.

REQUISITOS

Asignatura introductoria de Investigación Operativa.

O capítulos 1-3 de "F.S. Hillier, G.J. Lieberman, Introduction to Operations Research, McGraw-Hill" (o primeros capítulos de libro similar).

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
7. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Teoría:

Se presentan y discuten los contenidos de la asignatura combinando sesiones de teoría, problemas y laboratorio.

Problemas:

Se intercalan con la teoría y se presentan y resuelven problemas y estudios de caso.

Prácticas:

Sesiones de laboratorio en que se muestra el uso de software para la resolución de problemas de programación estocástica.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo del curso es introducir el alumno a los problemas de la modelización de sistemas en presencia de incertidumbre, y familiarizarlo en las técnicas y algoritmos para tratarlos. El curso trata el caso de la programación estocástica, u optimización de problemas donde intervienen variables aleatorias. Se proporcionan las bases de la modelización y programación estocástica y se pretende que el estudiante al finalizar el curso sea capaz de identificar, modelizar, formular y solucionar problemas de toma de decisiones en que intervengan tanto variables deterministas como aleatorias.

Capacidades a adquirir:

- * Identificar ante un problema la posibilidad de plantearlo como problema de optimización estocástica.
- * Formular problemas de optimización estocástica, determinando decisiones de primera, segunda y sucesivas etapas.
- * Conocer las propiedades básicas de los problemas de optimización estocástica.
- * Conocer métodos de resolución especializados para problemas estocásticos.
- * Conocer y usar software para la resolución de problemas estocásticos, de alcance general (AMPL) y específicos (NEOS Server).

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Introducción.

Descripción:

Presentación. Programación Estocástica en IO. Relación con otros métodos estocásticos.

Dedicación: 60h

Clases teóricas: 38h

Clases prácticas: 10h

Clases de laboratorio: 12h

Modelización Estocástica.

Descripción:

Introducción a la Programación Estocástica. Ejemplos de modelos: dos etapas, multietapa, restricciones probabilistas, no lineales. Modelización con incertidumbre. Formulación de problemas estocásticos, aversión al riesgo, restricciones probabilistas.



Propiedades básicas.

Descripción:

Propiedades básicas de los problemas de programación estocástica y teoría. Conjuntos factibles, función de recurso, problemas enteros estocásticos.

Análisis de las soluciones. El valor de la solución estocástica i el valor de la información perfecta.

Métodos de solución.

Descripción:

Problemas de dos etapas con recurso. Métodos de descomposición: Solución del problema primal (método L-Shapped, versión con diversos cortes); solución del problema dual (método Dantzig-Wolfe). Métodos de factorización de matrices con explotación de estructura. Métodos de punto interior para problemas estocásticos. Métodos para problemas multietapa, enteros y no lineales.

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Avaluación ordinaria:

Examen y realización de un trabajo práctico. La nota final estará compuesta en un 65% de la parte de teoría y un 35% de la parte práctica.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Birge, J.R.; Louveaux, F. Introduction to stochastic programming [en línea]. Springer, 1997 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97617>. ISBN 1280010053.
- Kall, P.; Wallace, S.W. Stochastic programming. Wiley, 1994. ISBN 0471951587.
- Prékopa, András. Stochastic programming. Kluwer Academic Publishers, 1995. ISBN 0792334825.

Guía docente

200645 - PBDE - Programación y Bases de Datos Estadísticas

Última modificación: 25/06/2025

Unidad responsable:	Facultad de Matemáticas y Estadística	
Unidad que imparte:	723 - CS - Departamento de Ciencias de la Computación. 707 - ESAII - Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial.	
Titulación:	MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).	
Curso: 2025	Créditos ECTS: 5.0	Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: Àlex Barceló Cuerda

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Asignatura no obligatoria.

El estudiante ya ha desarrollado diversas capacidades estadísticas y/o de investigación operativa anteriormente.

Se requiere un nivel B2 (Cambridge First Certificate, TOEFL PBT >550) de inglés.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
4. CE-4. Capacidad de utilizar los diferentes procedimientos de inferencia para responder preguntas, identificando las propiedades de los diferentes métodos de estimación y sus ventajas e inconvenientes, adaptados a una situación concreta y con un contexto específico.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
7. CE-7. Capacidad para comprender artículos de estadística e investigación operativa de nivel avanzado. Conocer los procedimientos de investigación tanto para la producción de nuevos conocimientos como para su transmisión.
8. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

Transversales:

2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

10. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

11. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso está dividido en 2 módulos que se imparten de forma sucesiva. Cada módulo consta aproximadamente de la mitad de las sesiones. Todas las clases son teórico-prácticas y en ellas el profesorado presenta y discute los conceptos básicos de cada módulo. El material de soporte que se utilizará será publicado con anterioridad en Atenea (guía docente, contenidos, transparencias del curso, ejemplos, programación de actividades de evaluación, bibliografía,...).

El estudiante deberá dedicar las horas de aprendizaje autónomo al estudio de los temas del curso, ampliación bibliográfica y seguimiento de las prácticas de laboratorio.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

En este curso presentan y discuten herramientas y técnicas para preparar a los estudiantes a la ciencia de los datos. Los principales conceptos introducidos en clase abarcarán herramientas y métodos para el almacenamiento y análisis de datos, incluyendo bases de datos relacionales, noSQL y distribuidas, computación científica, "machine learning" aplicado y "deep learning" con Python. También se estudiarán Scala y Spark. El curso consta de dos módulos principales.

MÓDULO 1:

El primer módulo cubrirá un curso intensivo de python científico para el análisis de datos. Este curso incluirá cuatro puntos:

- * Introducción al lenguaje Python como una herramienta. ipython, ipython notebook (jupyter), tipos básicos, mutabilidad e inmutabilidad y programación orientada a objetos.
- * Breve introducción a Python numérico y matplotlib para visualización gráfica.
- * Introducción a los kits científicos para el análisis de datos con mchinelearning. Análisis de componentes principales, clustering y análisis supervisado con datos multivariados.
- * Introducción al Deep Learning con Python.

MÓDULO 2:

Presentamos el lenguaje Scala y la arquitectura Spark.

- * Scala como un lenguaje funcional y las colecciones de Scala.
- * Spark y RDD (Resilient Distributed Data Sets).
- * Spark y SQL.
- * Introducción a MLlib.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Introducción a Python

Descripción:

- 'Por qué Python?
- Historia de Python
- Instalación de Python
- Recursos de Python

Dedicación: 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

Introducción a NumPy

Descripción:

- a. Visión de conjunto
- b. Matrices
- c. Operaciones en arrays
- d. Arrays avanzados (ndarrays)
- e. Notas sobre el rendimiento (\%timeit en ipython)

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Matplotlib

Descripción:

- a. Introducción
- b. Figuras y subplots
- c. Ejes y control adicional de las figuras
- d. Otros tipos de gráficos
- e. Animaciones

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Introducción a Pandas

Descripción:

contenido castellano

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

scikit-learn

Descripción:

- a. Conjuntos de datos
- b. Generadores de muestras
- c. Aprendizaje no supervisado
- d. Aprendizaje supervisado
 - i. Análisis Discriminante Lineal y Cuadrático
 - ii. Vecinos más cercanos
 - iii. Máquinas de soporte vectorial (Support Vector Machines)
- e. Selección de características

Dedicación: 8h

Grupo grande/Teoría: 8h

Introducción práctica a Scikit-learn

Descripción:

a. Resolver un problema de caras principales (eigenfaces)

i. Objetivos

ii. Descripción de los datos

iii. Clases iniciales

iv. Importación de datos

b. Análisis no supervisado

i. Estadísticas descriptivas

ii. Análisis de componentes principales

iii. Clustering

c. Análisis supervisado

i. K-Vecinos más cercanos

ii. Clasificación con soporte vectorial

iii. Validación cruzada

Dedicación: 5h 30m

Grupo grande/Teoría: 5h 30m

Arquitectura Spark y Spark Core

Descripción:

a. Arquitectura Spark: en particular, Spark Core

b. Contexto de chispa

c. Tipos de operaciones: transformaciones y acciones

d. RDD: Conjuntos de Datos Distribuidos Resistentes

e. Clausura de una función

Dedicación: 5h

Grupo grande/Teoría: 5h

Spark: MLlib

Descripción:

a. Descripción del MLlib.

b. Labeled Points y features

c. Ejemplo de regresión lineal

Dedicación: 5h

Grupo grande/Teoría: 5h

Spark SQL

Descripción:

a. Lectura de un archivo.

b. Spark Data Frame.

do. Selección, filtros, agrupamiento, clasificación.

re. Operaciones de ventana

do. SQL

Dedicación: 7h 30m

Grupo grande/Teoría: 7h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

- 1/4 Examen escrito del primer módulo.
- 1/4 Examen escrito del segundo módulo.
- 1/2 Práctica final en bases de datos grandes que integran conceptos de ambos módulos.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Langtangen, H.P. A Primer on scientific programming with Python [en línea]. Springer, 2011 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-642-30293-0>. ISBN 9783642183652.
- Shapiro, B.E. Scientific computation: Python hacking for math junkies. Sherwood Forest Books, 2015. ISBN 9780692366936.
- Melton, Jim; Simon, Alan R. SQL : 1999 : understanding relational language components. San Francisco [etc.]: Morgan Kaufmann, cop. 2002. ISBN 1558604561.

Complementaria:

- Zaharia, M.; Karau, H.; Konwinski, A.; Wendell, P. Learning spark lightning-fast big data analysis. 2015. O'Reilly Media, ISBN 9781449358624.
- Spector, P. Concepts in computing with data (Stat 133, UC Berkeley) [en línea]. Berkeley, 2011 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <http://www.stat.berkeley.edu/~s133/>.

Guía docente

200610 - ST - Series Temporales

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable:	Facultad de Matemáticas y Estadística		
Unidad que imparte:	715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa. 1004 - UB - Universitat de Barcelona.		
Titulación:	MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).		
Curso: 2025	Créditos ECTS: 5.0	Idiomas: Inglés	

PROFESORADO

Profesorado responsable: JOSE ANTONIO SÁNCHEZ ESPIGARES

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

El curso asume los niveles básicos de estadística similares a las que se puede alcanzar en el primer semestre del Master. Los alumnos deben estar familiarizados con los conceptos relacionados con los modelos estadísticos, como los modelos lineales, y la prueba de hipótesis y significación estadística.

Algunos conceptos básicos relacionados con la metodología de Box-Jenkins para el ajuste de modelos ARIMA ayudaría a seguir el curso (ver los tres primeros capítulos de 'Time Series Analysis and Its Applications. With R examples' 3rd Edition Shumway and Stoffer <http://www.stat.pitt.edu/stoffer/tsa3/>).

Aunque muchos ejemplos proceden del ámbito econométrico, la metodología del curso puede ser aplicado en diferentes áreas (ecología, epidemiología, ingeniería, ...)

Se tratarán métodos de predicción basados en técnicas Machine Learning, en concreto redes neuronales artificiales (ANN).

El curso introducirá técnicas relacionadas con los modelos de espacio de estado y el filtro de Kalman. Conocimientos básicos previos de este entorno también ayudará a seguir el curso, pero no es esencial.

Un buen conocimiento del lenguaje de programación R puede ayudar a obtener el máximo provecho del curso.

REQUISITOS

Se valorará conocimientos sobre el modelo lineal

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
4. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
5. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
6. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.

Transversales:

1. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.

2. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

* Teoría:

Son sesiones de 1.5 horas donde se presentan y discuten los contenidos de la asignatura con ayuda de transparencias. El profesor, con ayuda del ordenador, muestra ejemplos prácticos de resolución de problemas de series temporales (todos los ficheros usados por el profesor son públicos en la red de la FME). Los estudiantes disponen al inicio del curso de los apuntes de la asignatura.

* Laboratorio:

Son sesiones de 1,5 horas semanales de laboratorio, en las cuales los estudiantes trabajan, con la ayuda del profesor, siguiendo el guión previamente distribuido, sobre problemas y/o casos prácticos.

* Prácticas:

Hay dos prácticas, a realizar en parejas, consistentes cada una en la resolución de casos que se han de tratar parcialmente en las sesiones de laboratorio. Cada práctica se realizará fuera del horario lectivo y puntuará para la nota final. La presentación de los informes de las prácticas se realizará dentro del plazo de dos semanas después de hacerse público el guión.

También, al final del curso cada grupo de estudiantes ha de preparar un informe escrito sobre unos datos reales.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo del curso es que el estudiante profundice en la sistemática y el análisis de series temporales univariantes y multivariantes, cuando se dispone de variables aleatorias que no son independientes entre sí.

El estudiante ha de:

- * Adquirir los fundamentos teóricos y experiencia en el uso de la metodología para construir modelos y obtener previsiones de casos reales de series temporales en diferentes campos, en especial en aplicaciones econométricas y financieras.
- * Consolidar los conocimientos teóricos y prácticos para identificar, estimar, validar y modelizar series temporales univariantes y multivariantes y hacer previsiones. Modelos ARIMA y AR.
- * Valorar los impactos de las intervenciones y detectar datos atípicos y efectos de calendario.
- * Aplicar y valorar las predicciones obtenidas mediante redes neuronales artificiales.
- * Comprender la formulación de modelos en espacio de estado y el filtro de Kalman para explicar la evolución de variables no observables a partir de otras, relacionadas con ellas, que sí podemos observar.
- * Iniciarse en los modelos de volatilidad para datos económicos.

Capacidades a adquirir:

- * Conocer y utilizar los modelos univariantes y multivariantes para series temporales.
- * Ante una serie temporal real, ser capaz de decidir qué tipo de modelo es el más adecuado.
- * Utilización y programación de algoritmos de estimación y previsión utilizando R.
- * Presentar los resultados del análisis de un caso real.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	22,5	18.00
Horas grupo pequeño	22,5	18.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Análisis y modelización de series temporales univariantes. Modelos ARIMA. Previsión con modelos ARIMA

Descripción:

470/5000

- Estudio exploratorio de los datos de una serie: tendencia, estacionalidad y ciclos. Transformación de los datos
- Dependencia dinámica: autocorrelación y autocorrelación parcial
- Procesos estocásticos estacionarios. Modelos ARMA. Invertibilidad y estacionariedad del modelo
- Procesos estocásticos no estacionarios. Modelos ARIMA y ARIMA estacionales.
- Identificación, estimación y validación del modelo. Criterios para la selección del mejor modelo
- Previsiones con los modelos ARIMA

Dedicación: 36h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Aprendizaje autónomo: 24h

Datos atípicos, efectos calendario y análisis de intervención

Descripción:

- Técnicas y algoritmos para la detección automática de datos atípicos, efectos de calendario (Semana Santa y Días Laborables) y análisis de intervención.

Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

Técnicas de predicción basadas en Machine Learning

Descripción:

- Métodos de predicción basados en Machine Learning: Redes Neuronales Artificiales y Regresión con Vectores Soporte
- Validación y análisis de sensibilidad. Medidas de comparación con modelos estadísticos

Dedicación: 7h

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 4h

Aplicaciones del filtro de Kalman

Descripción:

- Utilización de la formulación de Kalman para el filtrado y el alisado de los datos y para la estimación de parámetros.
- Formulación en espacio de estado de modelos ARMA y ARIMA y estimación máximo verosímil de parámetros de series uni y multivariantes.
- Tratamiento de datos faltantes con el filtro de Kalman

Dedicación: 36h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Aprendizaje autónomo: 24h

Modelos estructurales en espacio de estado

Descripción:

Modelos estructurales de series temporales: estimación y validación.

Dedicación: 7h 30m

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 1h 30m

Introducción a los modelos con volatilidad

Descripción:

- Características estadísticas de las series financieras: Asimetría y Kurtosis
- Volatilidad en series económicas y en los mercados financieros: modelos ARCH, GARCH y con volatilidad estocástica.

Dedicación: 7h 30m

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 1h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Entrega de ejercicios resueltos por parte de los estudiantes. Informes sobre series reales. Exámenes parciales y finales.

La nota final de la asignatura (N) se obtiene a partir de la nota de los cuestionarios presentados en las sesiones de laboratorio (NI), de la modelización de un caso real (Nmr) y del examen final (Nf) de acuerdo a la expresión:

$$N=0.2*NI+0.25*Nmr+0.55*Nf$$

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Shumway, R. H.; Stoffer, D. S. Time series analysis and its applications : with R examples [en línea]. 4th ed. New York: Springer, 2017 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-36276-2>. ISBN 9780387293172.
- Box, George E. P.; Jenkins, G.M.; Reinsel, G.C. Time series analysis : forecasting and control. 4th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2008. ISBN 9780470272848.
- Peña Sánchez de Rivera, Daniel. Anàlisis de series temporales. Madrid: Alianza Editorial, 2005. ISBN 8420691283.
- Brooks, Chris. Introductory econometrics for finance. 2nd ed. Cambridge: University Press, 2008. ISBN 9780521873062.
- Harris, Richard I. D.; Sollis R. Applied time series modelling and forecasting. Chichester: John Wiley, 2003. ISBN 0470844434.
- Enders, W. Applied econometric time series. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2004. ISBN 0471230650.

Complementaria:

- Durbin, J.; Koopman, S.J. Time series analysis by state space methods. New York: Oxford University Press, 2001. ISBN 0198523548.
- Brockwell, P.J.; Davis, R.A. Time series: theory and methods. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1991. ISBN 0387974296.
- Peña, D.; Tiao, C.G.; Tsay, R. (eds.). A Course in time series analysis. New York: John Wiley, 2001. ISBN 047136164X.
- Lütkepohl, Helmut; Krätzig, M. (eds.). Applied time series econometrics. New YORK: Cambridge Univ. Press, 2004. ISBN 052183919X.
- Lütkepohl, Helmut. New introduction to multiple time series analysis [en línea]. Berlin: Springer, 2006 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-540-27752-1>. ISBN 9783540262398.
- Cryer, Jonathan D. Time series analysis : with applications in R [en línea]. 2nd ed. New York: Springer Text in Statistics, 2008 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-75959-3>. ISBN

9780387759586.

- Commandeur, Jacques J. F.; Koopman S. J. An Introduction to state space time series analysis. Oxford: Oxford University Press, 2007. ISBN 9780199228874.

- Tsay, Ruey S. Analysis of financial time series [en línea]. 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010 [Consulta: 28/06/2023].

Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470644560>. ISBN 0471690740.

Guía docente

200608 - SIM - Simulación

Última modificación: 16/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: ESTEVE CODINA SANCHO

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

- * Probabilidades, inferencia estadística y Modelos Lineales
- * Conocimientos de algún lenguaje de programación de propósito general y en particular de desarrollo de scripts. Conocimientos del entorno de software estadístico R.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

4. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
5. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
6. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
7. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
8. CE-8. Capacidad de discutir la validez, el alcance y la relevancia de estas soluciones y saber presentar y defender sus conclusiones.

Transversales:

1. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

- Clases teóricas y problemas
- Sesiones prácticas
- Trabajos dirigidos

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Introducir al alumnado en la metodología de simulación de Montecarlo para estudiar las propiedades de métodos estadísticos. Introducir a la simulación como una técnica de la Investigación Operativa para tratar con modelos de sistemas cuando los métodos analíticos no son aplicables por no existir o por no ser computacionalmente eficientes. Profundizar en la metodología de la construcción de modelos para la toma de decisiones. Presentar una visión panorámica de los métodos de simulación y en particular los de simulación de sistemas discretos. Que el alumnado haga el aprendizaje del enfoque específico del método de la programación de sucesos. Familiarizar al alumnado con los métodos estadísticos de análisis de los datos de simulación: caracterización de la aleatoriedad de los datos de entrada, los métodos de Montecarlo para la generación de muestras, el diseño de experimentos y el análisis de los resultados de la simulación.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

- Tema 1. Modelos de sistemas discretos

Descripción:

Introducción a la Simulación. Usos en Estadística e Investigación Operativa. Casos de estudio básicos. Cadenas de Markov de P. Continuo y Colas, Colas exponenciales, no exponenciales, por lotes. Sistemas en tandem y con bloqueo. Método de las etapas.

Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 7h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h 30m

Aprendizaje autónomo: 14h 30m

Tema 2. Input Data Analysis.

Descripción:

El análisis del sistema: procesos de recogida de datos y adquisición de conocimiento. El análisis de la aleatoriedad. Técnicas de análisis descriptivo de datos. Formulación de hipótesis probabilísticas, ajuste y validación de modelos de simulación.

Dedicación: 19h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 13h

Tema 3. Generación de muestras.

Descripción:

Generación de secuencias pseudoaleatorias. Métodos generales de generación de distribuciones discretas i continuas. Generación de las principales distribuciones invariantes. Generación de vectores aleatorios. Generación de procesos estocásticos.

Dedicación: 22h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h 30m

Aprendizaje autónomo: 14h 30m

Tema 4. Introducción a la simulación de sistemas discretos.

Descripción:

Los modelos de simulación. Simulación discreta y simulación continua. Modelos teóricos para la modalització de sistemas discretos: Sistemas de espera. Régimen estacionario. Fórmula de Little. Perspectiva de Modelos Exponenciales. Modelos GI/G/s, aproximaciones. El análisis del sistema: identificació de entidades, atributos y relaciones. Formalización del modelo de simulación. Metodología de simulación de sistemas discretos "event-scheduling". Simulación de Cadenas de Markov y Colas. Método de Gillespie. Ejemplos y aplicaciones.

Dedicación: 24h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 15h

Tema 5. Análisis estadístico en experimentos de simulación

Descripción:

Simulaciones con horizonte finito. Simulaciones con horizonte infinito: técnicas de batch-means, métodos regenerativos, etc. Técnicas de reducción de variancia. Diseño de experimentos de simulación.

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 6h

Tema 6. Introducción al bootstrap y a los tests de permutaciones

Descripción:

Bootstrap, principio "plug-in" y simulación. Bootstrap paramétrico y no paramétrico. Intervalos de confianza bootstrap. Tests de permutaciones: exactos y de Montecarlo. Algunos tests de permutaciones.

Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 17h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación se efectuará mediante 2 Trabajos Prácticos: P1 de simulación en Estadística, bootstrap y permutaciones, y el otro, P2 de diseño y construcción un simulador de Colas.

Es necesario haber entregado los dos trabajos prácticos para obtener una nota ponderada según $N=0.5P1 + 0.5P2$

Sea "E" la nota de exámenes (media de parcial y final si se ha superado el parcial, o bien final solamente) y "T" la nota media de los trabajos. La nota final será $0.5E + 0.5T$.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Gentle, J.E. Elements of computational statistics [en línea]. Springer, 2002 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97337>. ISBN 0387954899.
- Banks, J. [et al.]. Discrete-event system simulation [en línea]. Prentice Hall, 2005 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=5174427>. ISBN 0132174499.
- Law, Av.M.; Kelton, W.D. Simulation modeling and analysis. 5th ed. McGraw-Hill, 2014. ISBN 1259254380.
- Fishman, G.S. Discrete-event simulation modeling, programming and analysis. Springer, 2001. ISBN 0387951601.
- Robert, C.P.; Casella, G. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Ross, S.M. Simulation. 4a ed. Academic Press, 2006. ISBN 0125980639.
- Kroese, Dirk P.; Taimre, Thomas; Botev, Zdravko I. Handbook of Monte Carlo methods. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 9780470177938.
- Efron, B.; Tibshirani, R. An Introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, 1993. ISBN 0412042312.
- Good, Phillip I. Permutation, parametric and bootstrap tests of hypotheses [en línea]. 3rd ed. New York, NY: Springer Science+Business Media, Inc, 2005 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b138696>. ISBN 9780387271583.

Guía docente

200623 - SPDE - Simulación para la Toma de Decisiones Empresariales

Última modificación: 29/05/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: PAU FONSECA CASAS

Otros:

REQUISITOS

El curso asume los niveles básicos de estadísticas similares a los que se pueden alcanzar en el primer semestre de la maestría. El estudiante debe estar familiarizado con los conceptos de prueba de hipótesis, significación estadística y análisis de la varianza. Conceptos necesarios para seguir el curso pueden encontrarse, por ejemplo, en el texto "Simulation modeling and analysis" de Law, A. M.; Kelton, W.D.

El curso asume una buena actitud hacia cuestiones relacionadas a los negocios y la toma de decisiones, a pesar de que las cuestiones ambientales y sociales también se discutirá debido a su inherente relación con las empresas y el proceso de toma de decisiones.

Idealmente este curso se imparte después de la introducción a la simulación como parte de un plan de estudios orientado a la simulación. Aunque es interesante haber cursado "SIM-Simulación" y tener una cierta familiaridad con los problemas que pueden resolverse mediante las técnicas desarrolladas allí, no se considera esencial.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

5. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
6. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
7. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.

Transversales:

1. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
4. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura es eminentemente práctica y pretende que el alumno, a partir de un conjunto de entregables que se desarrollan en el laboratorio sea capaz, al final del curso, de resolverlas problemas reales similares a los planteados en clase.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Introducir el análisis de problemas reales en el mundo de la fabricación, la logística, la mejora de procesos o el dimensionamiento y ajuste de servicios en el marco de la Industria 4.0. Se trata, basándose en las metodologías docentes apropiadas a cada contexto, de realizar los pasos necesarios para conducir un proyecto de simulación que permita la mejora del rendimiento de un sistema o que dé soporte efectivo a la toma de decisiones en situaciones de incertidumbre o riesgo.

* Con esta finalidad, se presentan y debaten diversos proyectos de aplicación desarrollados en el ámbito profesional, se determinan los posibles objetivos del estudio, se determinan las aproximaciones metodológicas más apropiadas para el modelo planteado en función de estos proyectos, y se sugieren las herramientas más potentes y efectivas para la resolución del problema.

* Estudio y caracterización de los datos necesarios para la simulación, se diseñarán los escenarios de experimentación a evaluar, se estudiarán las necesidades de representación gráfica, tanto de los modelos como de los resultados y de las características de interactividad y de usabilidad de los entornos de desarrollo de los proyectos.

* Se diseñarán los procesos de forma que garanticen, dentro de lo que permita el tiempo disponible para el desarrollo de la asignatura, unos criterios básicos de verificación y de validación de los modelos y de los resultados de la simulación.

* Se introducen los conceptos relacionados con la acreditación de componentes y de modelos de simulación y de los procesos asociados al ciclo de vida de un proyecto de simulación. Se valorarán aspectos relacionados con el código ético exigible en el diseño y explotación de éste modelo.

* Finalmente, y a partir del recorrido conceptual aplicado a diversos entornos sociales, tecnológicos o económicos, se obtendrá una perspectiva amplia de las posibles aplicaciones profesionales de la simulación y al planteamiento y gestión de los proyectos de simulación.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Introducción

Descripción:

Introducción a la metodología de construcción de modelos de simulación y a la planificación de proyectos de simulación. Arquitectura básica de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones en situaciones de incertidumbre o riesgo. Explicación de las "palancas" (model McKinsey) de la industria 4.0.

Dedicación: 1h 50m

Clases teóricas: 1h 50m

Descripción de ejemplos

Descripción:

Descripción de ejemplos del mundo industrial, de los servicios y de otros sistemas en los que la simulación es aplicable. Criterios de aportación de valor de los estudios de simulación. Sistemas incrustados. Casos de aplicación que se utilizarán a lo largo del curso.

Dedicación: 1h 50m

Clases teóricas: 1h 50m

Paradigmas

Descripción:

Análisis metodológico asociado a la tipología de los modelos de simulación considerados. Universos discretos, continuos e híbridos. La simulación de modelos continuos. Diagramas causales y de Forrester. Dinámica de sistemas.

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Formalismos

Descripción:

Formalismos para la especificación de los modelos de simulación: Redes de Petri, diagramas SDL, DEVS. Veremos cómo integrar estos lenguajes en el mundo industrial y cómo afecta a la visión global de la denominada industria 4,0

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Diseño de los experimentos

Descripción:

Diseño de los experimentos y metodología para el análisis de los resultados de la simulación.

Dedicación: 1h 50m

Clases teóricas: 1h 50m

Verificación, validación y acreditación

Descripción:

Criterios para la verificación, validación y acreditación en los proyectos de simulación. Aspectos éticos. Elementos de coste y planificación de los proyectos, estimación de tiempo y costes.

Dedicación: 1h

Clases teóricas: 1h

Sistemas de simulación

Descripción:

Preparación para el desarrollo de proyectos con simuladores genéricos comerciales, como Flexim, ARENA, WITNESS y SDLPS. Explicación de los elementos más importantes de los paquetes, de sus funcionalidades y la integración con la industria a través del concepto de "gemelo digital" de la Industria 4.0.

Dedicación: 2h 50m

Grupo grande/Teoría: 2h 50m

Nuevos paradigmas

Descripción:

Introducción a los nuevos paradigmas de simulación y su aplicación en el contexto de la simulación de procesos y de servicios: simulación con agentes inteligentes, autómatas celulares.

Dedicación: 1h 50m

Clases teóricas: 1h 50m

Nuevos componentes

Descripción:

Componentes y dispositivos combinables con los entornos de explotación de modelos de simulación. SIG y simulación.

Dedicación: 1h

Prácticas externas: 1h

Casos prácticos

Descripción:

Desarrollo de casos prácticos, presentación efectiva de los proyectos y de los resultados.

Dedicación: 1h

Prácticas externas: 1h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación combinará las calificaciones de dos prácticas (T1 y T2) y de un examen final.

Tanto en T1 como en T2 pueden haber diferentes entregas parciales que ayudarán al ajuste del trabajo del alumno a los ritmos deseados, a la validación de los pasos efectuados en el desarrollo del proyecto, e irán constituyendo la nota global de cada práctica.

T1: Primera práctica: Especificación del modelo.

T2: Segunda práctica: Implementación e informe final del modelo.

E: Examen final.

Nota final = $T1 \cdot 0.4 + T2 \cdot 0.4 + E \cdot 0.2$

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Law, A. M.; Kelton, W.D. Simulation modeling and analysis. 5th ed. McGraw-Hill, 2015. ISBN 9780073401324.
- Banks, J. ... [et al.]. Discrete-event system simulation [en línea]. 5th ed. Harlow, Essex: Pearson, 2014 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=5174427>. ISBN 9781292024370.
- Fishman, George S. Discrete-event simulation modeling, programming and analysis. Springer, 2001. ISBN 0387951601.
- Robert, C.P.; Casella, G. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Guasch, A. ... [et al.]. Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación [en línea]. 2ª ed. Edicions UPC, 2003 [Consulta: 12/05/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36767>.
- Fonseca i Casas, Pau. Simulació discreta per mitjà de la interacció de processos [en línea]. Editorial UPC, 2009 [Consulta: 12/05/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36836>.
- Fonseca Casas, Pau. Formal languages for computer simulation : transdisciplinary models and applications [en línea]. Hershey: Information Science Reference, cop. 2014 [Consulta: 07/07/2023]. Disponible a: <https://www-igi-global-com.recursos.biblioteca.upc.edu/gateway/book/75484>. ISBN 9781466643697.

Guía docente

200648 - SERS - Software Estadístico: R y SAS

Última modificación: 15/06/2025

Unidad responsable: Facultad de Matemáticas y Estadística
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: KLAUS GERHARD LANGOHR

Otros:

REQUISITOS

El curso de R de nivel intermedio requiere que los estudiantes tengan experiencia en trabajar con R.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

3. CE-1. Capacidad para diseñar y gestionar la recogida de información, así como la codificación, manipulación, almacenamiento y tratamiento de esta información.
4. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.
5. CE-6. Capacidad para utilizar el software más adecuado para realizar los cálculos necesarios en la resolución de un problema.
7. CE-9. Capacidad para implementar algoritmos de estadística e investigación operativa.

Transversales:

1. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Clases en aula informática. Durante la primera parte del curso se enseñará el software estadístico R y en la segunda parte R avanzado y el software estadístico SAS. Para ilustrar los procedimientos estadísticos y cómo hacer gráficos se usarán datos reales. En cada parte se evaluará los estudiantes mediante dos exámenes parciales y una práctica.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Durante el curso se presentan dos paquetes estadísticos, los lenguajes de programación R y SAS, que tienen una gran difusión tanto en el ámbito académico como en el ámbito empresarial e industrial.

Se pretende que el/la estudiante, al acabar el curso, sea capaz de utilizar ambos paquetes para

- leer datos de ficheros externos,
- hacer análisis descriptivos,
- hacer gráficos de alta calidad para representar datos,
- ajustar modelos de regresión a un conjunto de datos,
- programar funciones propias.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

R introductorio: Introducción a R

Descripción:

- a) La página web de R
- b) Instalación de R y de paquetes contribuidos
- c) Fuentes de ayuda para R

Dedicación: 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

R introductorio: Objetos de R

Descripción:

Creación y manipulación de

- a) Vectores numéricos y alfanuméricos,
- b) Matrices,
- c) Listas,
- d) Data frames.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

R introductorio: Análisis descriptivo y exploratorio con R

Descripción:

- a) Lectura de ficheros externos
- b) Análisis descriptivo univariante
- c) Análisis descriptivo bivalente
- d) Herramientas gráficas: histograma, diagrama de caja, gráfico de dispersión y otras.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

R introductorio: Programación básica con R

Descripción:

- a) Programación básica: bucles con for, while, if-else
- b) Las funciones tapply, sapply, lapply
- c) Creación de funciones propias
- d) Funciones para trabajar con variables tipo fecha

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

R introductorio: Estadística inferencial con R: contrastes de hipótesis y modelos de regresión

Descripción:

- a) Pruebas de hipótesis para una población
- b) Pruebas de hipótesis para dos y más poblaciones
- c) Pruebas no paramétricas
- d) Ajuste de modelos lineales generales

Dedicación: 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

Nivel intermedio de R

Descripción:

- a) Repaso del trabajo con data frames
- b) Reestructuración de conjuntos de datos
- c) Programación y creación de funciones de nivel intermedio
- d) Conjunto de paquetes tidyverse

Dedicación: 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

R avanzado: Creación de paquetes de R y de aplicaciones web con Shiny

Descripción:

- a) Preparando código para empaquetar.
- b) Preparando la documentación de un paquete.
- c) Creación, comprobación y depuración de errores.
- d) Repositorios y publicación de paquetes.
- e) Creación de aplicaciones web con shiny.
- f) Publicación de aplicaciones web con Rstudio.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

Introducción a SAS

Descripción:

- a) Estructura de los programas SAS: DATA y PROC.
- b) Conjuntos de datos SAS y librerías.
- c) Importación y exportación de datos.
- d) Creación de variables. Comandos de asignación.
- e) Unión de ficheros.
- f) Gestión de data sets.

Dedicación: 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

R avanzado: Control de versiones con R

Descripción:

- a) Sistemas de control de versiones (git y subversion).
- b) Github.
- c) Control de versiones en RStudio.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

R avanzado: Generación automática de informes con R

Descripción:

- a) Introducción al lenguaje markdown.
- b) Rmarkdown en RStudio.
- c) Generación de presentaciones con RStudio.
- d) Documentos Quarto con RStudio.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

R avanzado: Programación en paralelo con R

Descripción:

- a) Objetivos de la paralelización de código con R.
- b) Paquetes que permiten paralelizar código con R: parallel, doParallel, SNOW.
- c) Ejemplos.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Procedimientos básicos de SAS

Descripción:

- a) Introducción a los procedimientos.
- b) Procedimientos estadísticos y gráficos.
- c) Introducción al lenguaje matricial con SAS/IML.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Gestión de grandes bases de datos: SAS/SQL

Descripción:

- a) Introducción al módulo SAS/SQL.
- b) Definición de tablas SAS/SQL.
- c) Definición de bases de datos SAS/SQL.
- d) Operaciones con una o más tablas.

Dedicación: 4h 30m

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Macros en SAS

Descripción:

- a) Introducción al lenguaje macro de SAS.
- b) Definición de variables macro.
- c) Creación de macros en SAS.

Dedicación: 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo mediano/Prácticas: 0h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota final será la media de las notas obtenidas en las pruebas

- a) con R (50%),
- b) con R avanzado y SAS (50%).

Tanto en la primera como en la segunda parte de la asignatura se harán dos exámenes parciales (peso de cada examen: 40%) y una práctica (20%).

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Braun, W.J.; Murdoch, D.J. A First course in statistical programming with R. Cambridge University Press, 2007. ISBN 97805216944247.
- Crawley, Michael J. Statistics : an introduction using R. New York: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0470022973.
- Dalgaard, P. Introductory statistics with R [en línea]. 2nd Edition. Springer, 2008 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-79054-1>. ISBN 9780387790541.
- Cody, R. Learning SAS by example: a programmer's guide [en línea]. SAS Institute, 2007 Disponible a: <https://ebin.pub/learning-sas-by-example-a-programmers-guide-1599941651-978-1-59994-165-3.html>. ISBN 9781599941653.
- Cody, R. SAS statistics by example. SAS Institute, 2011. ISBN 9781607648000.
- Delwiche, L.D.; Slaughter, S.J. The Little SAS Book : a primer. 5th Edition. SAS Institute, 2012. ISBN 9781612903439.
- Kleinmann, K.; Horton, N.J. SAS and R: Data management, statistical analysis and graphics. Chapman & Hall, 2009. ISBN 978-1-4200-7057-6.
- Der, Geoff; Everitt, Brian. A Handbook of statistical analyses using SAS. 3rd ed. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, cop. 2009. ISBN 9781584887843.
- Kleinman, Ken; Horton, Nicholas J. SAS and R : data management, statistical analysis, and graphics. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2010. ISBN 9781420070576.

Complementaria:

- Muenchen, R.A. R for SAS and SPSS users. Springer, 2011. ISBN 9781461406853.
- Murrell, P. R graphics. Chapman & Hall, 2006. ISBN 158488486X.
- Wickham, Hadley; Grolemund, Garrett. R for data science : import, tidy, transform, visualize, and model data. First edition. 2016. ISBN 9781491910399.
- Base SAS® 9.2 Procedures Guide [en línea]. SAS Institute, 2009 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/proc/61895/PDF/default/proc.pdf>. ISBN 9781599947143.
- Base SAS® 9.2 Procedures Guide: Statistical Procedures [en línea]. 3rd Edition. SAS Institute, 2010 [Consulta: 28/06/2023]. Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/63104/PDF/default/procstat.pdf>. ISBN 9781607644514.
- SAS/IML® 9.2 Users guide [en línea]. SAS Institute, 2008 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/imlug/59656/PDF/default/imlug.pdf>. ISBN 9781590479407.
- SAS/OR®9.2 User's guide mathematical programming [en línea]. SAS Institute, 2008 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/ormpug/59679/PDF/default/ormpug.pdf>. ISBN 9781590479469.
- SAS/STAT 9.2 User's guide [en línea]. 2nd Edition. SAS Institute, 2011 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#titlepage.htm>. ISBN 9781607648826.
- SAS 9.2. Language reference: concepts [en línea]. 2nd Edition. SAS Institute, 2010 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/lrcon/62955/PDF/default/lrcon.pdf>. ISBN 9781607644484.
- SAS 9.2. Language reference : dictionary [en línea]. 4th Edition. SAS Institute, 2011 Disponible a: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/lrdict/64316/PDF/default/lrdict.pdf>. ISBN 9781607648826.

Guía docente

200621 - TQM - Técnicas Cuantitativas de Marketing

Última modificación: 13/06/2025

Unidad responsable:	Facultad de Matemáticas y Estadística		
Unidad que imparte:	715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa.		
Titulación:	MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Plan 2013). (Asignatura optativa).		
Curso: 2025	Créditos ECTS: 5.0	Idiomas: Castellano	

PROFESORADO

Profesorado responsable: JORDI CORTÉS MARTÍNEZ

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

El curso presupone un nivel básico en estadística. Los alumnos deben estar familiarizados con las técnicas de estadística multivariante, como el análisis de componentes principales y los métodos de clasificación. Serán útiles los conceptos relativos a la prueba de hipótesis y la significación estadística. Los principales conceptos en métodos multivariados necesarios para seguir el curso se pueden encontrar, por ejemplo, en el texto "Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R" presentado en el sitio web <http://factominer.free.fr/>. El curso presupone un buen conocimiento del lenguaje de programación "R".

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

5. CE-2. Capacidad para dominar la terminología propia de algún ámbito en el que sea necesaria la aplicación de modelos y métodos estadísticos o de investigación operativa para resolver problemas reales.
6. CE-3. Capacidad para formular, analizar y validar modelos aplicables a problemas de índole práctica. Capacidad de seleccionar el método y/o técnica estadística o de investigación operativa más adecuado para aplicar dicho modelo a cada situación o problema concreto.
7. CE-5. Capacidad para formular y resolver problemas reales de toma de decisiones en los diferentes ámbitos de aplicación sabiendo elegir el método estadístico y el algoritmo de optimización más adecuado en cada ocasión.

Transversales:

1. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
2. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.
3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
4. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El aprendizaje se apoya sobre la realización de prácticas basadas bien en datos docentes o reales, utilizando herramientas estadísticas de código abierto. Se combinan sesiones de exposición teórica con sesiones de prácticas. Los estudiantes redactarán los correspondientes informes ejecutivos de las prácticas realizadas y realizarán una exposición de su trabajo.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Entender algunos de los problemas planteados en el campo del marketing: conocer al usuario, sus gustos y preferencias y conocer mejor lo que le conduce a comprar.
- Ver el papel de las técnicas de gestión y explotación de datos en el proceso de toma de decisiones.
- Adquirir nuevos conocimientos sobre métodos estadísticos de aplicación en el marketing, pero que también son aplicables en un amplio abanico de campos.
- Adquirir conocimientos sobre formas específicas de recogida de datos.
- Apreciar las aportaciones de las técnicas estadísticas y, al mismo tiempo, desarrollar un espíritu crítico ante los resultados obtenidos.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas grupo grande	30,0	24.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Tema 1: Análisis estructural de datos

Descripción:

Analizar grandes conjuntos de datos (por ejemplo el caso de encuestas) requiere una metodología que permita captar la multidimensionalidad de este tipo de datos, además de permitir una síntesis fácilmente comprensible por el usuario. Lo que conduce a privilegiar una estrategia que combina métodos factoriales y clasificación. Estos grandes conjuntos de datos pueden estructurarse en tablas múltiples para las cuales los métodos de análisis factoriales descriptivos presentan múltiples generalizaciones adaptadas a distintas combinaciones posibles en datos complejos. Por ejemplo técnicas factoriales múltiples, mixtas, duales,...

Dedicación: 42h

Grupo grande/Teoría: 15h

Aprendizaje autónomo: 27h

Tema 2: Preguntas abiertas y comentarios libres

Descripción:

Las preguntas abiertas y los comentarios libres son cada vez más presentes en los grandes conjuntos de datos. Se analizan mediante métodos multidimensionales como el análisis de correspondencias, el análisis factorial múltiple y los métodos de clasificación. Métodos de tipo análisis de correspondencias permiten introducir modelos en el análisis de respuestas abiertas.

Dedicación: 12h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 8h

Tema 3: Evaluación sensorial de productos. Planificación de experiencias, análisis de datos y métodos holísticos

Descripción:

La evaluación sensorial de los productos es un elemento estratégico del desarrollo de las empresas de muy diversos sectores, aunque el sector predilecto sea el sector agroalimentario. Tiene como objetivo caracterizar los productos tanto del punto de vista sensorial (vista, tacto, gusto, olfato, audición) como desde el punto de las preferencias de los consumidores.

Las evaluaciones sensoriales requieren voluminosas colectas de datos y conducen a la construcción de tablas múltiples.

La estadística es la herramienta privilegiada para la concepción y el análisis de este tipo de datos.

Los métodos holísticos permiten la comparación de una serie de productos desde un punto de vista global.

Dedicación: 8h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 5h

Tema 4: Clusterización

Descripción:

La clusterización hace referencia al conjunto de técnicas que permiten agrupar un conjunto de individuos u observaciones acorde con sus características. Específicamente, se estudiarán dos técnicas de clusterización: la clusterización jerárquica y el K-means.

Además, se verán formas de combinar ambas técnicas y diversas variantes.

Estas técnicas permiten, por ejemplo, hacer agrupaciones de clientes de una empresa o de consumidores basándonos en sus propiedades y en función de los resultados, establecer cuotas de mercado (en el caso de clientes) o de tomar decisiones para mejorar el rendimiento de una empresa.

Dedicación: 12h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Aprendizaje autónomo: 8h

Tema 5: Aprendizaje supervisado

Descripción:

El aprendizaje supervisado se aplica al conjunto de metodologías que persiguen la clasificación de individuos u observaciones.

Específicamente, se estudiarán 5 técnicas de aprendizaje supervisado para clasificación basadas en algoritmos de Machine Learning: K-Nearest Neighbours, Naive Bayes, Árboles condicionales, Random Forest y Support Vector Machine. Estas técnicas tienen un objetivo eminentemente predictivo y su uso radica en anticipar, por ejemplo, el comportamiento de los clientes respecto a la compra de un producto.

Dedicación: 29h 30m

Grupo grande/Teoría: 10h 30m

Aprendizaje autónomo: 19h

Tema 6: Diseño de nuevos productos. Análisis conjunto (Conjoint analysis)

Descripción:

El análisis conjunto es una herramienta muy potente para estudiar la valoración que hacen los clientes de las diversas características de un producto, cuando no tiene sentido valorar cada característica por separado. El análisis conjunto aplica conocimientos de diseños de experimentos y de regresión.

Esta metodología permite predecir la aceptación que podrá tener un nuevo producto en el mercado, por comparación con los productos ya presentes.

Dedicación: 20h 30m

Grupo grande/Teoría: 7h 30m

Aprendizaje autónomo: 13h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación se hará a partir de la realización de prácticas, y la nota se calculará a partir de la nota de los informes correspondientes y la nota de una presentación final del trabajo con un porcentaje de 50% cada una. En caso de no superar la práctica, el alumno tendrá derecho a un examen final que contará el 100% de la nota.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Escofier, B.; Pagès, J. Análisis factoriales simples y múltiples. País Vasco: Servicio Editorial, Universidad del País Vasco, 1992. ISBN 8475853838.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome. The elements of statistical learning [en línea]. 2a. 2017 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-84858-7>. ISBN 9780387848570.

Complementaria:

- Naes, T.; Risvik, E. (editors). Multivariate analysis of data in sensory science. Elsevier, 1996. ISBN 444899561.
- Bécue Bertaut, Mónica. Minería de textos : aplicación a preguntas abiertas en encuestas. Madrid: La Muralla, 2010. ISBN 9788471337931.
- Everitt, Brian S.; Landau, Sabine; Leese, Morven; Stahl, Daniel. Cluster analysis [en línea]. 5a ed. Wiley, 2011 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470977811>. ISBN 9780470977811.
- Husson, François; Lê, Sébastien; Pagès, Jérôme. Exploratory multivariate analysis by example using R [en línea]. Chapman and Hall/CRC, 2011 [Consulta: 05/07/2023]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1633326>.
- Lebart, L. ; Salem, A. ; Bécue, M. Análisis estadístico de textos. Milenio, 2000. ISBN 8489790574.

Master's degree in Statistics and Operations Research

SCHOOL OF MATHEMATICS AND STATISTICS (FME)

The aim of the **UPC-UB interuniversity master's degree in Statistics and Operations Research** ([master's degree website](#)) is to provide graduates with advanced knowledge of the theory and methods of current statistics and operations research. Integrated into multidisciplinary working groups, students who successfully complete this master's degree course will be able to apply the skills acquired in areas such as healthcare, services, industry, business, science and government agencies. They will also be provided with research-focused training to help them gain access to the doctoral degree.

GENERAL DETAILS

Duration and start date

1.5 academic years, 90 ECTS credits. Starting September

Timetable and delivery

Afternoons. Face-to-face

Fees and grants

Approximate fees for the master's degree, **excluding other costs** (does not include non-teaching academic fees and issuing of the degree certificate):

€1,743 (€4,050 for non-EU residents).

[More information about fees and payment options](#)

[More information about grants and loans](#)

Language of instruction

Check the language of instruction for each subject in the course guide in the curriculum.

Information on [language use in the classroom and students' language rights](#).

Location

[School of Mathematics and Statistics](#) (Barcelona)

Faculty of Economics and Business (UB) Av. Diagonal, 690-696 08028 Barcelona

Official degree

[Recorded in the Ministry of Education's degree register](#)

ADMISSION

General requirements

[Academic requirements for admission to master's degrees](#)

Specific requirements

The content of the degree is appropriate for graduates of bachelor's degrees that include statistics or operations research subjects. Candidates will ideally have taken a bachelor's degree and will be interested in solving problems, have

an aptitude for mathematics and be skilled communicators. The academic structure of the master's degree includes homogenisation courses in the first semester and the possibility of taking specific pathways in accordance with prior learning. The aim is to promote the entry of students from different academic backgrounds. Holders of the following qualifications may be considered:

- Bachelor's degree in Statistics
- Bachelor's degree in Mathematics
- Bachelor's degree in Biology/Physics/Biotechnology
- Bachelor's degree in Economics/Actuarial Sciences
- Bachelor's or pre-EHEA degree in Industrial Engineering or other engineering fields
- Bachelor's degree in Informatics Engineering
- Bachelor's degree in Psychology/Sociology
- Diploma in Statistics, taking a minimum of 30 credits in the form of bridging courses.

Admission criteria

To decide on whether students are suitable for the master's degree in Statistics and Operations Engineering, their curriculum vitae and prior training will be considered, together with their stated interests, in order to guarantee that the aims of the Master's Degree can be fulfilled in a reasonable time and with a reasonable degree of effort.

The elements that will be taken into account for this evaluation will be:

- Weighting of the academic record.
 - Applicants should attach a scanned copy of their curriculum vitae, an official academic certificate issued by their school of origin stating the weighted mark of their academic transcript (NPE) on a scale of 1 to 10.
 - If when pre-enrolment takes place the student has not yet finished their course of studies, the certificate should refer to courses taken and passed up to the date of issue of the certificate.
 - If no certifying document is attached, the NPE will be taken to be 5.
- Accredited education.
 - Applicants should specify the academic qualification they have obtained or they expect to have obtained when enrolling.
 - If this qualification has already been obtained, a scanned copy of either the certificate or the receipt for payment for this certificate should be attached to the applicant's curriculum vitae.
 - The original of the certificate or the receipt must be presented on formal enrolment in the course.
- Aspects of the curriculum vitae related to statistics and/or operations research in the professional, teaching or scientific spheres.
- In particular, prior academic training, qualifications obtained and professional experience will be taken into account.
- Knowledge of English.
 - This knowledge will be accredited by attaching a scanned version of the highest level qualification or certificate obtained to the applicant's curriculum vitae.
 - Without this accreditation, this item will not be taken into account when evaluating the student's application.
- Dedication to the course of studies and whether it is to be combined with a job.

Places

44

Pre-enrolment

Pre-enrolment for this master's degree is currently **closed**. Use the "Request information" form to ask for information on **upcoming pre-enrolment periods**.

[How to pre-enrol](#)

Enrolment

[How to enrol](#)

Legalisation of foreign documents

All documents issued in non-EU countries must be [legalised and bear the corresponding apostille](#).

Subjects	ECTS credits	Type
FIRST SEMESTER		
Models and Methods From Operations Research	5	Compulsory
Statistical Software: R and SAS	5	Compulsory
Advanced Statistical Inference	5	Optional
Clinical Trials	5	Optional
Continuous Optimisation	5	Optional
Data Analysis in Bioinformatics	5	Optional
Econometric Analysis	5	Optional
Foundations of Statistical Inference	5	Optional
Foundations of Bioinformatics	5	Optional
Lifetime Data Analysis	5	Optional
Linear and Generalized Linear Models	5	Optional
Mathematics	5	Optional
Optimization in Data Science	5	Optional
Optimization in Energy Systems and Markets	5	Optional
Risk Quantification	5	Optional
Simulation	5	Optional
Spatial Data Analysis	5	Optional
Spatial Epidemiology	5	Optional
Statistical Programming and Databases	5	Optional
Statistics for Business Management	5	Optional
SECOND SEMESTER		
Actuarial Statistics	5	Optional
Advanced Topics in Survival Analysis	5	Optional
Bayesian Analysis	5	Optional
Discrete Network Models	5	Optional
Epidemiology	5	Optional
Financial Statistics	5	Optional
Genetic Epidemiology	5	Optional
Large Scale Optimization	5	Optional
Longitudinal Data Analysis	5	Optional
Machine Learning	7.5	Optional
Multivariate Data Analysis	5	Optional
Omics Data Analysis	5	Optional
Probability and Stochastic Processes	5	Optional
Quantitative Finance	5	Optional
Quantitative Marketing Techniques	5	Optional

Subjects	ECTS credits	Type
Simulation for Business Decision Making	5	Optional
Social Indicators	5	Optional
Statistical Learning	5	Optional
Statistical Learning with Deep Artificial Neural Networks	5	Optional
Statistical Methods in Clinical Research	5	Optional
Statistical Methods in Epidemiology	5	Optional
Stochastic Programming	5	Optional
Summer School Seminar 3	3	Optional
Time Series	5	Optional
THIRD SEMESTER		
Master's Thesis	30	Project
PROFESSIONAL OPPORTUNITIES		

Professional opportunities

Graduates of this master's degree will be experts who may be employed in healthcare, services, industry and business. They will apply the theory and methods of statistics and operations research in fields such as biostatistics, data engineering, marketing and finance, industrial statistics, optimisation in engineering and industry, and applications in transport engineering.

Competencies

Generic competencies

Generic competencies are the skills that graduates acquire regardless of the specific course or field of study. The generic competencies established by the UPC are capacity for innovation and entrepreneurship, sustainability and social commitment, knowledge of a foreign language (preferably English), teamwork and proper use of information resources.

Basic competencies

- Graduates of this degree will have acquired the knowledge that serves as a basis or opportunity for developing and applying original ideas, often in a research context.
- They will know how to apply the knowledge acquired and their problem-solving abilities in new or unfamiliar settings within wider (or multidisciplinary) contexts related to their field of study.
- They will be able to integrate their knowledge and deal with the complexity of making judgements on the basis of information that, although incomplete or limited, includes reflection on the social and ethical responsibilities related to the application of their knowledge and judgements.
- They will be able to clearly and unambiguously communicate their conclusions—and the knowledge and reasons that support them—to specialised and non-specialised audiences.
- They will have acquired learning skills that will enable them to continue studying in a largely self-directed or autonomous manner.

Generic competencies

- A capacity for carrying out activities that involve applying theoretical and methodological knowledge and statistical and operations research techniques using teamwork and other skills expected of graduates.
- A capacity for identifying the most appropriate statistical and operations research methods for analysing the information that is available at any given moment, in order to respond to problems and dilemmas that arise and to inform decision making.
- An awareness of the need to observe professional ethics and rules on data and statistical secrecy protection.

Specific competencies

- A capacity for designing and managing the gathering, coding, handling, storage and processing of information.
- A capacity for mastering the terminology belonging to a field in which statistical and operations research models and methods are applied to solve real problems.
- A capacity for formulating, analysing and validating models that are applicable to practical problems. A capacity for selecting the most appropriate statistical and operations research method or technique for applying models to concrete situations or problems.
- A capacity for using various inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages and adapting these methods to a concrete situation in a specific context.
- A capacity for formulating and solving real decision-making problems in various areas of application and selecting the most appropriate method and optimisation algorithm in each case.
- A capacity for choosing the most suitable software to carry out the calculations necessary to solve a problem.
- A capacity for understanding advanced statistics and operations research articles. Familiarity with research procedures for the production and transmission of new knowledge.
- A capacity for discussing the validity, scope and relevance of solutions and presenting and defending their conclusions.
- A capacity for implementing statistics and operations research algorithms.

QUALITY ACCREDITATION

Check the degree's main quality indicators in the University Studies in Catalonia portal of the Catalan University Quality Assurance Agency. Find information on topics such as degree evaluation results, student satisfaction and graduate employment data.

[Further information](#)

ORGANISATION: ACADEMIC CALENDAR AND REGULATIONS

UPC school

[School of Mathematics and Statistics \(FME\)](#)

Participating institutions

[Universitat Politècnica de Catalunya \(UPC\)](#) - **coordinating** university

[Universitat de Barcelona \(UB\)](#)

Academic coordinator

[Mari Paz Linares Herreros \(UPC\)](#)

[Helena Chuliá \(UB\)](#)

Academic calendar

[General academic calendar for bachelor's, master's and doctoral degrees courses](#)

Academic regulations

[Academic regulations for master's degree courses at the UPC](#)

MASTER'S DEGREE WEBSITE

September 2025. [UPC](#). Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)

Biostatistics and Bioinformatics (BIO)	
Training objectives	Solid and interdisciplinary in the scientific method, targeted at areas of health research and development related to the experimental sciences.
Examples of career	• Biostatistics at institutions in the area of Health, public and private • Design and analysis of clinical and epidemiological studies in the pharmaceutical industry, public institutions and companies CRO • Statistical experts in interdisciplinary teams of research and development • Bioinformatics-statistical in biotech companies or similar, or in health area • Analysis of large volumes of data in proteomics and genomics experiments
Primarily aimed at graduates in	• Mathematics • Medicine • Pharmacy • Biology • Environmental Science • Biotechnology • Food Science and Technology • Other degrees in the field of science
Research groups involved	• GRBIO - Biostatistics and Bioinformatics Research Group (composed of researchers from the UPC and the UB) • Biostatistics Group from Department of Clinic Fundamentals at UB.

Business and Social Statistics (EMP)

Business and Social Statistics (EMP)	
Training objectives	Training of professionals in the treatment of statistical information, with good knowledge of software in the public administration, business, economics and finance fields.
Examples of career	• Exploiting large databases and information systems (clients, transactions ...) • Financial analysis, risk insurance, "business intelligence", banking, portfolio, pricing policies, etc. • Expert statistical longitudinal studies, sociological, etc. • Improving the quality and productivity in industry, service companies and the public function • Total quality management, implementation of 6σ process improvement
Primarily aimed at graduates in	• Industrial Engineering • Telecommunications Engineering • Chemical Engineering • Other engineering • Computers • Economics • Political Science and Public Administration • Administration and Management
Research groups involved	• ADBD - Analysis of Complex Data for Business Decisions • AQR - Regional Quantitative Analysis Group • IMP - Information Modelling and Processing • Riskcenter - Risk in Insurance and Finance Research Group

Operations Research (IO)

Operations Research (IO)	
Training objectives	Training of professionals in the fundamentals and optimization algorithms, and their resolution using existing software or developing new applications.
Examples of career	Experts on modeling and optimization: • Problems of resource management and investment planning • Problems of optimal management of energy markets • Technical and scientific issues Data engineering: • Protection, privacy and data exploitation; statistical disclosure control, privacy preserving data mining • Expert in Transport Engineering in strategic applications (transport network design) and operating (optimization of transport networks, distribution and storage of goods)
Primarily aimed at graduates in	• Industrial Engineering • Telecommunications Engineering • Engineering in general • Computers • Statistics • Mathematics • Economics • Management and Business Administration
Research groups involved	• GNOM - Group of Numerical Optimization and Modelling • IMP - Information Modelling and Processing

Data Science (DS)

Data Science (DS)	
Training objectives	The Data Science pathway is oriented to the contents of Statistics and Operations Research that are closer to machine learning and the analysis of large data sets, and it is proposed as a bridge to the branches of Computer Sciences closest to the data analysis and processing, and to what in recent years has been called Big Data (large data files) or Analytics (business management strongly based on the analysis of the organizations' data).
Examples of career	Experts on data analysis and management: • Statistical Learning • Machine Learning • Data Mining • Big Data • SQL and NoSQL
Primarily aimed at graduates in	• Computer Science • Statistics • Mathematics • Engineering in general • Management and Business Administration
Research groups involved	• ADBD - Analysis of Complex Data for Business Decisions • IMP - Information Modelling and Processing • GNOM - Group of Numerical Optimization and Modelling • GRBIO - Biostatistics and Bioinformatics Research Group (composed of researchers from the UPC and the UB) • Biostatistics Group from Department of Clinic Fundamentals at UB.

Index

200619 - Actuarial Statistics
200604 - Advanced Statistical Inference
200629 - Advanced Topics in Survival Analysis
200611 - Bayesian Analysis
200627 - Clinical Trials
200616 - Continuous Optimisation
200656 - Data Analysis in Bioinformatics
200625 - Econometric Analysis
200605 - Foundations of Statistical Inference
200618 - Large Scale Optimization
200609 - Lifetime Data Analysis
200641 - Linear and Generalized Linear Models
200612 - Longitudinal Data Analysis
200607 - Mathematics
200643 - Models and Methods From Operations Research
200606 - Multivariate Data Analysis
200642 - Optimization in Data Science
200638 - Optimization in Energy Systems and Markets
200603 - Probability and Stochastic Processes
200653 - Quantitative Finance
200621 - Quantitative Marketing Techniques
200620 - Risk Quantification
200608 - Simulation
200623 - Simulation for Business Decision Making
200655 - Spatial Data Analysis
200644 - Statistical Learning
200649 - Statistical Learning with Deep Artificial Neural Networks
200654 - Statistical Methods in Epidemiology
200645 - Statistical Programming and Databases
200648 - Statistical Software: R and SAS
200622 - Statistics for Business Management
200617 - Stochastic Programming
200610 - Time Series

Course guide

200619 - EA - Actuarial Statistics

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: ANA MARIA PÉREZ MARÍN

Others:

PRIOR SKILLS

Students should have previous knowledge of calculus of probability, random variables, probability distributions and characteristics of probability distributions (means, variances, etc.). It is also recommended to have prior knowledge in algebra of events.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

5. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
6. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
7. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
8. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
9. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
10. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
11. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
4. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

The course is organized in weekly theoretical lessons where the student has to participate once he has studied some materials that have been delivered in advance. Exercises and practical cases will be solved by using the computer.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

Regarding knowledge

- To learn how to calculate death probabilities (or survival probabilities) as the core of rating in life insurance. This calculation is carried out for individuals (individual insurance) and groups of individuals (collective insurance).
- To learn how to calculate the claim probability as the core of rating in general insurance by modelling the number of claims and the total cost of claims, and calculate the ruin probability
- To learn the applications of insurance data analytics, in connection with pricing, risk management, fraud detection, prediction of the CLV (customer lifetime value) and personalized marketing campaigns in insurance.
- To learn how to manage big insurance data sets, specifically in connection with usage-based motor insurance policies based on telematics information (UBI).

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

PART 1. Life Insurance Statistics

Description:

Lesson 1. Introduction

- Hypothesis of the biometric model
- Basic variables and functions
- Concepts of population theory
- Temporal and deferred probabilities
- Force of mortality
- Life expectation
- Life tables

Lesson 2. Probabilities for multiple lives

- Joint-life and last-survivor probabilities
- Temporal and deferred probabilities

Lesson 3. Fundamentals of life insurance pricing

- Calculating the APV of individual policies
- Calculating the APV of collective policies

Lesson 4. Mortality laws and survival analysis

- Mortality laws
- Survival models for censored information

Full-or-part-time: 30h

Theory classes: 30h

Section 2. Non-life insurance statistics

Description:

Lesson 1. Introduction

- Modelling the claim frequency
- Modelling the claim severity
- Model selection and validation

Lesson 2. Insurance data analytics

- Analysing claim rates for different types of insureds
- Applications on pricing
- Fraud detection
- Calculating the CLV

Lesson 3. Usage based insurance (UBI) and management of telematics information

- Usage-based-insurance (UBI)
- Managing big data sets of telematics information in real time in UBI

Full-or-part-time: 30h

Theory classes: 30h

GRADING SYSTEM

Continuous assessment:

Three practical activities should be resolved by the student. These activities are addressed to assess the student's skill in the application of the concepts developed during the course. Each practical activity has an weight of 33.3% in the final grade.

Final examination system:

A final exam consists of five-six exercises to resolve.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Ayuso, Mercedes. Estadística actuarial vida. Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, 2007. ISBN 8447531309.
- Kaas, Rob ... [et al.]. Modern actuarial risk theory [on line]. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b109818>. ISBN 0306476037.
- Sarabia Alegría, José María; Gómez Déniz, Emilio; Vázquez Polo, Francisco J. Estadística actuarial : teoría y aplicaciones. Madrid: Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 9788420550282.
- Macdonald, A.S.; Cairns, A.J.G.; Gwilt, P.A. & Miller, K.A. "An international comparison of recent trends in population mortality". British actuarial journal [on line]. N. 4, 1998, 3-141 [Consultation: 04/06/2024]. Available on: <https://www-jstor-org.recursos.biblioteca.upc.edu/journal/britactuj>.
- Spedicato, G. A. (2013). "The lifecontingencies Package: Performing Financial and Actuarial Mathematics Calculations in R". Journal of statistical software [on line]. 2013, vol. 55, Issue 10 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: https://www.researchgate.net/publication/265215670_The_lifecontingencies_Package_Performing_Financial_and_Actuarial_Mathematics_Calculations_in_R.
- Jong, Piet de; Heller, Gillian Z. Generalized linear models for insurance data [on line]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/generalized-linear-models-for-insurance-data/851EB0898C6C7DB4FEA2D542371145C2>. ISBN 9780521879149.
- Renshaw, A. E.; Haberman, S. "Dual modelling and select mortality". Insurance, mathematics and economics [on line]. 19, 1997, 105-126 [Consultation: 15/05/2020]. Available on: <https://www.sciencedirect.com/journal/insurance-mathematics-and-economics/vol/19/issue/2>.
- Charpentier, A.. Computational actuarial science with R. 2015. ISBN 1466592591.
- Frees, Edward W. Regression modeling with actuarial and financial applications [on line]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/regression-modeling-with-actuarial-and-financial-applications/25C768AB6FFE4FAD5F2AD725D8643C18>. ISBN 9780521135962.
- Boucher, J. P. Pérez-Marín, A. M. and Santolino, M. (2013). "Pay-as-you-drive insurance: the effect of the kilometers on the risk of accident". Anales del instituto de actuarios españoles [on line]. 19, 2013, p. 135-154 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: https://actuarios.org/wp-content/uploads/2017/02/anales2013_6.pdf.
- Bowers, Newton L. Actuarial mathematics. 2nd ed. London: The Society of Actuaries, 1997. ISBN 938959468.

RESOURCES

Hyperlink:

- Software R. Software de lliure distribució.
- Disponible a: <http://www.r-project.org>

Course guide

200604 - IEA - Advanced Statistical Inference

Last modified: 13/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Others:

PRIOR SKILLS

Advanced Statistical Inference is mandatory for all graduate students in statistics, mathematics, data science, physics and all those who have an intermediate background in statistical inference

To follow and take advantage of this course the statistical knowledge required is that of an undergraduate-level in statistics or mathematics.

* Basic mathematical analysis skills required: integration of functions of one or two variables, derivation, optimization of a function of one or two variables.

* Basic probability skills required: the most common parametric distributions, properties of a normal distribution, the law of large numbers and the central limit theorem.

* Basic statistical inference skills required: using the likelihood function for simple random sampling (independent identically distributed data), inference in the case of normality, estimation of maximum likelihood for uni parametric models.

Chapter 1 in Wood's "Core Statistics" and Chapter 1 in Gomez and Delicado's "Inference and Decision" include all the concepts and results that are assumed to be known. Students will be required to review, achieve and internalize them before beginning the course.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
4. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
5. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
6. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

1.5 hour theory sessions

These are sessions to present the main material of the subject. The professor uses slides and the blackboard to present the concepts trying to emphasize the main ideas and the rationale behind the arguments. The professor will look in detail at those proofs that are pedagogically creative and formative.

Chapters 2, 4 and 5 of the book "Core Statistics" by Simon Wood will be followed, as well as the material in the notes of Gómez and Delicado that can be downloaded from the Intranet. Other complementary materials for specific topics will be provided.

Sessions of problems of 1.5h.

The problems that will be discussed at each session will be posted on the intranet one week before.

The students should read and solve the problems in the list before class.

The professor will solve some of the problems and discuss doubts or other solutions with the students.

The solution to some of these problems is posted after the corresponding session on the intranet.

Statistics Laboratories

R code will be provided, in the form of scripts or "notebooks", to illustrate various concepts, as well as for the application of methods such as Bootstrap or numerical approximations complementing the developments shown in theory.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The Advanced Statistical Inference course provides a theoretical and applied basis for the fundamentals of Statistics. Its main objective is to train students to think in statistical terms in order to conduct a thorough professional career. Also intended as a formative seed for the consolidation of young researchers in this area of science and technology while equipping students with the resources to continue their training and making them capable to read papers published in journals of statistics.

After completing the course the student :

- * has learnt about the different principles governing the reduction of a dataset and the different philosophies that may arise to solve a problem.
- * knows the methods based on the empirical distribution function and the likelihood function and know when, why and how apply each one.
- * be familiar with modern resampling techniques and view them as a formal /computational approximation well suited for use in situations where direct calculations are too complex or not available
- * will know how to set up the likelihood function in various situations and will know different techniques, analytical or numerical, to maximize it.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1.The foundations of Statistical Inference

Description:

- Preliminars, notation and examples
- Inferential questions. Walking through point estimation, hypothesis testing and interval estimation
- The frequentist approach: point estimation, finite sample properties, Cramer-Rao bound, Hypothesis testing, Interval estimation.
- The Bayesian approach: a brief discussion

Full-or-part-time: 52h 50m

Theory classes: 15h

Practical classes: 4h 30m

Self study : 33h 20m

2. The empirical distribution function. Theory and numerical approaches

Description:

- The empirical distribution function. Glivenko-Cantelli Theorem.
- Principle of substitution. The method of moments.
- Resampling methods (bootstrap).
- Large sample properties: consistency, asymptotic normality and Delta method.

Full-or-part-time: 32h

Theory classes: 9h

Practical classes: 3h

Self study : 20h

3.Maximum Likelihood Estimation. Theory and numerical approaches

Description:

- Likelihood, log likelihood and score functions
- Fisher information matrix, Cramer-Rao bound and UMVUE
- Large sample properties of MLE. Consistency and Asymptotic Normality
- Generalised Likelihood Ratio Statistic
- AIC information criterion
- Numerical approaches
- EM algorithm

Full-or-part-time: 40h 10m

Theory classes: 9h

Practical classes: 4h 30m

Self study : 26h 40m

GRADING SYSTEM

For the evaluation of each topic there will be an exam. The exam for topic 1 (EX1) will be held 2-3 weeks after finishing topic 1. The exams for topics 2 and 3 (EX2 and EX3) will be taken on the day assigned for the final exam in January. Those who have failed the topic 1 exam (will have the option to retake the exam in January. The exams will consist of a theoretical part and some problems. During the course, 4 questionnaires (Q) will be passed.

The mark by continuous evaluation, NC, is obtained according to the expression:

$$NC = 0.30 * EX1 + 0.50 * EX2 + 0.20 * Q$$

The mark by unique evaluation, done during January's exam, is obtained according to the expression:

$$NU = 0.40 * EX1 + 0.60 * EX2$$

The final mark of the subject (NF) is obtained according to the expression:

$$NF = \max\{NC, NU\}$$

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Wood, Simon N. Core statistics. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2015. ISBN 9781107071056.
- Gómez Melis, G.; Delicado, P. Inferencia y decisión (apuntes). 2003.
- Olive, David J. Statistical theory and inference. Cham: Springer, 2014. ISBN 9783319049717.
- Casella, G.; Berger, Roger L. Statistical inference. Pacific Grove Duxbury, 2002. ISBN 0534243126.
- Cox, D.R. Principles of statistical inference. Cambridge Univ Press, 2006. ISBN 9780521685672.
- Wasserman, Larry. All of statistics : a concise course in statistical inference [on line]. Pittsburgh: Springer, 2004 [Consultation: 04/07/2023]. Available on : https://rss-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/full/10.1111/j.1467-985X.2004.00347_18.x. ISBN 9781441923226.
- Held, Leonhard; Sabanés Bové, Daniel. Likelihood and bayesian inference [on line]. Second. Springer, 2020 [Consultation: 12/09/2024]. Available on : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=6154570>. ISBN 978662607947.

Complementary:

- Boos, D.D.; Stefanski, L.A. Essential statistical inference : theory and methods [on line]. Springer, 2013 [Consultation: 04/07/2023]. Available on : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-4818-1>. ISBN 9781461448174.
- Chihara, L. ; Hesterberg, T. Mathematical statistics with resampling and R. Wiley, 2011. ISBN 9781118029855.
- Ruiz-Maya Pérez, L. ; Martín Pliego, F.J. Estadística. II, inferencia. 2ª ed. Madrid: Alfa Centauro, 2001. ISBN 8472881962.
- Shao, Jun. Mathematical statistics [on line]. 2nd ed. Springer Texts in Statistics, 2003 [Consultation: 04/07/2023]. Available on : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98900>.
- Young, G.A.; Smith, R.L. Essentials of statistical inference. Cambridge University Press, 2010. ISBN 9780521548663.
- Cuadras, C. M. Problemas de probabilidades y estadística. Vol 2: Inferencia [on line]. Publicacions de la Universitat de Barcelona, 2016 [Consultation: 04/07/2023]. Available on : <https://lectura-unebook-es.recursos.biblioteca.upc.edu/viewer/9788491685203/1>. ISBN 9788491685203.

Course guide

200629 - ASA - Advanced Topics in Survival Analysis

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).
Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Others:

PRIOR SKILLS

Students must know the basic concepts of survival analysis. These concepts include: Censored data, Likelihood in the presence of censoring, Continuous parametric distributions other than normal, Kaplan-Meier survival estimator, Log-rank test, Accelerated Failure Time Model, Cox proportional hazards model and Diagnostic of the Cox Regression model. The student can find these concepts in chapters 2-4, 7-8, 11-12 in the book "Survival analysis: techniques for censored and truncated data" by Klein and Moeschberger. These topics could have been self-learned, in the first semester Lifetime Data Analysis course or in other undergraduate or postgraduate courses.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

1. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
2. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
3. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
4. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.

Translate to english

6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
7. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.

Transversal:

8. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

9. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

Lectures are organized into two types:

a) Theoretical sessions in which the teacher presents and discusses the general learning objectives and basic concepts. These concepts are motivated with real case studies. The support material used will be published in advance in Atenea (syllabus, content, slides, examples, scheduled assessment activities, references, ...)

Students will give a presentation of a topic related to the material of block 2.

b) Laboratory classes. These sessions focus on the practical aspects of the methodology. Software R is available for the students and they can continue laboratory sessions in their hours of self study.

Students must devote enough time to complement the lectures by reading research papers, solving problems, learning relevant software, etc.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The course Advanced Survival Analysis prepares students to address situations in which the data presents complex patterns of censoring, where the covariates could vary over time, the multivariate analysis of two or more times to an event as well as competing risks and multistate models.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

B1: Beyond the Cox Model

Description:

B1. Assessing the PH assumption. The stratified Cox model. Cox proportional model for time-dependent covariates. Frailty models.

Full-or-part-time: 30h 30m

Theory classes: 7h 30m

Laboratory classes: 3h

Self study : 20h

B2: Multivariate Survival Analysis

Description:

B2. Multivariate parametric models. Copulas. Sequential and parallel data.

Full-or-part-time: 41h 40m

Theory classes: 12h

Laboratory classes: 3h

Self study : 26h 40m

B3. Competing Risk Analysis and Multistate Models

Description:

Cumulative incidence function, cause-specific hazards, transition probabilities and intensities, Chapman-Kolmogorov equations, prediction.

Full-or-part-time: 27h 10m

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

Self study : 18h 10m

B4: Interval Censoring

Description:

B3. Interval censoring

Interval censoring types. Nonparametric estimation of the survival function. Self-consistency algorithm. Comparison of survival curves. Regression models. Interval censoring in the covariants.

Full-or-part-time: 25h 40m

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

Self study : 16h 40m

GRADING SYSTEM

Blocks B1, B2, B3 and B4 will be evaluated independently on the dates provided in the planning document, resulting in grades N1, N2, N3 and N4.

The final grade of the course, NF, will be the average of these scores, ie $NF = (N1 + N2 + N3 + N4) / 4$.

The grades for blocks 1, 3 and 4 will be based on an exam with a theoretical part and a practical part.

Assessment for Block 2 will be based on an oral presentation of a topic related to the Block 2 material.

EXAMINATION RULES.

The student will be informed at the beginning of the course on the dates of each deliverable

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Crowder, Martin J. Multivariate survival analysis and competing risks. Chapman & Hall book, cop. 2012. ISBN 9781138199606.
- Hougaard, Philip. Analysis of multivariate survival data. New York: Springer, cop. 2000. ISBN 0387988734.
- Kleinbaum, David G.; Klein, Mitchel. Survival Analysis. A self-learning text. 3d. New York: Springer, cop. 2012. ISBN 9781441966452.
- Sun, Jianguo. The Statistical analysis of interval-censored failure time data [on line]. Springer, cop. 2006 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-37119-2>. ISBN 9780387329055.
- Cook, Richard J.; Lawless, Jerald F. Multistate models for the analysis of life history data. Taylor & Francis Group, 2020. ISBN 9780367571726.

Complementary:

- Nelsen, Roger B. An Introduction to copulas [on line]. 2nd. New York: Springer, 2006 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-28678-0>. ISBN 9780387286785.
- Gómez, G.; Calle, M.L.; Oller, R.; Langohr, K.. "Tutorial on methods for interval-censored data and their implementation in R". Tutorial on methods for interval-censored data and their implementation in R [on line]. 2009; 9(4): 259-297 [Consultation:



07/07/2023].

Available

on:

<https://www.proquest.com/docview/203142212?parentSessionId=stlkK%2BTCikeBUj8MX8dhoIBLT66sinjUmm3t9AMfzhQ%3D&pq-origsite=primo&accountid=15300>. - Lawless, Jerald F. Statistical models and methods for lifetime data. 2n ed. Wiley, cop. 2003. ISBN 0471372153.

- Li, Jialiang; Ma, Shuangge. Survival analysis in medicine and genetics [on line]. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC biostatistics series, cop. 2013 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1683205>. ISBN 9781439893111.

- O'Quigley, John. Proportional hazards regression [on line]. New York: Springer, cop. 2008 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <http://link.springer.com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007%2F978-0-387-68639-4>. ISBN 9780387251486.

- Hout, Ardo Van den. Multi-state survival models for interval-censored data [on line]. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2017 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4748347>. ISBN 9781466568402.

Course guide

200611 - AB - Bayesian Analysis

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge:	School of Mathematics and Statistics		
Teaching unit:	715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.		
Degree:	MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).		
Academic year: 2025	ECTS Credits: 5.0	Languages: Spanish	

LECTURER

Coordinating lecturer: XAVIER PUIG ORIOL

Others:

PRIOR SKILLS

We start from scratch and hence there are no pre-requisites for this course. But having some basic knowledge of statistics and R will help get the best out of the course.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
5. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
7. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
8. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.
9. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

Our goal is to focus the learning goals on the student and adapt the teaching to the achievement of the goals. That's why we want classes to be valuable for learning and tasks to be well thought out and defined. Half of the sessions will be theoretical and half will be based on computer use.

Theoretical concepts are presented in theory classes and are usually expository classes, where exercises or discussions between students are often interspersed. These classes also work on learning through case studies.

In the practical classes, the practical cases are solved with the help of the statistical software R, WinBugs, JAGS and STAN.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The main objective of this subject is that the student ends up with a good knowledge and mastery of Bayesian modeling in terms of both theoretical and practical knowledge. This knowledge must allow, in the face of an objective or question, to intervene in the design of the experiment necessary to obtain the study data, to analyze them satisfactorily in order to reach the conclusions according to the initial objective.

And as specific objectives (abilities to be acquired):

- * Knowledge of the difference between Bayesian and non Bayesian statistical modelling, and of the role of the likelihood function.
- * Understand the role of the prior distribution, the role of reference priors and how to go from prior to posterior distributions.
- * Understand the difference between hierarchical and non-hierarchical Bayesian models.
- * Understand how to check a Bayesian model, how to compare Bayesian models and how to use them for prediction.
- * Understand the Montecarlo methods that allow one to simulate from the posterior and how to make inferences from those simulations.
- * Posing and solving Bayesian inference problems analytically with exponential family statistical models and conjugate prior distributions.
- * Posing and solving Bayesian inference problems numerically under complex situations using WinBugs, JAGS or STAN.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1- Bayesian Model

Description:

1. What is a statistical model. 2. The four problems in statistics. 3. The Likelihood function. 4. Bayesian model. 5. Posterior distribution. 6. Prior predictive and posterior predictive distributions. 7. Choice of the prior distribution.

Full-or-part-time: 45h

Theory classes: 14h

Laboratory classes: 6h

Self study : 25h

2- Bayesian Inference

Description:

1. Posterior distribution as an estimator. 2. Point estimation. 3. Interval estimation 4. Prediction 5. Hypothesis test

Full-or-part-time: 39h

Theory classes: 10h

Laboratory classes: 4h

Self study : 25h

3- Bayesian computation

Description:

1. The need for integration and for simulation. 2. Markov chain monte Carlo simulation. 3. Monitoring Convergence

Full-or-part-time: 13h

Theory classes: 2h

Laboratory classes: 1h

Self study : 10h

4- Hierarchical Models

Description:

1. Hierarchical Models

Full-or-part-time: 14h

Theory classes: 2h

Laboratory classes: 2h

Self study : 10h

5. Checking and defining the model

Description:

Checking and defining the model

Full-or-part-time: 14h

Theory classes: 2h

Laboratory classes: 2h

Self study : 10h

GRADING SYSTEM

Final grade = $0.4 \cdot \text{Assignments} + 0.2 \cdot \text{Exam} + 0.4 \cdot \text{Project}$

where,

Assignments is the grade obtained from the resolution of exercises delivered to both practical and theoretical classes,

Project is the grade of a group work, and

Exam is the grade of the exam that will take place in the second half of the course

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Gelman, Andrew. Bayesian data analysis. 3rd ed. London: Chapman & Hall, 2014. ISBN 9781439840955.
- Kruschke, J.K. Doing bayesian data analysis : a tutorial with R, JAGS and STAN. Academic Press, 2015. ISBN 9780124058880.
- Bolstad, W. Introduction to Bayesian statistics. 2nd. John Wiley, 2007. ISBN 9780470141151.

Complementary:

- Leonard, Thomas; Hsu, John S. J. Bayesian methods. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. ISBN 0521594170.
- Bernardo, José Miguel; Smith, Adrian F. M. Bayesian theory. Chichester: Wiley, 1994. ISBN 0471924164.
- Carlin, Bradley P; Louis, Thomas A. Bayes and empirical bayes and methods for data analysis. London: Chapman and Hall, 1996. ISBN 0412056119.
- Gill, Jeff. Bayesian methods : a social and behavioral sciences approach. Boca Raton, Fla: Chapman & Hall/CRC, 2002. ISBN 1584882883.

- Kendall, Maurice G. Kendall's Advanced Theory of Statistics : Bayesian inference. 6th ed. London: Edward Arnold, 1994. ISBN 0340529229.
- Berger, James O. Statistical decision theory and Bayesian analysis. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1985. ISBN 0387960988.
- Congdon, Peter. Bayesian statistical modelling. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. ISBN 0471496006.
- Congdon, Peter. Applied bayesian modelling. West Sussex: John Wiley & Sons, 2003. ISBN 0471486957.
- Congdon, Peter. Bayesian models for categorical data. Chichester: John Wiley, 2005. ISBN 0470092378.
- Robert, Christian P.; Casella, George. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. New York: Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Tanner, Martin Abba. Tools for statistical inference : methods for the exploration of posterior distributions and likelihood functions. 3rd ed. New York: Springer-Verlag, 1996. ISBN 0387946888.
- Gilks, W. R. Markov chain Monte Carlo in practice. London: Chapman & Hall, 1996. ISBN 0412055511.
- Wasserman, Larry. All of statistics : a concise course in statistical inference. New York: Springer Verlag, 2010. ISBN 9781441923226.
- Robert, Christian P. The Bayesian choice : from decision-theoretic foundations to computational implementation. 2nd ed. New York: Springer, 2001. ISBN 0387952314.
- Carlin, Bradley P.; Louis, Thomas A. Bayesian methods for data analysis. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 9781584886976.
- Hoff, Peter D. A First course in bayesian statistical methods [on line]. New York: Springer, 2009 [Consultation: 28/06/2023]. Available on : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=450680>. ISBN 9780387922997.
- Jackman, Simon. Bayesian analysis for the social sciences. Chichester: John Wiley and Sons, 2009. ISBN 9780470011546.
- McElreath, R. Statistical rethinking : a Bayesian course with examples in R and Stan. Chapman Hall, 2016. ISBN 9781482253443.
- Ntzoufras, I. Bayesian modeling using WinBUGS. Wiley. 2009. ISBN 9780470141144.
- Gelman, Andrew; Carpenter, Bob; Lee, Daniel. Stan modeling language: user's guide and reference manual. Version 2.17.0 [on line]. Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY-ND 4.0), 2017 [Consultation: 07/07/2023]. Available on: <https://github.com/stan-dev/stan/releases/download/v2.17.0/stan-reference-2.17.0.pdf>.

Course guide

200627 - AC - Clinical Trials

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: MARTA BOFILL ROIG

Others:

PRIOR SKILLS

The students are expected to be familiar with basic concepts of statistical inference and linear models.

REQUIREMENTS

Descriptive and inferential basics, understanding of linear models

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

6. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
8. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
9. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
11. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
12. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

Transversal:

1. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.
2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

The course consists of two parts:

Part A: Introduction to clinical trials: Fundamental Aspects, Key Principles, and Emerging Trends

Part A consists of:

1. Theory classes
2. Homework (in teams of 2-3)
3. Presentation on a topic of interest half-term

Part B: Design and Analysis Methods for Adaptive and Multi-Objective Clinical Trials

Part B consists of:

1. Theory classes
2. Hands-on computer lab hours
3. Homework (in teams of 2-3)
4. Exam

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

After completion of this course, students are expected to know:

- How drugs and other interventions are developed (i.e. clinical development process)
- What a clinical trial can and cannot answer
- The clinical trial's role in the growing body of scientific evidence on a specific intervention and disease indication
- The essential aspects of a clinical trial
- The statistician's role in clinical development
- How to properly report results from a clinical trial
- The recent and future trends in clinical development
- Identifying when to adjust for multiplicity in trials with multiple objectives
- Understanding of why and how adaptive designs work from a statistical and practical point of view
- Learning of basic statistical methods for adaptive designs and multiple testing

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1. Clinical development

Description:

- Stages of clinical development for drugs and other human interventions
- Clinical research
- The role of patient in drug development

Full-or-part-time: 2h 30m

Theory classes: 1h 30m

Self study : 1h

2. Fundamental aspects of clinical trials

Description:

- Introduction to clinical trials
- The role of clinical trials in the scientific evidence
- Good clinical practice
- Overview of phases of clinical trials
- Protocol and statistical analysis plan
- Randomization
- Blinding
- Population
- Study interventions
- Endpoints

Full-or-part-time: 29h

Theory classes: 9h

Self study : 20h

3. Types of clinical trials

Description:

- Overview
- Superiority/non-inferiority/equivalence

Full-or-part-time: 13h

Theory classes: 3h

Self study : 10h

4. Statistical aspects of clinical trials

Description:

- Common treatment effect estimates (continuous, binary, count and time-to-event endpoints)
- Meta-analysis
- Estimand framework

Full-or-part-time: 14h 30m

Theory classes: 4h 30m

Self study : 10h

5. Other relevant topics

Description:

- Guidelines: CONSORT
- Regulatory bodies and processes
- The role of statistician in drug development

Full-or-part-time: 7h 30m

Theory classes: 4h 30m

Self study : 3h

6. Introduction to adaptive designs and multiple testing

Description:

- Trials with interim analysis
- Multi-arm trials
- Multiple endpoints
- Adaptive designs

Full-or-part-time: 7h

Theory classes: 3h

Self study : 4h

7. Group sequential designs

Description:

- Early Stopping of Clinical Trials
- Repeated Significance Testing
- Confidence Intervals, p-Values, and Point Estimation

Full-or-part-time: 19h 30m

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 12h

8. Multiple testing

Description:

- Introduction
- P-value-based multiple tests
- Multiple Inference for linear models
- Closed testing principle

Full-or-part-time: 16h

Theory classes: 4h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 10h

9. Adaptive designs

Description:

- Combination tests
- Conditional error function
- Sample Size reestimation

Full-or-part-time: 16h

Theory classes: 4h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 10h

GRADING SYSTEM

Students will be graded based on:

- Homework: Team work (part 1), Team work (part 2)
- Presentation (part 1)
- Exam (part 2)

Teamwork (TW) will be rated 0-10 and the final grade for TW will be the average of the tasks.

Presentation (P) will be rated 0-10. The aspects that will be assessed are: structure, content, format, accuracy of statements and related references, and finally, ability to convey the take-away messages to the audience.

Exam (E) will be rated 0-10.

The final grade will be calculated as:

$$\text{Nota} = 0.1\text{TW1} + 0.1\text{TW2} + 0.4\text{P} + 0.4\text{E}$$

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Wassmer G.; Brannath, W. Group sequential and confirmatory adaptive designs in clinical trials. Springer, 2016. ISBN 9783319325620.
- Jennison C.; Turnbull, B.W. Group sequential methods with applications to clinical trials. Chapman and Hall/CRC, cop. 2000. ISBN 9780849303166.
- Bretz F.; Hothorn, T.; Westfall, P. Multiple comparisons using R [on line]. Chapman and Hall/CRC, 2010 [Consultation: 05/09/2024]. Available on : <https://web-p-ebshost-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ehost/ebookviewer/ebook?sid=c6db8395-9910-413d-954c-2c041dac5c00%40redis&vid=0&format=EB>. ISBN 9781584885740.
- Dmitrienko, A.; Tamhane, A.C.; Bretz, F. Multiple testing problems in pharmaceutical statistics [on line]. Chapman and Hall/CRC, cop. 2010 [Consultation: 05/09/2024]. Available on : <https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/edit/10.1201/9781584889854/multiple-testing-problems-pharmaceutical-statistics-ajit-tamhane-frank-bretz-alex-dmitrienko>. ISBN 9781032477701.
- Friedman, L. M. [et al.]. Fundamentals of clinical trials [on line]. 5th. Springer, 2015 [Consultation: 15/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-1586-3>. ISBN 9783319185385.

Course guide

200616 - OC - Continuous Optimisation

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: FRANCISCO JAVIER HEREDIA CERVERA

Others:

PRIOR SKILLS

A background equivalent to one/two degree-level semesters of algebra, analysis and optimization/operations research is advisable, though not mandatory, as the course intends to be self-contained.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
 4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
 5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
- Translate to english
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

The course is composed by both theory and laboratory sessions.

During the theoretical sessions the fundamental properties of the continuous optimization problems and its solution algorithms will be introduced, with special interest to all the issues related the numerical solution of practical optimization problems arising both in statistics as well as in operations research.

During the laboratory sessions the students will have the opportunity to learn how to find the numerical solution to the different kinds of continuous optimization problems studied in the theoretical sessions with the help of languages for mathematical optimization modeling (as AMPL or SAS/OR) as well as numerical/statistic software (as MATLAB or R).

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

- * To know the different types of continuous optimization problems and to understand its properties.
- * To know the most relevant algorithms for continuous optimization and to understand its local and global convergence properties.
- * To know some of the most relevant continuous optimization problems arising both in statistics and operations research and to be able to solve with the most efficient optimization algorithms.
- * To be able to formulate and numerically solve real cases instances of continuous optimization problems from statistics and operations research with professional optimization software.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Computational modelization solution of mathematical optimization problems.

Description:

Continuous optimization problems in statistics and operations research. Modeling languages for mathematical optimization problems. Solvers for continuous optimization problems.

Full-or-part-time: 41h 40m

Theory classes: 10h

Laboratory classes: 5h

Self study : 26h 40m

Unconstrained optimization

Description:

Fundamentals of unconstrained optimization. Nelder-Mead procedure. Gradient method. Conjugate gradient method. Newton's and modified Newton's method. Quasi-Newton methods.

Full-or-part-time: 41h

Theory classes: 10h

Laboratory classes: 5h

Self study : 26h

Constrained optimization

Description:

Fundamentals of constrained continuous optimization: definitions, local and global minima, optimality conditions, convex problems. Optimization with linear constraints: the reduced gradient - active set method, the simplex algorithm. Optimization with non linear constraints: generalized reduced gradient, projected and augmented Lagrangians, sequential quadratic programming.

Full-or-part-time: 42h 20m

Theory classes: 10h

Laboratory classes: 5h

Self study : 27h 20m



GRADING SYSTEM

Two laboratory assignments (20% of the total grade each) and a final exam covering the two parts of the course contents (30% of the total grade each part).

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Nocedal, Jorge; Wright, Stephen J. Numerical optimization [on line]. 2nd ed. New York: Springer, 2006 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 0387987932.
- Luenberger, David G. Linear and nonlinear programming [on line]. 3rd ed. Springer, 2008 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 1402075936.
- Fourer, Robert ;Gay, David M. ;Kernighan, Brian W. AMPL: a modeling language for mathematical programming. 2nd ed. Duxbury Press / Brooks/Cole Publishing Company, 2003. ISBN 0534388094.

Complementary:

- Athanary, T.S. ; Dodge, Y. Mathematical programming in statistics. NY: John Wiley & Sons, 1993. ISBN 0471592129.
- Bertsekas, Dimitri P. Nonlinear programming. 2nd ed. Belmont: Athena Scientific, 1999. ISBN 1886529000.
- Gill, Philip E.; Murray, Walter; Wright, Margaret H. Practical optimization. London: Academic Press, 1991. ISBN 0122839501.
- Boyd, Stephen ; Vandenberghe, Lieven. Convex optimization. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. ISBN 9780521833783.
- SAS/OR® 9.3 User's guide : mathematical programming [on line]. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2011 [Consultation: 17/07/2013]. Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/ormpug/63975/PDF/default/ormpug.pdf>.

Course guide

200656 - ADB - Data Analysis in Bioinformatics

Last modified: 23/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: Guillem Clot Razquin

Others:

PRIOR SKILLS

The course requires basic knowledge of statistics and linear regression, as well as knowledge of programming and the R language. A strong predisposition toward Biology (particularly Molecular Biology) is also important.

REQUIREMENTS

- Knowledge of R.
- Knowledge of statistical inference, linear models, and multivariate analysis.

TEACHING METHODOLOGY

The course's approach is theoretical and practical. Biological concepts, statistical techniques, and computational tools will be introduced in the classroom. Students will explore these concepts in depth through individual work in guided activities, suggested exercises, and/or reading scientific documents and articles. Student participation will be achieved through active participation in the discussions.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

- Become familiar with the basic components of organisms and the fundamental elements of Molecular Biology.
- Know how to obtain information from databases in the field of Bioinformatics.
- Understand and differentiate the different types of problems related to sequence alignment: pairwise, multiple, and database searches.
- Know how to create dynamic reports with Rmarkdown and improve R programming skills.
- Know the main statistical and bioinformatics methods used to analyze transcriptomic data.
- Be able to perform differential expression analysis from RNA-seq data and interpret its results.
- Know the statistical techniques to investigate the association between genotypes and diseases/phenotypes.
- Be able to analyze data from a genome-wide association study (GWAS)

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1. Introduction to Molecular Biology and Bioinformatics

Description:

Introduction to Bioinformatics and the essential biological concepts for understanding the data generated in this field. Biological databases. Report creation with Rmarkdown.

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 3h

Practical classes: 3h

2. Sequence analysis

Description:

2.1. Introduction to sequence alignment.

2.2. Pairwise alignments. BLAST and FASTA.

2.3. Multiple alignments.

2.4. Regular expressions and secondary databases.

Full-or-part-time: 13h

Theory classes: 6h 30m

Practical classes: 6h 30m

3. Transcriptomic data analysis

Description:

3.1. RNA-seq: QC, preprocessing, and normalization.

3.2. Differential expression (DGE) and alternative splicing analysis.

3.3. Biological significance analysis.

3.4. Single-cell RNA-seq.

Full-or-part-time: 13h

Theory classes: 6h 30m

Practical classes: 6h 30m

4. Genome-wide association studies (GWAS)

Description:

4.1. Genotype-Phenotype Association Analysis

4.2. Haplotype or Multiple Marker Association Analysis

4.3. Quality Control of GWAS data

4.4. Association Analysis in GWAS

4.5. Polygenic Risk Scores

Full-or-part-time: 13h

Theory classes: 6h 30m

Practical classes: 6h 30m

GRADING SYSTEM

- Completion of practical exercises proposed during the course: 75%
- Summary test: 25%

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Cristianini, N; Hahn, M. W. Introduction to computational genomics : a case studies approach. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. ISBN 9780521856034.
- Akalin, A. Computational genomics with R [on line]. New York: Chapman and Hall/CRC, 2020 [Consultation: 19/06/2025]. Available on: <https://compgenomr.github.io/book/assessing-the-performance-of-our-model.html>. ISBN 1498781853.
- Korpelainen, E.; Tuimala, J.; Somervuo, P.; Huss, M.; Wong, G. RNA-seq data analysis: a practical approach. New York: Chapman and Hall/CRC, 2014. ISBN 1466595000.
- González, I. Statistical analysis of RNA-Seq data [on line]. 2014 [Consultation: 19/06/2025]. Available on: <https://www.nathalievialaneix.eu/doc/pdf/tutorial-rnaseq.pdf>.
- Conesa, A.; Madrigal, P.; Tarazona, S.; Gomez-Cabrero, D.; Cervera, A.; McPherson, A.; Szczesniak, M.W.; Gaffney, D.J.; Elo, L.; Zhang, X.; Mortazavi, A. "A survey of best practices for RNA-seq data analysis". Genome Biology [on line]. [Consultation: 19/06/2025]. Available on: <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-016-0881-8>.
- Amezquita, R; Lun, A; Hicks, S; Gottardo, R; O'Callaghan, A. Orchestrating single-cell analysis with bioconductor [on line]. 2020 [Consultation: 19/06/2025]. Available on: <https://bioconductor.org/books/release/OSCA/>.
- Laird, N.M; Nan, M. The Fundamentals of modern statistical genetics [on line]. New York: Springer, 2011 [Consultation: 19/06/2025]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-7338-2>. ISBN 1441973389.
- Foulkes, A.S. Applied statistical genetics with R : for population-based association studies [on line]. New York: Springer Verlag, cop. 2009 [Consultation: 19/06/2025]. Available on: <https://research-ebSCO-com.recursos.biblioteca.upc.edu/c/ik5pvi/search/details/c6vqwn43tb?db=nlebk>. ISBN 9780387895536.
- González, J.R.; Cáceres, A. Omic association studies with R and Bioconductor. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2019. ISBN 9781138340565.
- Xie, Y; Allaire, J.J; Golemund, G. R Markdown: the definitive guide. New York: Chapman and Hall/CRC, 2018. ISBN 9781138359338.

RESOURCES

Other resources:

Bioconductor workflows: https://www.bioconductor.org/packages/release/BiocViews.html#___Workflow

Course guide

200625 - AE - Econometric Analysis

Last modified: 23/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: HELENA CHULIÁ

Others:

PRIOR SKILLS

The course assumes a level of knowledge of statistics similar to what you can assume as prior access to the master. Students should be familiar with the concepts of hypothesis testing and statistical significance in a lineal model framework. Concepts necessary to follow the course can be found for example in the text "Practical Regression and Anova using R " available on the R website (<http://cran.r-project.org/doc/contrib/Faraway-PRA.pdf>).

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

5. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
6. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
7. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

Transversal:

3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

Own teaching of the subject is based on the use of teaching resources listed below:

- Lectures attending classes (main agent: teacher)
- Practical classes (main actors: website)
- Independent work of students (main actors: students).

Students to submit the contents of a theoretical nature of the lesson, complete with practical exercises in the keynote sessions.

In practical computer sessions are designed to bring students to use theoretical concepts studied in previous classes. To perform this task students will follow a guided practice.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

It is expected that once the course is completed, students are able to master the basic econometric methods and techniques as well as the vocabulary and concepts of econometrics own . In addition to identifying the problems that can be treated with econometric tools , raise them properly and incorporates the results of econometric analysis to the process of decision making.

All this leads to in the work plan of the course the fundamental theoretical aspects of Econometrics with other more applied those combined. In this sense, one of the objectives to consider when teaching the course syllabus is to find the balance between formalism in the development of content and applicability from free software known to students as R.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

ECONOMETRIC MODELS

Description:

- 1.1. Assumptions
- 1.2. OLS
- 1.3. Inference
- 1.4. Maximum likelihood
- 1.5. GMM (Generalized method of moments)

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

ECONOMETRIC MODELS FOR PANEL DATA

Description:

- 3.1. Static models: FE
- 3.2. Static models: RE
- 3.3. Dynamic models

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

ECONOMETRIC MODELS FOR LIMITED DEPENDENT VARIABLE

Description:

- 4.1. Binary choice model.
- 4.2. Logit and probit models.
- 4.3. Multinomial models.
- 4.4. Count data models.

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

DURATION ANALYSIS

Description:

- 5.1. The hazard function
- 5.2. Conditional hazard functions
- 5.3. Likelihood functions
- 5.4. Unobserved heterogeneity
- 5.5 Multiple-exit discrete duration models

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

TREATMENT EFFECTS

Description:

- 6.1. Potential outcomes framework
- 6.2. Experiments
- 6.3. Observational methods

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

GRADING SYSTEM

The evolution model assessment will be the subject of ongoing evaluation. Given the empirical nature of the course, the assessment is based on two types of activities:

A. The practical activities. Throughout the semester performing a set of activities that will be announced at the beginning of the course (50%) will be proposed.

B. A final test (50%)

BIBLIOGRAPHY

Complementary:

- Greene, William H. Análisis econométrico. 3a ed. Prentice-Hall, 2000. ISBN 8483220075.
- Maddala, G. S. Introduction to econometrics. 4a ed. Wiley, 2009. ISBN 9780470015124.
- Novales Cinca, Alfonso. Econometría. 2ª ed. Madrid: Mc Graw-Hill, 1993. ISBN 8448101286.
- Wooldridge, Jeffrey M. Introducción a la econometría : un enfoque moderno. 2ª ed. Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo, 2005. ISBN 8497322681.

RESOURCES

Other resources:

It is recommended to consult the information available through the virtual campus or web page of the subject as well as the following material:

- * Scripts and transparencies used in class
- * Exercises proposed in class sessions
- * Material of the practical sessions, which include: detailed description of the practice so that each student can perform it independently, and the data corresponding to the practice.
- * Proposed practices: for each of the practices (corresponding to a topic), additional practices are also proposed that students can use as an example. For this, some indications and data are provided.

Course guide

200605 - FIE - Foundations of Statistical Inference

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: ANTONIO MIÑARRO ALONSO

Others:

PRIOR SKILLS

Advanced Statistical Inference and Foundations of Statistical Inference are compulsory subjects of the MESIO UPC-UB. The former is mandatory for all graduate students in statistics or mathematics (path 1) and the latter is compulsory for all students from other degrees (path 2). Students from path 2 can choose Advanced Statistical Inference as optional. Students from path 1 can not choose Foundations of Statistical Inference.

The course assumes a basic knowledge of the concepts of probability theory. The student should know and work with major discrete and continuous probability models: Poisson, Binomial, Exponential, Uniform, Normal. In particular the student should be able to use the cumulative distribution functions and density functions or probability mass, for calculating probabilities and population parameters of the main distributions. It is also assumed the skill to work with the expectation and variance of random variables. Finally, it is important to know and understand the implications of the central limit theorem.

You can consult the following material:

Probabilidad y estadística de Evans, Michael J. (2005)
Michael J. Evans (Autor) y Jeffrey Rosenthal
Edit. Reverte
http://www.reverte.com/motor/?id_pagina=catalogo/ficha&idcategoria=6&idsubcategoria=47&idlibro=664

Morris H. DeGroot and Mark J. Schervish
Probability and Statistics (4th Edition)
Addison-Wesley (2010)
ISBN 0-321-50046-6
http://www.pearsonhighered.com/pearsonhigheredus/educator/product/products_detail.page?isbn=0201524880

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
4. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
2. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

· Theory sessions

The teacher explains the contents of the course with the help of computer presentations. Student participation will be encouraged through some questions and examples.

· Problem sessions

By the end of each issue a session specially devoted to problems will take place. The list of problems will be available in advance on the intranet. Students should come to class with doubts related to the proposed problems in order to be solved by the teacher.

· Statistical laboratory

Several statistical analyses will be carry out with the help of some scripts of R. Students will be proposed to solve several more extensive exercises with the help of the software.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

Students should achieve a good knowledge of the common language of statistical inference with both a theoretical and a practical basis. Students not only should to be able to use most of the statistical techniques but also they have to be able to learn new methodologies. Students should be able to use software R as a tool for the inferential process.

As specific goals we have the following:

- Students should know the main sample techniques and the main sample distributions based on normal law and its use in statistical inference.
- Students should be able to apply some of the usual methods of estimation. Students should know the desirable properties of an estimator and verify if they are achieved by a given statistic.
- Students should understand the concept of confidence of an interval. They have to be able to construct the most usual intervals and compute the necessary sample size to achieve a given confidence and precision.
- Students should understand the methodology underlying the testing of hypotheses including the types of errors and the importance of sample size to make decisions with a good statistical basis.
- Students should be able to obtain estimates from a linear regression model and verify the validity of the assumptions of the model in order to discuss the results of a regression study.
- Students should understand the linear model of analysis of variance together with the sum of squares variance decomposition and solve the one-way model and the two-way model both with fix and random factors.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1. Introduction to inference

Description:

1.1 Basic ideas of Statistical Inference.

Specific objectives:

Basic introduction to the main concepts of statistical inference and review of the necessary ideas of the Theory of Probability

Related activities:

Theory sessions.

Full-or-part-time: 0h 30m

Theory classes: 0h 30m

2. Sampling

Description:

2.1. Definition

2.2. Sampling methods

2.3. Random sampling

2.4. Sampling distributions

2.4.1. Exact and asymptotic sampling distributions

2.4.2. The distribution in sampling from a Normal Population

2.4.3. Distributions arising from Normal sampling

2.5. Simulating random samples

Specific objectives:

Students should know the main sample techniques and the main sample distributions based on normal law and its use in statistical inference.

Related activities:

Theory sessions. Problem sessions.

Full-or-part-time: 2h 30m

Theory classes: 2h 30m

3. Parameter estimation

Description:

3.1. Introduction, concept of estimator, point and confidence estimation.

3.2. Properties of point estimates: consistency, bias, efficiency, minimal variance, sufficiency, mean square error.

3.3. Methods to obtain estimates: moments, maximum likelihood, least squares, Bayes

3.4. Resampling methods: Bootstrap, Jackknife

Specific objectives:

Students should be able to apply some of the usual methods of estimation. Students should know the desirable properties of an estimator and verify if they are achieved by a given statistic.

Related activities:

Theory sessions. Problem sessions

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 6h

4. Confidence Intervals

Description:

- 4.1. Definition
- 4.2. Construction of intervals
- 4.3. Confidence level and sample size
- 4.4. Some confidence intervals
- 4.5. Asymptotic confidence intervals

Specific objectives:

Students should understand the concept of confidence of an interval. They have to be able to construct the most usual intervals and compute the necessary sample size to achieve a given confidence and precision.

Related activities:

Theory sessions. Problem sessions. Statistical laboratory.

Full-or-part-time: 4h 30m

Theory classes: 4h 30m

5. Hypotheses testing

Description:

- 5.1. Fundamental notions of hypotheses testing
 - 5.1.1. From language to parametrical hypotheses
 - 5.1.2. Null and alternative hypotheses
 - 5.1.3. Decision rule: Critical region
- 5.2. Errors in hypotheses testing
 - 5.2.1. Type I error: level of significance
 - 5.2.2. Type II error: power of the test
 - 5.2.3. Sample size
- 5.3. P-values
- 5.4. Some hypotheses tests
 - 5.4.1. Likelihood ratio tests
 - 5.4.2. Tests for normal populations
 - 5.4.3. Tests on proportions
 - 5.4.4. Chi-squared tests
 - 5.4.5. Robust tests: tests based on ranks and permutation tests
- 5.5. Relation between confidence estimation and hypotheses testing
- 5.6. Multiple testing
- 5.7. Combining results from different tests
- 5.8. Bayesian hypothesis testing

Specific objectives:

Students should understand the methodology underlying the testing of hypotheses including the types of errors and the importance of sample size to make decisions with a good statistical basis.

Related activities:

Theory sessions. Problem sessions. Statistical laboratory.

Full-or-part-time: 12h

Theory classes: 12h

6. The general linear model

Description:

- 6.1. Introduction
- 6.2. Parameter estimation and hypotheses testing
- 6.3. Simple linear regression
 - 6.3.1. Parameter estimation
 - 6.3.2. Regression diagnostic
 - 6.3.3. Hypotheses in regression
 - 6.3.4. Model comparisons
 - 6.3.5. Relationship between regression and correlation
 - 6.3.6. Smoothing
- 6.4. Multiple regression
 - 6.4.1. Parameter estimation
 - 6.4.2. Regression diagnostic
 - 6.4.3. Inference in multiple regression
 - 6.4.4. Collinearity

Specific objectives:

Students should be able to obtain estimates from a linear regression model and verify the validity of the assumptions of the model in order to discuss the results of a regression study.

Related activities:

Theory sessions. Problem sessions.

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 9h

7. ANOVA models

Description:

- 7.1. One-way ANOVA
 - 7.1.1. Linear model for one-way ANOVA
 - 7.1.2. Null hypotheses
 - 7.1.3. Factor effects
 - 7.1.4. ANOVA diagnostics
 - 7.1.5. Multiple comparison of means
- 7.2. Two-way ANOVA
 - 7.2.1. Randomized blocks design
 - 7.2.2. Two fixed factors ANOVA
 - 7.2.3. Interpreting interactions
 - 7.2.4. Two random factors ANOVA
 - 7.2.5. Mixed effects model

Specific objectives:

Students should understand the linear model of analysis of variance together with the sum of squares variance decomposition and solve the one-way model and the two-way model both with fix and random factors.

Related activities:

Theory sessions. Problem sessions. Statistical laboratory.

Full-or-part-time: 10h 30m

Theory classes: 10h 30m

GRADING SYSTEM

Throughout the course students will be proposed to solve 3 small quizzes (CUEST). They will also be proposed to solve take-home exercises and deliver it within a specified period as discussed in the section on practical laboratory in teaching methodology (EJER). A final exam (EF) will take place on the date specified by the master direction. The grade of the course will be obtained as $N = 0.2 \cdot \text{CUEST} + 0.20 \cdot \text{EJER} + 0.6 \cdot \text{EF}$.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Casella, G.; Berger, Roger L. Statistical inference. 2nd ed. Duxbury: Pacific Grove, 2002. ISBN 0534243126.
- Rohatgi, Vijay K. Statistical inference [on line]. New York: John Wiley & Sons, 1984 [Consultation: 07/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1894681>.
- Sánchez, P.; Baraza, X.; Reverter, F.; Vegas, E. Métodos estadísticos aplicados. Barcelona: UB, 2006. ISBN 8447530981.
- Peña, Daniel. Estadística : modelos y métodos. 2 vols. 2ª ed. rev. Madrid: Alianza Universidad Textos, 1986-1991. ISBN 8420689931.
- DeGroot, Morris; Schervish, Mark. Probability and statistics. 4th ed. Pearson, 2012. ISBN 0321500466.
- Evans, Michael; Rosenthal, Jeffrey S. Probability and statistics : the science of uncertainty. 2nd ed. New York: W.H. Freeman and Company, cop. 2010. ISBN 1429224622.
- Sahu, Pradip Kumar, Pal, Santi Ranjan, Das, Ajit Kumar. Estimation and inferential statistics [on line]. 1. New Delhi: Springer, 2015 [Consultation: 27/05/2024]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-81-322-2514-0>. ISBN 9788132225133.

Course guide

200618 - OGD - Large Scale Optimization

Last modified: 23/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).
Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: ESTEVE CODINA SANCHO

Others:

PRIOR SKILLS

Basic knowledge of Operations Research / Optimization / Modelling in Mathematical Programming / Basic Linear Algebra.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
7. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

Both lectures about theory and practice:

- * Theoretical sessions: The contents of the course will be presented and discussed by combining explanations on the board and with transparencies.
- * Problem-solving sessions: Interspersed with theory classes; problems and case studies are introduced and solved.
- * Practicals: Lab sessions in which software for solving large-scale problems are studied.
- * Language: the course can be imparted in either English, Catalan or Spanish.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The objective of this course is to introduce students to the solution of large-scale problems as well as the different existing methodologies, specially decomposition methods for structured problems and interior-point methods. On completion of the course, students should be familiar with different types of structured problems and should be able to identify the most appropriate methodology for each problem, in addition to obtaining the solution to the optimization problem in an efficient way.

Skills to be learned

- * Given an optimization model, identify whether or not it is suitable to use a decomposition technique.
- * Learn the main role played by Lagrangian duality and its relation with different decomposition techniques.
- * Implement decomposition methods using algebraic languages for mathematical programming in different models with the aim of resolving them.
- * Learn the differences between the simplex method for Linear Programming and the interior-point methods, as well as when it is suitable to use the former or the latter.
- * Learn the foundations of the interior point methods, for LP, QP and convex NLP.
- * Implement simple versions of interior-point methods with high-level languages (matlab), as well as learning the required linear algebra tools.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

DUALITY

Description:

1.1 Duality in Linear Programming. Duality Theorems and complementary slackness. Dual-simplex algorithm and sensitivity analysis. Vertices and extreme directions in polyhedra. Farkas Minkowski's theorem. Farkas' lemma.

1.2 Duality in mathematical programming and lagrangian duality. Dualization and relaxation. dualization and convexification. Optimality conditions and Karush-Kuhn and Tucker conditions. Lagrangian relaxation and duality. Introduction to non-differentiable optimization. Subgradient optimization.

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 6h

DECOMPOSITION METHODS

Description:

2.1 Decomposition methods in Mathematical Programming. Dantzig's cutting plane algorithm and generalized linear programming. Dantzig-Wolfe's decomposition algorithm. Resource based decomposition. Benders decomposition algorithm. Vertex generating methods in non-linear programming problems with linear constraints

Full-or-part-time: 13h 30m

Theory classes: 13h 30m



INTERIOR-POINT METHODS

Description:

Basic elements of convexity. Perturbed KKT conditions. The barrier problem. The central path. Primal-dual path following interior point algorithms. Short and long step versions. Implementation details. Augmented system and normal equations. Second order directions. Extensions to quadratic and convex problems.

Full-or-part-time: 19h 30m

Laboratory classes: 19h 30m

GRADING SYSTEM

Two practical assignments for each part of the course (1. Duality and decomposition; 2 interior-point methods). Each assignment is a 50% of the overall mark.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Bradley, S. P.; Hax, A.C.; Magnanti, T.L. Applied mathematical programming. Addison-Wesley, 1977. ISBN 020100464X.
- Chvátal, Vasek. Linear programming. Freeman, 1983. ISBN 0716715872.
- Minoux, M. Vajda, S. Mathematical programming : theory and algorithms. John-Wiley, 1986. ISBN 0471901709.
- Bazaraa, M.S.; Sheraly, H.D.; Shetty, C.M. Nonlinear programming : theory and algorithms [on line]. 3ª. John-Wiley, 2006 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471787779>.
- Wright, Stephen J. Primal-dual interior-point methods. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997. ISBN 089871382X.

Complementary:

- Bertsekas, Dimitri P.. Nonlinear programming. Athena Scientific, 1999.
- Sierksma, Gerard. Linear and integer programming theory and practice [on line]. 2nd ed. Marcel Dekker, 1996 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=1683099>. ISBN 0824796950.
- Conejo, A.J.; Castillo, E.; Miguez, R. ; Garcia-Bertrand, R. Decomposition techniques in mathematical programming : engineering and science [on line]. Springer, 2006 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/3-540-27686-6>. ISBN 9786610625628.
- Shapiro, Jeremy F. Mathematical programming. Structures and algorithms. John Wiley, 1979. ISBN 0471778869.

Course guide

200609 - ATV - Lifetime Data Analysis

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: GUADALUPE GÓMEZ MELIS

Others:

PRIOR SKILLS

In order to follow the course successfully the student has to be familiar with the following concepts: estimation theory and confidence intervals, likelihood function, maximum likelihood estimation, regression models, hypothesis tests.

The student will have to use the R software for homework and data analysis.

Chapters 1 through 3 of the book "Principles of Statistical Inference" Cox, Cambridge University Press (2006) should be mastered.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.

Transversal:

2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

Lectures:

One hour and a half sessions in which the main concepts and topics are introduced. The lecturer will use a computer and the blackboard to introduce the course content. Emphasis is put on ideas and intuition. Topics are discussed from the point of view of real situations concerning clinical trials, epidemiological studies, sports data and other observational studies where the variable time until an event is of interest

Problem-solving sessions:

Incorporated into the practical sessions.

Laboratory sessions:

One hour and a half sessions held in the computer lab in which theoretical problems are tackled and exercises are carried out using computers.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

Survival analysis is employed in many fields to analyze data representing the duration or elapsed time between two events. It is also known as event history analysis (in demography), lifetime data analysis, reliability analysis and time-to-event analysis. A key characteristic that distinguishes survival analysis from other areas of statistics is that survival data are usually censored, sometimes truncated and the normality hypothesis is inadequate. Censoring occurs when the information for some individuals is incomplete, what may happen for different reasons discussed in class.

The course Lifetime Data Analysis covers a series of procedures and techniques for analyzing censored and/or truncated data. While the course is focused on medical applications in public health, in epidemiology and in sports sciences, it also has direct applications to other disciplines such as economics, actuarial sciences, engineering and demography.

The aim of the course is to develop the core of survival analysis and to put into practice the knowledge acquired by means of the statistical software package R.

Abilities to be acquired:

- * Identification of those situations or studies in which it is necessary to use Survival Analysis methodology. The ability to define the events and times relevant to each situation.
- * Identification and knowledge of the different types of censoring and truncation. The ability to construct the likelihood in each case.
- * Knowledge on the most common parametric models: Exponential, Weibull, Gamma, Gompertz, Lognormal and Log-Logistic. The ability to evaluate the most adequate model in a concrete example.
- * The ability to obtain and interpret the Kaplan-Meier estimator, to know its most important properties and how to calculate estimators for the cumulative risk functions.
- * Knowledge on how to present different hypothesis tests in order to compare two or more survival curves. The ability to select the most appropriate test according to the type of alternative hypothesis.
- * Knowledge on how to use accelerated lifetime regression models: the Weibull and the log-logistic model. Knowledge of their relationships and differences.
- * The ability to set out and interpret a proportional hazard model, as well as checking the goodness-of-fit by means of studying different residuals.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Basic concepts and parametric models

Description:

Survival function. Hazard function.
Mean and median life
Principal parametric models.

Full-or-part-time: 12h 50m

Theory classes: 4h 30m
Self study : 8h 20m

Censoring and truncation

Description:

Different types of right censoring.
Left and interval censoring.
Building the likelihood function
Left truncation

Full-or-part-time: 11h 10m

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 6h 40m

One sample non-parametric inference

Description:

Kaplan-Meier estimator for the survival function.
Nelson-Aalen estimator for the cumulative risk function
Asymptotic Properties.
Confidence intervals and confidence bands.

Full-or-part-time: 30h 30m

Theory classes: 7h 30m

Laboratory classes: 3h

Self study : 20h

Two and K- sample comparison

Description:

Two and K-sample comparison
The (weighted) log-rank test.
Fleming-Harrington tests family.
Stratified tests

Full-or-part-time: 19h 10m

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 11h 40m

Parametric regression

Description:

Accelerated failure time models.
Log-linear, proportional hazards and proportional odds models.
Weibull regression model.
Log-logistic model.
General odds-rate regression model

Full-or-part-time: 20h 50m

Theory classes: 4h 30m

Laboratory classes: 3h

Self study : 13h 20m

Semi-parametric regression: Cox Model

Description:

Cox's regression model.
Partial likelihood function.
Inference within the Cox model.
Different types of residuals for the Cox model
Validation of the Cox model.

Full-or-part-time: 30h 30m

Theory classes: 7h 30m

Laboratory classes: 3h

Self study : 20h

GRADING SYSTEM

Assessment is based on the following:

- * Problems solved and handed in throughout the course (3 sets) (25%)
- * Case study with real data (25%)
- * Final exam (50%)

EXAMINATION RULES.

The student will be informed at the beginning of the course on the dates of each deliverable.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Klein, John P.; Moeschberger, Melvin L. Survival analysis : techniques for censored and truncated data [on line]. 2nd ed. Springer, 2003 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97377>. ISBN 978038795399.
- Collett, D. Modelling survival data in medical research. 2nd ed. Chapman & Hall, 2003. ISBN 1584883251.
- Kleinbaum, David; Klein, Mitchel. Survival analysis : a self-learning text. 3rd ed. Springer, 2012. ISBN 9781441966.
- Lee, E.T.; Wang, J.W. Statistical methods for survival data analysis [on line]. 4th. Wiley, 2003 [Consultation: 27/05/2024]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471458546>. ISBN 9781118095027.
- Smith, Peter J. Analysis of failure and survival data. Chapman and Hall, 2002. ISBN 1584880759.

Complementary:

- Anderson, Stewart. Biostatistics : a computing approach. Boca Raton: CRC Press, cop. 2012. ISBN 9781584888345.
- Cox, D. R.; Oakes, D. Analysis of survival data. Chapman and Hall, 1984. ISBN 041224490X.
- Kalbfleisch, John D.; Prentice, R.L. The Statistical analysis of failure time data. 2nd ed. Wiley-Interscience, 2002. ISBN 047136357X.
- Klein, John P. Handbook of survival analysis [on line]. Boca Raton: Taylor and Francis, cop. 2014 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1563126>. ISBN 9781466555662.
- Lawless, Jerald F. Statistical models and methods for lifetime data. 2nd ed. 2003. ISBN 978-0471372158.
- O'Quigley, John. Proportional hazards regression [on line]. New York, NY: Springer New York, 2008 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-68639-4>. ISBN 9780387686394.

Course guide

200641 - MLLG - Linear and Generalized Linear Models

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).
Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: VÍCTOR PEÑA PIZARRO

Others:

PRIOR SKILLS

With respect to the Theory of Probability, the students should know the basic probability distributions, their main properties and the situations that they are able to model in an appropriate way. They also have to be familiarized with the main concepts of Statistical Inference corresponding to a first course of Statistics.

REQUIREMENTS

The student needs to know the base of statistics and probability and also an introduction on simple linear regression. It is also necessary that the student has passed a course in matrix calculus. If the student also has some knowledge around ANOVA it would be good, but it is not mandatory.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

MESIO-CE4. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.

MESIO-CE3. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.

MESIO-CE6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.

MESIO-CE1. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.

MESIO-CE7. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.

MESIO-CE9. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

MESIO-CE8. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

Transversal:

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

TEACHING METHODOLOGY

The course will be taught in English. The course will be held in the first semester (S1) by means of two sessions per week. Usually, one session will be devoted to Theoretical questions and the other one to Practical. The practical sessions consist in the analysis of several data sets by means of the models presented in the theoretical sessions and statistical software R. In particular, we are going to use RStudio.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The main objective of this course is that the student acquires a good knowledge of Linear Models and Generalized Linear Models at both theoretical and practical levels. This knowledge will allow the student to analyze data sets and obtain conclusions.

Throughout the course, various data sets from very different fields will be analyzed, with the aim of being able to highlight some characteristics of a particular field. The knowledge imparted in this course will help the student to assimilate with greater ease and depth other subjects such as Longitudinal Models and Bayesian Analysis.

The knowledge and practice acquired in this course and subsequent modeling courses will allow the student to be able to collaborate with different research groups and advise them statistically.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Linear Model

Description:

Presentation and Linear Model.

1.1. Generalities. Objectives. Definition. Parameter Estimation and distribution. Residuals. Goodness of fit techniques. Checking the model hypothesis.

1.2. Analysis of Variance. One factor Anova: Parameter Estimation . Confidence Intervals for the means and means differences. Multiple comparisons. Two way ANOVA.

1.3. Multiple linear regressions: parameter estimation, determination coefficient, mean square error, confidence intervals for the parameters and estimations, model adequacy checking. Multiple regression: collinearity, causality, robust models and outliers detection. Parsimony principle. Anova Table. Common mistakes in regression.

1.4. Transformations.

Full-or-part-time: 12h

Theory classes: 7h

Laboratory classes: 5h

Exponential families

Description:

Definition. Canonical parameter. Parameter space. Examples and counter-examples. Different parametrizations of the same model. Maximum likelihood estimation.

Full-or-part-time: 5h

Theory classes: 3h

Practical classes: 2h

Generalized Linear models

Description:

3.1. Basic Concepts. Objectives. Definition. Link function and canonical link function. Parameter estimation and their asymptotic distribution. Goodness of fit measures: deviance, X^2 generalized Pearson statistic. Information criteria. Residuals.

3.2. Logit models: Estimation and testing. Parameter interpretation. Model selection Criteria for logistic regression. Two dimensional tables and logistic regression. Asymptotic results.

3.3. Log-linear models. Parameter estimation and test. Parameter interpretation. Models in two, three and higher dimensions. Residuals and outliers. Asymptotic results.

3.4 Negative binomial regression: Definition, overdispersion, interpretation, goodness of fit.

3.5 Multinomial regression: ordinal and nominal outcomes. Definition, interpretation, and goodness of fit.

Full-or-part-time: 28h

Theory classes: 20h

Practical classes: 8h

GRADING SYSTEM

T60% of the final grade will come from the final exam. This exam will contain a theoretical part and a data analysis part, both with the same weight. The remaining 40% of the final grade will come from the following activities:

- 1) Midterm exam with 10 short questions (20%).
- 2) A course project where the students model a dataset with RStudio (20%).

EXAMINATION RULES.

The exams will be closed book. For the midterm, the students can bring a calculator. For the data analysis portion of the final, the students will be able to use the course materials on Atenea, but nothing else.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Seber, G.A.F. ; Lee, A. J. Linear regression analysis. Wiley, 2003. ISBN 0471415405.
- Dobson, J.A. An Introduction to generalized linear models. Chapman and Hall, 1990. ISBN 0412311100.
- Fox, J. Applied regression analysis and generalized linear models. Sage, 2008. ISBN 9780761930426.
- Fox, J. ; Weisberg, S. An R companion to applied regression. Sage, 2002. ISBN 9781412975148.

Complementary:

- McCullagh, P. ; Nelder, J.A. Generalized linear models. Chapman and Hall, 1989. ISBN 0412317605.
- Collet, D. Modelling binary data. Chaman and Hall, 2003. ISBN 1584883243.
- Lindsey, J. K. Applying generalized linear models. Springer, 1997. ISBN 0387982183.
- Montgomery, D. Design and analysis of experiments. 8 ed. Wiley, 2013. ISBN 1118097939.

Course guide

200612 - ADL - Longitudinal Data Analysis

Last modified: 16/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
749 - MAT - Department of Mathematics.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: JOSE ANTONIO SÁNCHEZ ESPIGARES

Others:

PRIOR SKILLS

The prior skills that are desirable are the ones from basic courses in mathematical statistics and probability in the degree courses. Two referencies that can help to prepare in this preliminary phase are:

Gómez, G. (2002) Estadística Matemàtica 1 (Teoria). Apunt de la FME. Universitat Politècnica de Catalunya.

Gómez, G, Nonell, R and Delicado, P. (2002) Estadística matemàtica 1. (Problemes). Apunts de la FME. Universitat Politècnica de Catalunya

It is supposed that the student knows the linear model and the generalized linear model. This knowledge can be previously obtained and consolidated in the subject on Linear Models that it is taught during the first semester.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
5. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
7. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
8. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.
9. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

2. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

The content, the learning method and the evaluation of this subject have been designed taking into account criteria of sustainability (in particular the environmental ones), social commitment (care to third parties, security or well-being) and gender perspective (treatment of cases and examples).

The course is practical and PBL oriented (Project / Problems Based Learning).

Specifically:

- a) Outline the methodological needs from real data analysis,
- b) Develop the theoretical model (interest will be focused on the modeling and interpretation of results and, secondarily, in demonstrating the theoretical results).
- c) Return to the data to perform the analysis and interpretation of results.

Labs sessions will be in R.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

Longitudinal data combine information from the variability between individuals and the evolution and variation within individuals. For this reason, they represent, by their frequency and relevance, a challenge not only for the professional statistician but also for the theoretical development.

The course objective is, first, to develop the theoretical framework and, second, to implement the knowledge gained by using the statistical software R.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Linear Mixed Model (LMM).

Description:

Linear Mixed Model (LMM).

Full-or-part-time: 36h

Theory classes: 6h

Practical classes: 6h

Self study : 24h

Generalized Linear Mixed Model (GLMM).

Description:

Generalized Linear Mixed Model (GLMM).

Full-or-part-time: 16h 40m

Theory classes: 3h

Practical classes: 3h

Self study : 10h 40m

Non-Linear Mixed Models (NLMM)

Description:

Non-Linear Mixed Models (NLMM)

Full-or-part-time: 25h

Theory classes: 4h 30m

Practical classes: 4h 30m

Self study : 16h

Hierarchical Bayesian Models

Description:

Hierarchical Bayesian Models

Full-or-part-time: 33h 20m

Theory classes: 6h

Practical classes: 6h

Self study : 21h 20m

Extensions: Missing data analysis and Joint Modeling.

Description:

Extensions: Missing data analysis and Joint Modeling.

Full-or-part-time: 14h

Theory classes: 3h

Practical classes: 3h

Self study : 8h

GRADING SYSTEM

- 20%: Practical exercises carried out during the course. Group work of 2-3 students.
- 20%: Real case project. Group work of 2-3 students.
- 15%: Theory Exam (development questions)
- 45%: Practice Exam (Data Analysis)

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Little, Roderick J.A.; Rubin, D.B. Statistical analysis with missing data [on line]. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2019 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781119013563>. ISBN 0471183865.
- McCulloch, C.E.; Searle, S.R. Generalized, linear and mixed models. New York: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 047119364X.
- Molenberghs, G.; Verbeke, G. Models for discrete longitudinal data [on line]. Springer, 2005 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-28980-1>. ISBN 0387251448.
- Verbeke, G.; Molenberghs, G. Linear mixed models for longitudinal data [on line]. Springer-Verlag, 2000 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98969>. ISBN 0387950273.

Complementary:

- Crowder, M.J.; Hand, D.J. Analysis of repeated measures. Chapman and Hall, 1990. ISBN 041231830X.
- Diggle, P.; Liang, K-Y.; Zeger, S.L. Analysis of longitudinal data. 2nd ed. Oxford University Press, 2002. ISBN 0198524846.
- Lindsey, James K. Models for repeated measurements. 2nd ed. Clarendon Press, 1999. ISBN 0198505590.
- McCullagh, P.; Nelder, J.A. Generalized linear models. 2nd ed. Chapman & Hall, 1989. ISBN 0412317605.
- Pinheiro, J.C.; Bates, D.M. Mixed effects models in S and S-Plus [on line]. Springer-Verlag, 2000 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98882>. ISBN 0387989579.
- Schafer, J. Analysis of incomplete multivariate data. Chapman & Hall, 1997. ISBN 0412040611.
- Verbeke, G.; Molenberghs, G. Linear mixed models in practice a SAS-oriented approach. Springer-Verlag, 1997. ISBN 0387982221.
- Faraway, Julian James. Extending the linear model with R : generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. Boca Raton (Mass.): Chapman & Hall/CRC, 2006. ISBN 9781584884248.
- Galecki, Andrzej; Burzykowski, Tomasz. Linear mixed-effects models using R : a step-by-step approach [on line]. New York: Springer, 2013 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-3900-4>. ISBN 9781461438991.
- Rizopoulos, Dimitris. Joint models for longitudinal and time-to-event data : with applications in R [on line]. Boca Raton, FL [etc.]: Chapman and Hall/CRC, cop. 2012 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/b12208/joint-models-longitudinal-time-event-data-dimitris-rizopoulos>. ISBN 9781439872864.
- Verbeke, Geert; Fieuws, Steffen; Molenberghs, Geert; Davidian, Marie. "The analysis of multivariate longitudinal data: A review". National Institute of Health-Public Access [on line]. [Consultation: 28/06/2023]. Available on: https://www.researchgate.net/publication/224811683_The_analysis_of_multivariate_longitudinal_data_A_review.

Course guide

200607 - MAT - Mathematics

Last modified: 03/06/2025

Unit in charge:	School of Mathematics and Statistics		
Teaching unit:	749 - MAT - Department of Mathematics.		
Degree:	MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).		
Academic year: 2025	ECTS Credits: 5.0	Languages: Spanish	

LECTURER

Coordinating lecturer: FERNANDO MARTÍNEZ SÁEZ

Others:

PRIOR SKILLS

The Mathematics course is a leveling course for students in Path 2 (students whose degree is neither mathematics nor statistics). Students in Path 1 can not choose the Mathematics course.

Prior knowledge is not necessary.

Nevertheless, we encourage you to read the following sections of the book "Discrete Mathematics and Its Applications" (see the bibliography):

- 1.1 Propositional Logic
 - 1.2 Applications of Propositional Logic
 - 1.3 Propositional Equivalences
 - 1.4 Predicates and Quantifiers
 - 1.5 Nested Quantifiers
 - 1.6 Rules of Inference
 - 1.7 Introduction to Proofs
 - 1.8 Proof Methods and Strategy
 - 2.1 Sets
 - 2.2 Set Operations
 - 2.3 Functions
 - 9.1 Relations and Their Properties
 - 9.5 Equivalence Relations
 - 9.6 Partial Orderings
- (numbering refers to the 7th edition)

Language of instruction will be adapted to students.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

2. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

It is adapted year to year to the background of mathematic knowledge and skills of those who enrol.

As general principles:

- Mathematical conceptual issues are collectively worked in class.
- Individual work of students includes at least solving problems, searching and analyzing additional documentation, reading and understanding mathematical texts.
- All individual work is subject to feedback from the professor.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

To achieve, within a Statistics and Operations Research setting, a basic knowledge of the fundamental mathematical concepts that will qualify the student to reason in mathematical terms and comprehend the materials relevant to the specialty with an analytic capacity.

Abilities to be acquired:

The capacity to reason in mathematical terms, the capacity to analyze and comprehend the materials relevant to the specialty.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Combinatorics

Linear Algebra

The Concept of Function

The Concept of Limit

Infinite Sums

GRADING SYSTEM

Two elements will be taken into account:

- The comprehension of the basic concepts discussed in class (evaluated through a final exam).
- The individual work performed by each student (evaluating the results obtained through homework, presentations, participation, etc.). This will have a weight of at least 50% in the grading of the course.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Khuri, André I. Advanced calculus with applications in statistics [on line]. 2nd ed. rev. and expanded. John Wiley & Sons, 2003 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/0471394882>.
- Searle, Shayle R. Matrix algebra useful for statistics. John Wiley & Sons, 1982. ISBN 0471866814.
- Rosen, Kenneth H. Discrete mathematics and its applications [on line]. 7th ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2012 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4143. ISBN 0073383090.

Course guide

200643 - MMIO - Models and Methods From Operations Research

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Compulsory subject).
Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish, English

LECTURER

Coordinating lecturer: MARÍA PAZ LINARES HERREROS

Others:

PRIOR SKILLS

Models and Methods of Operations Research is compulsory, students from Path 1 (graduate students in statistics or mathematics) will enroll Group A - Advanced, and students from Path 2 (all students from other degrees) will enroll Group B - Basic. Group A will be done in English, Group B in Spanish.

Group A follows the texts:

- Linear and nonlinear programming - Luenberger, D.G.; Ye, Y, Springer, 2016. ISBN: 9783319188416
- Numerical optimization - Nocedal, J.; Wright, S.J, Springer Science+Business Media, 2006. ISBN: 0387303030
- Integer programming - Wolsey, L.A, John Wiley & Sons, 1998. ISBN: 0471283665

Group B follows to a large extent the book

- Linear and nonlinear programming - Luenberger, D.G.; Ye, Y, Springer, 2016. ISBN: 9783319188416

REQUIREMENTS

In order to follow properly this course and obtain its maximum output it is necessary to have previous basic knowledge on calculus with one and several variables, and to have basic knowledge of matrices and bases in vector spaces. It is highly recommended to know some basic programming techniques.

Group A has a higher level. In order to follow it properly and obtain its maximum output it is necessary to have basic knowledge of modeling techniques and methods in Operations Research and, specifically, in Linear Programming and Integer Linear.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.



Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

Group A and B:

- Theoretical sessions: lectures in which the topics of the syllabus are introduced and discussed. The intranet will be used for making available teaching material related with the course: notes for some topics, resolved problems and previous exams.
- Problem-solving sessions: classes in which numerical problems concerning the subjects studied in the theory sessions are posed and solved. Students are given a certain amount of time to solve problems themselves, and then the problems will be resolved and discussed collectively.
- Lab: there will be lab sessions in order to introduce students to practical implementation and solution of Operations Research models using available software.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The objectives of the course depend on the group.

Group A:

This course studies models and techniques of Operation Research, specifically Integer Programming. Special attention is given to the potential applications of the models. The application to classical combinatorial optimization models, like the traveling salesman problem, is also presented.

The main learning objectives of this course are:

- To provide a basic background in operations research, particularly in the field of Integer Programming.
- To familiarize students with methods for solving some practical applications of integer programming and combinatorial optimization problems.
- To know the possible modeling alternatives for the different types of optimization problems as well as their potential applications.
- To know the basic methodology of integer programming and, in particular, enumerative and cutting plane methods, as well as possible combinations of the above.
- To know results of duality theory and their implications in discrete programming.
- To know some basic heuristic methods for some combinatorial optimization problems.

Skills to achieve:

- The ability to find a suitable formulation and to design and implement a prototype method for the solution of a specific optimization problem.
- The ability to identify inequalities valid for typical problems in integer programming, such as the knapsack problem or the travelling salesman problem.
- The ability to formulate a Lagrangian relaxation for an optimization problem with constraints. The ability to determine the existence or not of a dual gap (or saddle points) for a particular optimization problem.

Group B:

It is an introductory course on Operations Research models and methods. The main objective is to give an overall view of the main classes of models and their main potential applications, as well as of the techniques that must be used in each case. Basic versions will be studied of the most usual techniques linear and integer programming. Without ignoring the formal aspects, special attention will be given to the interpretation and application of the studied concepts.

The learning objectives of the course are:

- To provide a basic knowledge in the main models and techniques in Operations Research, as well as of the main applications. To familiarize students with basic methods that allow solving some practical applications.
- To know the possible modeling alternatives and the nature of the different classes of problems in Operations Research and their potential applications, with special emphasis in those related to statistical problems.
- To know the basic concepts and methodology of linear programming, duality and sensitivity analysis.
- To know the main Network Flow models, as well as their applications, including shortest paths and spanning trees.
- To know some basic concepts related to integer programming and, in particular, those related to cutting planes and basic enumerative methods.

Skills to achieve:

- The ability to formulate a suitable model for an specific mathematical optimization problem, and to implement it using a suitable modeling language.
- The ability to solve with the Simplex Algorithm small linear programming problems, and to answer simple sensitivity analysis questions.
- The ability to solve simple Network Flow models, including shortest paths and minimum spanning trees.
- The ability to apply basic integer programming techniques.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Topic 1: Introduction to models and formulations of Operations Research

Description:

Introduction to the course, highlighting the potential applications as well as the relevance in the discipline of models and mathematical optimization formulations.

Full-or-part-time: 17h

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 2h

Self study : 10h

Topic 3: Linear Programming methods and their properties

Description:

3.1 Bases and extreme points.

3.2 Basic concepts of duality and sensitivity analysis.

Full-or-part-time: 21h 20m

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 3h

Self study : 13h 20m

Topic 4: Network flow models: max flow, min-cost flow

Description:

4.1 Flow balance in a network.

4.2 Properties of linear formulations and their solutions.

4.3 Shortest path problems.

4.4 Spanning trees.

Full-or-part-time: 21h 20m

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 3h

Self study : 13h 20m

Topic 5: Basic models in integer programming and their properties

Description:

5.1 Cutting planes: Gomory cuts

5.2 Enumerative methods: branch-and-bound, branch-and-cut.

Full-or-part-time: 20h 20m

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 2h

Self study : 13h 20m

Topic 6: Advanced models and methods of Operations Research

Description:

6.1 Combinatorial Optimization and its relation with integer Programming. Matching problems, packing, covering and partitioning. Facility location problems, vehicle routing and network design.

6.2 Exact solution methods.

i. Valid inequalities. The separation problem and cutting plane methods.

ii. Enumerative methods: implicit enumeration, branch-and-bound and branch-and-cut. Particular cases: Gomory cuts, Chvátal-Gomory, ...

6.3 Heuristic methods. Constructive methods (greedy, GRASP, ...), improving methods. Metaheuristics.

6.4 Lagrangean Relaxation in integer programming.

i. The Lagrangean Dual. Relation between dualization and convexification.

ii. The solution of the Lagrangean Dual: Non-smooth optimization, subgradient optimization.

6.5 Some combinatorial optimization problems.

i. The Knapsack Problem. Valid inequalities and facets: cover cuts. Separation and lifting.

ii. The Traveling Salesman Problem (TSP). Basic Properties and modeling alternatives. Valid inequalities and their separation: subtour elimination, 2-matching, comb inequalities.

Full-or-part-time: 75h

Theory classes: 40h

Practical classes: 20h

Laboratory classes: 15h

GRADING SYSTEM

GROUP A:

A.1. Continuous evaluation:

- There will be two partial exams, one for the first part of the course (P1) and one for the second (P2).
- There will be a final exam (EF) containing all the topics of the course, not compulsory, and which replaces both partial exams.
- Practical (PR): Completion of an assigned individual piece of work.

The final course result is calculated as follows: $\max\{35\%P1 + 35\%P2 + 30\%PR, 70\%EF + 30\%PR, 100\%EF\}$

A.2. Single act evaluation:

There will be a final exam (EF) covering all topics of the course.

GROUP B:

B.1. Continuous Evaluation:

- E1: Partial exam about the first part of the course.
- E2: Exam about the second part of the course.
- ER: Individual exercise to be issued in date that will be announced.
- Class participation.

The final result will be: $0.35 \cdot E1 + 0.35 \cdot E2 + 0.3 \cdot ER$, where

E1: Grade of the partial exam about the first part of the course.

E2: Grade of the second part of the course.

ER: Grade of the practical exercise.

B.2. Single act evaluation:

There will be a final exam covering all topics of the course, and E1 and ER will be automatically waived.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Luenberger, David G; Ye, Yinyu. Linear and nonlinear programming [on line]. 3rd ed. New York: Springer, cop. 2008 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 9780387745022.
- Wolsey, L. A. Integer programming. New York: John Wiley & Sons, 1998. ISBN 0471283665.

Complementary:

- Bazaraa, M. S; Sherali, Hanif D; Shetty, C. M. Nonlinear programming : theory and algorithms. 3rd ed. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, cop. 2006. ISBN 9780471486008.
- Ahuja, Ravindra K; Magnanti, Thomas L; Orlin, James B. Network flows : theory, algorithms, and applications. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, cop. 1993. ISBN 013617549X.
- Bertsekas, Dimitri P. Nonlinear programming. 2nd ed. Belmont: Athena Scientific, cop. 1999. ISBN 1886529000.
- Cook, W. [et al.]. Combinatorial optimization. New York: Wiley, 1998. ISBN 047155894X.
- Fourer, Robert; Gay, David M; Kernighan, Brian W. AMPL : a modeling language for mathematical programming. 2nd ed. Pacific Grove, CA: Thomson/Brooks/Cole, cop. 2003. ISBN 0534388094.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A. Integer and combinatorial optimization. New York: John Wiley and Sons, 1988. ISBN 047182819X.
- Padberg, M. Linear optimization and extensions. 2nd, revised and expanded ed. New York: Springer-Verlag, 1999. ISBN 3540658335.

RESOURCES

Computer material:

- CPLEX. Software for the solution of integer programming problems
- AMPL. Modeling language for mathematical optimization

Course guide

200606 - AMD - Multivariate Data Analysis

Last modified: 23/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish, English

LECTURER

Coordinating lecturer: JAMIE ARJONA MARTÍNEZ

Others:

PRIOR SKILLS

1. This course presupposes knowledge of linear algebra: diagonalization of a symmetric matrix, vector projection, vector derivation of linear and quadratic functions.
2. It is also necessary to have successfully completed a course on statistical inference covering the classical univariate tests (Student's t test, Fisher's F test).

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

1. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
2. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
3. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.
5. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
6. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.

Transversal:

4. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
7. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

Language: The first part (50%) will be conducted in English, and the second part (50%) will be conducted in Spanish.

Theory: Lectures are given following the syllabus in accordance with the schedule provided at the beginning of the course.

Deliverables: This involves using the capabilities of matrix programming to perform multivariate analysis using multivariate datasets. The practical assignments are evaluated. The software used is R. The practical assignments are carried out in groups of students.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

A student that has successfully completed the course will be able to:

1. Recognize the multivariate nature of a particular database.
2. Explain the advantage of a multivariate approach over a traditional univariate approach.
3. Explain the aims of the most commonly used multivariate methods (principal component analysis, correspondence analysis, factor analysis, multidimensional scaling, MANOVA, discriminant analysis, cluster analysis, etc.).
4. Identify the most appropriate multivariate method for the analysis of a particular database.
5. Implement the most basic multivariate methods using matrix calculations in the R environment.
6. Apply multivariate descriptive statistics to a set of variables.
7. Apply the basic principles of dimension reduction.
8. Apply the necessary transformation for a particular analysis (selection of the metric).
9. Perform multivariate visualization of data sets on the computer.
10. Interpret visual representations (biplots) of multivariate data sets.
11. Explain the multivariate normal distribution and its properties.
12. Give the definition of the most basic multivariate statistical tests.
13. Apply the most common multivariate hypothesis tests regarding mean vectors and covariance matrices.
14. Apply linear and quadratic discriminant analysis to data stemming from different populations, obtaining the discriminant functions under the assumption of multivariate normality, and classify the individuals of unknown group status.
15. Enumerate the basic clustering methods.
16. Apply different algorithms for creating clusters.
17. Interpret the results of the most commonly used multivariate methods.
18. Apply factor analysis and extract the common dimensions of a set of variables.
19. Apply repeated measurement analysis, profile analysis, and two-way MANOVA.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Multivariate descriptive statistics

Description:

1. Introduction and basic concepts. A review of linear algebra. The geometry of the sample. The cloud of points in R^p i R^n . Metric. Measures of variability. M-ortogonal projection. Eigenvalue-eigenvector decomposition. Generalized singular value decomposition. Graphical representations, the biplot.
2. Principal component analysis (PCA). Components definition. Properties. PCA based on a covariance matrix and on a correlation matrix. Biplots. Goodness of fit.
3. Multidimensional scaling (MDS). Distances and metrics. Euclidian representation of a distance matrix. Associated spectral decomposition. Goodness of fit.
4. Simple correspondence analysis. Contingency tables. Row and column profiles. Inertia and the chi-square statistic. Biplots.
5. Multiple correspondence analysis (MCA). MCA based on the Burt matrix. MCA based on the indicator matrix. Adjusted inertias. Grafical representations.
6. Factor analysis. The factor analysis model. Common and specific factors. Estimation methods: principal factor analysis and maximum likelihood. Graphical representation.
7. Canonical correlation analysis. Objective function. Canonical correlations, variables and weights. Relationships with other methods. Biplots.

Specific objectives:

Perform a multivariate descriptive analysis, both graphically and numerically, for quantitative and categorical data tables.

Related activities:

Several practicals, problems and the project of the course.

Full-or-part-time: 61h

Theory classes: 15h

Practical classes: 6h

Self study : 40h

Multivariate statistical inference.

Description:

Multivariate normal distribution. Sampling statistics. Likelihood ratio test. Covariance matrix testing. Intersection-union test. Hotelling's T2. Tests on the mean vector. Repeated measures analysis. Profile analysis. Comparison of different means. Wilks' lambda. The MANOVA model with one and two factors.

Specific objectives:

Apply multivariate statistical inference.

Related activities:

Practicals and problems.

Full-or-part-time: 29h

Theory classes: 9h

Self study : 20h

Discriminant analysis and cluster analysis.

Description:

1. Discriminant analysis. Parametric discriminant analysis. Discriminant functions. Linear and quadratic discriminant analysis.
2. Cluster analysis. Distances and similarity. Algorithms. Hierarchic methods and partitioning methods. Dendrogram. Ultrametric property. Ward's criterion.

Specific objectives:

Apply discriminant analysis and cluster analysis and the interpret results of these methods.

Related activities:

Practicals and problems.

Full-or-part-time: 32h

Theory classes: 7h 30m

Practical classes: 4h 30m

Self study : 20h

GRADING SYSTEM

The evaluation will be carried out by weighing different elements. There will be two exams: a partial exam on the first half of the course and a partial exam on the second half. Each part has a series of deliverables (exercises or practical assignments) where students must submit a short report. The grade will be obtained from the scores of the exams and the deliverables. The weighting of the different parts of the evaluation is as follows: first part partial exam (42.5%), second part final exam (42.5% if only the second part, 85% if it also includes the first part), first part deliverables (7.5%), and second part deliverables (7.5%). Students who have passed the first exam do not need to take the first part of the material in the final exam.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Aluja, T.; Morineau, A. Aprender de los datos : el análisis de componentes principales. EUB, 1999. ISBN 8483120224.
- Johnson, R. A.; Wichern, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 6th ed. Harlow, Essex: Pearson Education Limited, 2014. ISBN 9781292037578.
- Krzanowski, W. J. Principles of multivariate analysis : a user's perspective. Oxford University Press, 2000. ISBN 0198507089.
- Lebart, L.; Morineau, A.; Piron, M. Statistique exploratoire multidimensionnelle. 2e éd. Dunod, 1997. ISBN 2100040014.
- Peña Sánchez de Rivera, Daniel. Análisis de datos multivariantes [on line]. McGraw-Hill, 2002 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4203. ISBN 8448136101.

Complementary:

- Cuadras, C. M. Métodos de análisis multivariante. 2ª ed. PPU, 1991. ISBN 8476657714.
- Dillon, W. R.; Goldstein, M. Multivariate analysis methods and applications. John Wiley and Sons, 1984. ISBN 0471083178.
- Mardia, K. V.; Kent, J.T.; Bibby, J.M. Multivariate analysis. Academic Press, 1979. ISBN 0124712525.
- Morrison, D. F. Multivariate statistical methods. 3rd ed. McGraw-Hill, 1990. ISBN 0070431876.
- Volle, Michel. Analyse des données. 3e éd. Economica, 1985. ISBN 2717808159.
- Everitt, Brian. An R and S-PLUS companion to multivariate analysis [on line]. London: Springer, 2005 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b138954>. ISBN 1852338822.

RESOURCES

Computer material:

- Lecture slides. Slides.

Course guide

200642 - ODS - Optimization in Data Science

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish, English

LECTURER

Coordinating lecturer: JORDI CASTRO PÉREZ

Others:

PRIOR SKILLS

Basic concepts of Statistics and Optimization/Operations Research.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

6. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
7. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
8. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
9. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
10. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
11. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.
12. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.
2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

Theory:

The contents of the subject are presented and discussed with a combination of explanations on the board and with transparencies.

Training:

Laboratory sessions which demonstrate the use of software.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The aim of the topic is to introduce students to some applications of "data science" that can be formulated and solved by optimization techniques. The topic has three parts, each one representing 1/3 of the total:

1. Solution of statistical and machine learning models using integer and combinatorial optimization: design of experiments (orthogonal Latin squares), optimal clustering (k-medoids), heuristic clustering (k-means).
2. Continuous optimization methods for the solution of machine learning problems: regression, support vector machines, neural networks.
3. Introduction to the field of statistical disclosure control or statistical data protection: microdata and tabular data. This discipline includes a set of methods to ensure the confidentiality of individual data when disseminating statistical data, either microdata or aggregate data in tabular form. This issue is of great importance for national statistical offices, and in general, for any public or private entity that has to release data.

Skills to be acquired

- * To formulate some "data science" applications as optimization problems (clustering, support vector machines, neural networks ...)
- * To learn how to solve the formulated "data science" problems using optimization and machine learning software (scikit-learn, tensorflow).
- * To know what is the field of statistical disclosure control or statistical data protection.
- * To know software for data protection and to be able to protect data using some existing technique.
- * To become familiar with literature of optimization for "data science".

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Integer and combinatorial optimization in statistical and data science problems.

Description:

Basic background in integer and combinatorial optimization. Modelling integer and combinatorial optimization problems.

Applications: design of experiments (orthogonal latin squares), optimal clustering (k-medoids), heuristic clustering (k-means).

Full-or-part-time: 15h

Theory classes: 10h

Practical classes: 5h



Continuous optimization in data science applications.

Description:

Ridge and LASSO regression. Support Vector machines (SVMs): primal formulation, KKT optimality conditions, duality in SVMs, dual formulation, optimization methods for SVMs, software for SVMs. Neural networks: structure and modeling of NNs as an optimization problem, optimization methods for NNs, software for NNs (scikit-learn, tensorflow).

Full-or-part-time: 15h

Theory classes: 5h

Practical classes: 10h

Introduction to statistical data protection.

Description:

Introduction. Definitions. Data types and methods. Methods for microdata. Methods for tabular data. Software for data protection.

Full-or-part-time: 15h

Theory classes: 10h

Practical classes: 5h

GRADING SYSTEM

A midterm exam about the contents of the first part of the subject (40% of the final mark) and practical assignments (60% of the final mark).

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Cristianini, Nello; Shawe-Taylor, John. An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521780195.
- Willenborg, Leon; Waal, Ton de. Elements of statistical disclosure control. New York: Springer, 2001. ISBN 0387951210.
- Arthanari, T.S. Mathematical programming in statistics. Wiley, 1993. ISBN 0471592129.
- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning [on line]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016] [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://www.deeplearningbook.org/>. ISBN 9780262035613.
- Nocedal, Jorge; Wright, Stephen J. Numerical optimization [on line]. New York: Springer, 1999 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 9780387987934.
- Luenberger, David G; Ye, Yinyu. Linear and nonlinear programming [on line]. 3rd ed. New York: Springer, cop. 2008 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-74503-9>. ISBN 0387745033.

Course guide

200638 - OSME - Optimization in Energy Systems and Markets

Last modified: 23/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics

Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: FRANCISCO JAVIER HEREDIA CERVERA

Others:

PRIOR SKILLS

Basic background in linear, integer and non-linear optimisation is recommended. However, the course is self-contained, all the concepts necessary to follow the course are explained in class.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

1. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
2. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.

Translate to english

3. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
4. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.
8. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
9. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
10. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

Transversal:

5. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

6. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

7. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

The course will combine both theoretical and practical sessions:

- The theoretical sessions will be devoted to define and explain the rationale of the different problems arising in centralized and market operation of energy systems problems, its formulation as deterministic or stochastic programming problems and the study of the properties of these models.
- During the practical sessions (at least 1/3 of the total course) all the models developed in the theoretical lectures will be implemented using mathematical modelling languages (AMPL/AMPLPy/Pyomo) and used as a computational tool to analyse the properties of the optimal solutions to the energy systems and markets operations.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

Students passing this course are expected:

- To be aware of the main characteristics of the countrywide energy production system.
- To know the properties of the different generation technologies (thermal, hydro, wind and photovoltaic plants) and how to formulate the associated optimization models.
- To know and be able to formulate and solve the fundamental problems in the centralised operation of energy systems (Economic Dispatch, Optimal Power Flow, Unit Commitment).
- To understand the structure and rules of the electricity markets (day-ahead, regulation, adjustment, bilateral and futures), and to know the properties and how to compute the equilibrium point (clearing) for some of these markets through the corresponding market clearing mathematical optimisation model.
- To understand the diverse sources of uncertainty in energy systems and markets, how to represent these uncertainties, together with some measure of risk, through probability scenarios and the appropriate stochastic programming modelisation.
- To understand the characteristics and properties of the different market operation problems (optimal producer's generation bid, optimal consumer's purchase bid, optimal medium-term retailer trading).
- To be able to formulate, to develop the computational implementation and to find the optimal solution of the stochastic programming models for some market operation problem.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Introduction : centralized vs. market operation of energy systems.

Description:

The wholesale national energy production system.
Countrywide centralized vs. liberalized energy systems.
Electricity markets organization.
Uncertainty in energy systems and markets optimization

Full-or-part-time: 1h 30m

Theory classes: 1h 30m

Optimization of centralized energy systems operations.

Description:

Generation units modeling.
Economic Dispatch
Optimal Power Flow.
Unit Commitment
Solution of cases studies with AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 9h

Market clearing models

Description:

Utility functions, producers and consumers surplus, Social Welfare, market equilibrium conditions.
Single Period Auction model.
Multiple-Period Auction model.
Transmission Constrained Auction models: nodal prices.
Coupling clearing of the european electricity market: EUPHEMIA model.
Solution of case studies with AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 9h

Stochastic Programming in energy optimization.

Description:

Uncertainty in energy systems and markets optimization.
Introduction to stochastic programming: economic dispatch with stochastic demand.
The Value of the Stochastic Solution.
Risk management.
Probability scenarios generation.
Solution of case studies with AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 6h

Stochastic optimal generation bid models.

Description:

Optimal generation bid for renewable generation units: price-acceptant offer.
Optimal generation bid for thermal generation units: marginal bid curve.
Optimal bid with ramp constraints.
Optimal bid with bilateral contracts.
Solution of case studies with AMPL/AMPLPy/Pyomo.

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 9h



GRADING SYSTEM

The final grade of the course will be based on a series of laboratory assignments where the students will be asked to formulate, implement with AMPL/AMPLPy/Pyomo and analyse some systems and market optimization problems similar to the ones studied during the course.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Gómez Expósito, Antonio; Conejo, Antonio J.; Cañizares, Claudio. Electric energy systems : analysis and operation [on line]. Boca Raton: CRC Press, 2009 [Consultation: 16/06/2025]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=359945>. ISBN 9780849373657.
- Conejo, Antonio J.; Carrión, Miguel; Morales, Juan M. Decision making under uncertainty in electricity markets. Springer, 2010. ISBN 9781441974204.
- Zhu, Jizhong. Optimization of power system operation [on line]. Piscataway, N.J: Wiley-IEEE, 2009 [Consultation: 16/06/2025]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=456286>. ISBN 9780470298886.

Complementary:

- Pérez-Arriaga, Ignacio J. Regulation of the power sector [on line]. 2013 [Consultation: 16/06/2025]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4471-5034-3>. ISBN 9781447150343.

Course guide

200603 - PIPE - Probability and Stochastic Processes

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 749 - MAT - Department of Mathematics.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: JOSE FABREGA CANUDAS

Others:

PRIOR SKILLS

Students should be familiar with the topics covered in a first undergraduate course on probability. In particular, basic knowledge of the following subjects is assumed:

- Elementary probability theory.
- Basic probability models: binomial, geometric, Poisson, uniform, exponential, and normal distributions.
- Random variables. Joint probability distribution and density functions. Independence and correlation.

Concepts necessary to follow the course can be found, for example, in the following references:

- C.M Grinstead and J.L. Snell, Introduction to Probability (chap. 1-7), http://www.dartmouth.edu/~chance/teaching_aids/books_articles/probability_book/book
- J. Blitzstein and J. Hwang, "Introduction to Probability", CRC Press, 2019.
- S. Ross, A First Course in Probability, 8th ed., Pearson Education International, 2010.
- M. Sanz-Solé, Probabilitats, Univ. Barcelona, 1999.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

2. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
3. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

Weekly class hours combine both theoretical and practical sessions. The lectures carefully present the fundamental concepts and main results, illustrated with examples. We explain some mathematical proofs, which, for their content and development, are particularly interesting from the learning and creative point of view. The practical sessions discuss the solution to various exercises and problems.

Lists of exercises and guided work could be assigned to be carried out individually or in groups.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The general aim of the course is to introduce the students to the modelling of random phenomena. The course focuses on stochastic convergence problems that are crucial to statistics (laws of large numbers and central limit theorem) and random processes (branching processes, random walks, Markov chains, the Poisson process). Tools related to transform methods (generating and characteristic functions) are also introduced. Special attention is given to the study of specific applications of theoretical concepts.

Skills to be learned:

- Usage of probability and moment generating functions and characteristic functions.
- To know the multivariate normal law and how to operate with jointly Gaussian random variables.
- To understand the different modes of convergence of sequences of random variables and the precise meaning of the laws of large numbers and the central limit theorem.
- Basic concepts on stochastic processes.
- To work with Markov chains and the meaning of stationary distributions and ergodic theorems.
- To understand the Poisson process.
- To identify probability models based on the theoretical results presented in the course.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1. Generating Functions and Characteristic Function

Description:

- 1.1 Probability and moment generating functions.
- 1.2 The characteristic function.
- 1.3 Sum of a random number of independent random variables.
- 1.4 Distributions with random parameters.
- 1.5 Application to the sample mean and sample variance.

Full-or-part-time: 14h 30m

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 10h

2. Branching Processes

Description:

- 2.1 The Galton-Watson process.
- 2.2 Application to population growth.
- 2.3 Probability of ultimate extinction.
- 2.4 Probability generating function of the n-th generation.

Full-or-part-time: 11h

Theory classes: 1h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 8h

3. The Multivariate Gaussian Distribution

Description:

- 3.1 Joint characteristic function of independent Gaussian random variables.
- 3.2 The multidimensional Gaussian law.
- 3.3 Linear transformations.
- 3.4 Lineal dependence and singular Gaussian distributions.
- 3.5 Multidimensional Gaussian density.

Full-or-part-time: 16h

Theory classes: 4h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 10h

4. Sequences of Random Variables

Description:

- 4.1 The weak law of large numbers. Convergence in probability.
- 4.2 The central limit theorem. Convergence in distribution.
- 4.3 Convergence in mean square.
- 4.4 The strong law of large numbers. Almost-sure convergence.
- 4.5 Borel Cantelli lemmas. Examples of application.
- 4.6 Application to statistical estimation.

Full-or-part-time: 17h 30m

Theory classes: 4h 30m

Laboratory classes: 3h

Self study : 10h

5. Random Walks

Description:

- 5.1 One-dimensional random walks.
- 5.2 Returns to the origin.
- 5.3 Random walks in the plane and the space.
- 5.4 Introduction to brownian motion.

Full-or-part-time: 16h

Theory classes: 4h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 10h

6. Markov Chains

Description:

- 6.1 Markov chains. The Markov property.
- 6.2 Chapman-Kolmogorov equations.
- 6.3 Recurrent and transient states.
- 6.4 Absorbing chains.
- 6.5 Stationary and limiting distributions.
- 6.6 Application to Montecarlo methods.

Full-or-part-time: 25h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

Self study : 16h

7. The Poisson Process

Description:

- 7.1 Continuous-time stochastic processes: basic concepts.
- 7.2 The Poisson process.
- 7.3 Intertransition times.
- 7.4 Birth and death processes.

Full-or-part-time: 25h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

Self study : 16h

GRADING SYSTEM

The final grade (NF) will be calculated in the following manner:

$$NF = \max(EF, 0.4*EF+0.4*EP+0.2*T)$$

where EF is the final exam mark, EP is the partial exam mark and T is the mark of the exercises and assigned work throughout the course.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Gut, A. An Intermediate course in probability [on line]. Springer Verlag, 1995 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4419-0162-0>. ISBN 0387945075.
- Durrett, R. Essentials of stochastic processes [on line]. Springer-Verlag, 1999 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-3615-7>. ISBN 038798836X.

Complementary:

- Tuckwell, H.C. Elementary applications of probability. 2nd ed. Chapman & Hall, 1995. ISBN 0412576201.
- Ross, S.M. Introduction to probability models [on line]. 10th ed. Academic Press, 2010 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123756862/introduction-to-probability-models>. ISBN 9780123756862.
- Blitzstein, J.K.; Hwang, J. Introduction to probability. Second edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019. ISBN 9781138369917.
- Grimmett, G; Welsh, D. Probability : an introduction [on line]. Oxford: Oxford University Press, 2014 [Consultation: 04/07/2023]. Available on :

<https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1791152>. ISBN 9780191019920.

- Sanz Solé, M. Probabilitats. Univ. de Barcelona, 1999. ISBN 8483380919.

- Grimmet, G.R.; Stirzaker, R.R. Probability and random processes. 3rd ed. Oxford Univ. Press, 2001. ISBN 0198572220.

Course guide

200653 - FQ - Quantitative Finance

Last modified: 05/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: LUIS ORTIZ GRACIA

Others:

PRIOR SKILLS

The course assumes basic knowledge of probability, statistics, and programming. No prior knowledge of finance is necessary.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

5. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
6. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
7. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
8. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
9. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
10. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
11. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.
12. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
4. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

The course consists of weekly theoretical sessions in which the student must participate, having previously read the provided material. Problems will be solved on the blackboard, and implementations of methodologies learned will be carried out by means of programs in R or any other language chosen by the student.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

- Know the derivatives market and valuation theory in the absence of arbitrage.
- Know the discrete and continuous models in finance.
- Become familiar with some of the methods of pricing options.
- Know the most common risk measures.
- Study the state-of-the-art methods in financial risk quantification.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1. Modelling and valuation of derivatives

Description:

- 1.1. Discrete-time models.
- 1.2. Geometric Brownian motion and Black-Scholes formula.
- 1.3. Monte Carlo simulation and pricing in continuous time.

Full-or-part-time: 75h

Theory classes: 18h

Laboratory classes: 9h

Self study : 48h

2. Financial risk quantification

Description:

- 2.1. Basic concepts in risk management.
- 2.2. Credit, market, counterparty and climate risk.

Full-or-part-time: 50h

Theory classes: 12h

Laboratory classes: 6h

Self study : 32h



GRADING SYSTEM

CONTINUOUS ASSESSMENT

The continuous assessment consists of two written follow-up tests (PS1 and PS2) and a practice (PR) proposed during the semester. The practice involves carrying out a group project that will address a simulated but very realistic situation, and its resolution will require the application of the knowledge acquired throughout the course. A report must be prepared and presented orally. The reports will be evaluated by the other students, and the best group will receive an extra point that will be added to the teacher's grade for this report, always up to a maximum of 10 points. It will be mandatory to answer a survey evaluating the practical activity. PS1 and PS2 each have a weight of 35%, and PR has a weight of 30%.

SINGLE ASSESSMENT

Single assessment consists of a written examination that includes the entire content of the subject and represents 100% of the final grade.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Hull, J. C. Options, futures and other derivatives [on line]. Prentice Hall, 2012 [Consultation: 07/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=6661730>. ISBN 9781292410623.
- Glasserman, P. Monte Carlo methods in financial engineering. Springer, 2003. ISBN 9780387004518.
- Seydel, R. U. Tools for computational finance [on line]. Springer, 2012 [Consultation: 26/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4471-2993-6>. ISBN 3540279261.
- Hassler, U. Stochastic processes and calculus : an elementary introduction with applications. Springer, 2016. ISBN 3319234277.
- McNeil, A. J.; Frey, R.; Embrechts, P. Quantitative risk management : concepts, techniques and tools. Princeton University Press, 2005. ISBN 0691122555.

Course guide

200621 - TQM - Quantitative Marketing Techniques

Last modified: 13/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: JORDI CORTÉS MARTÍNEZ

Others:

PRIOR SKILLS

Prior skills

The course assumes basic levels of statistics. Students should be familiar with techniques of multivariate statistics such as principal component analysis and clustering. Concepts relative to hypothesis testing and statistical significance, as well as good knowledge of analysis of variance will be appreciated. The main concepts necessary to follow the course can be found, for example, in the text "Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R" described on FactoMiner Package website (<http://factominer.free.fr/>). The course assumes a good knowledge of the R programming language.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

5. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
 6. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
 7. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
- Translate to english

Transversal:

1. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
4. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

Learning is based on real experiments, using professional statistical tools. Combining theoretical discussion sessions with practical sessions is favored. Writing of executive reports of the practices is one of the skills that is developed.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

- Understand some of the problems posed in marketing field: get to know the users, their preferences and better understand what leads them to buy.
- Understand the role of data management and data mining techniques in the decision-making process. Acquire new knowledge about statistical methods of application in marketing, but which are also applicable in a wide range of fields.
- Acquire knowledge about specific forms of data collection.
- Appreciate the contributions of statistical techniques and, at the same time, develop a critical spirit towards the results obtained.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Topic 1: Structural analysis of data

Description:

Analyzing large data sets (for example, surveys) requires a methodology that allows capturing the multidimensionality of this type of data, as well as allowing a synthesis easily understood by the user. Which leads to privilege a strategy that combines factorial methods and classification.

These large data sets can be structured into multiple tables for which descriptive factor analysis methods present multiple generalizations adapted to different possible combinations of complex data. For example multiple factorial techniques, mixed, dual, ...

Full-or-part-time: 42h

Theory classes: 15h

Self study : 27h

Topic 2: Open questions and comments

Description:

Open questions and comments are increasingly present in large data sets. They are analyzed using multidimensional methods such as correspondence analysis, multiple factor analysis, and classification methods. Correspondence analysis methods allow models to be introduced in the analysis of open responses.

Full-or-part-time: 12h 30m

Theory classes: 4h 30m

Self study : 8h

Topic 3: Sensory evaluation of products. Experience planning, data analysis and holistic methods

Description:

The sensory evaluation of the products is a strategic element of the development of the companies of very diverse sectors, although the preferred sector is the agri-food sector. Its objective is to characterize the products both from the sensory point of view (sight, touch, taste, smell, hearing) and from the point of view of consumer preferences.

Sensory evaluations require voluminous data collections and lead to the construction of multiple tables. Statistics is the privileged tool for the conception and analysis of this type of data. Holistic methods allow the comparison of a series of products from a global point of view.

Full-or-part-time: 8h

Theory classes: 3h

Self study : 5h

Topic 4: Clustering

Description:

Clustering refers to the techniques that make it possible to group a set of individuals or observations according to their characteristics. Specifically, two clustering techniques will be studied: hierarchical clustering and K-means. In addition, ways to combine both techniques and various variants will be seen. These techniques allow, for example, to conform clusters of clients or consumers of a company based on their properties and depending on the results, to establish market shares (in the case of clients) or make decisions to improve the performance of a company.

Full-or-part-time: 12h 30m

Theory classes: 4h 30m

Self study : 8h

Topic 5: Supervised learning

Description:

Supervised learning is applied to the set of methodologies that pursue the classification of individuals or observations.

Specifically, 5 supervised learning techniques based on Machine Learning algorithms will be studied: K-Nearest Neighbors, Naive Bayes, Conditional Trees, Random Forest and Support Vector Machine. These techniques have an eminently predictive aim and their use lies in anticipating, for example, the behavior of customers regarding the purchase of a product.

Full-or-part-time: 29h 30m

Theory classes: 10h 30m

Self study : 19h

Topic 6: Design of new products. Conjoint analysis (Conjoint analysis)

Description:

Conjoint analysis is a very powerful tool to study the valuation that customers make of the various characteristics of a product, when it does not make sense to value each characteristic separately. Conjoint analysis applies knowledge of experimental and regression designs. This methodology allows predicting the acceptance that a new product may have on the market, by comparison with the products already present.

Full-or-part-time: 20h 30m

Theory classes: 7h 30m

Self study : 13h

GRADING SYSTEM

The evaluation will be made from the performance of practices, and the final mark will be calculated from the mark of the corresponding reports and the mark of a final presentation of the work, with a percentage of 50% for each one. If the student does not pass the practical work, he/she can do a final exam that will represent the 100% of the final mark.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Escofier, B.; Pagès, J. Análisis factoriales simples y múltiples. País Vasco: Servicio Editorial, Universidad del País Vasco, 1992. ISBN 8475853838.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome. The elements of statistical learning [on line]. 2a. 2017 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-84858-7>. ISBN 9780387848570.

Complementary:

- Naes, T.; Risvik, E. (editors). Multivariate analysis of data in sensory science. Elsevier, 1996. ISBN 444899561.
- Bécue Bertaut, Mónica. Minería de textos : aplicación a preguntas abiertas en encuestas. Madrid: La Muralla, 2010. ISBN 9788471337931.
- Everitt, Brian S.; Landau, Sabine; Leese, Morven; Stahl, Daniel. Cluster analysis [on line]. 5a ed. Wiley, 2011 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470977811>. ISBN 9780470977811.
- Husson, François; Lê, Sébastien; Pagès, Jérôme. Exploratory multivariate analysis by example using R [on line]. Chapman and Hall/CRC, 2011 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1633326>.
- Lebart, L. ; Salem, A. ; Bécue, M. Análisis estadístico de textos. Milenio, 2000. ISBN 8489790574.

Course guide

200620 - QR - Risk Quantification

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: CATALINA BOLANCÉ LOSILLA

Others:

REQUIREMENTS

Basic notions of statistical inference (as in DeGroot and Schervish, 2012) and multivariate analysis (principal components; see, for instance, Peña, 2002).

DeGroot, M.; Schervish, M. (2012) Probability and statistics. 4th ed. Pearson, 2012.
Peña, D. Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill, 2002.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

5. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
6. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
7. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
8. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
9. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
10. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
11. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
4. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

The course consists of weekly theoretical and practical sessions in which the student has to participate in the proposed activities. Practical cases are resolved in the computer and also the student must write a report of the results with a maximum of five pages where he/she shows his/her ability to master course contents.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

- Understanding and knowing how to use statistical methodology for risk management in banks, insurance companies and similar institutions.
- Training researchers in quantitative risk techniques most recent, also to show the research topics in this area.
- Using the program R in the application of statistical techniques for quantification of risks.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1. Introduction

Description:

- 1.1 Basic concepts in risk management
- 1.2 Modeling value and value change
- 1.3 Types of risk
- 1.4 Some examples
- 1.5 Coherent risk measures

Related competencies :

MESIO-CE7. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.

MESIO-CE6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.

MESIO-CE5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.

Translate to english

MESIO-CE3. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.

MESIO-CE9. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

MESIO-CE1. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.

MESIO-CE2. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

Full-or-part-time: 7h 30m

Theory classes: 7h 30m

2. Risk quantification methods

Description:

- 2.1 Variance-Covariance
- 2.2 Historical Simulation
- 2.3 Monte Carlo
- 2.4 Examples

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 3h

3. Multivariate models for risk management e english

Description:

- 3.1 Multivariate Normal Distribution
- 3.2 Factor analysis in risk quantification
- 3.3 Spherical and Elliptical Distributions and Risk Quantification

Full-or-part-time: 10h

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 5h

4. Measures of dependence and copulas

Description:

- 4.1 Definitions
- 4.2 Examples of copulas
- 4.3 Applications

Full-or-part-time: 8h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 4h

5. Extreme Value Theory

Description:

- 5.1 Generalized extreme value distributions
- 5.2 Pareto distribution and related
- 5.3 Hill method
- 5.4 Non-parametric estimation
- 5.5 Transformed kernel estimation

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 3h

6. Credit risk measurement

Description:

- 6.1 Instruments with credit risk
- 6.2 Structural models: the Merton model
- 6.3 Factor models for capital
- 6.4 Concentration risk

Full-or-part-time: 7h 30m

Laboratory classes: 7h 30m

GRADING SYSTEM

-Continuous assessment: Students are asked to make a report of results applying the risk quantification techniques studied throughout the course to a portfolio of actions that will be designed by each student individually (40% of the grade). Two whole class sessions will be devoted to solving exercises individually (60% of the grade).

-Single assessment: The single assessment will consist of a written exam that will have five or six exercises. Some of these exercises will consist of interpreting the quantitative results of a given situation.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Coles, S. An introduction to statistical modelling of extreme values. Berlin: Springer, 2001. ISBN 1852334592.
- Resnick, S.I. Heavy-tail phenomena [on line]. New York: Springer, 2006 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-45024-7>. ISBN 0387242724.
- McNeil, A.J.; Frey, R.; Embrechts, P. Quantitative risk management : concepts, techniques and tools. Princeton: Princeton University Press, 2005. ISBN 0691122555.
- Bolancé, C. ; Guillén, M. ; Gustafsson, J. ; Nielsen, J.P. Quantitative operational risk models (with examples in SAS and R). Chapman & Hall/CRC, 2012. ISBN 9781439895924.
- Jorion, P. Value at risk : the new benchmark for managing financial risk. McGraw Hill, 2007. ISBN 9780071464956.
- Adrian, T. and Brunnermeier, M.K. "CoVaR". American Economic Review [on line]. [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://www-jstor-org.recursos.biblioteca.upc.edu/journal/amereconrevi>.

Course guide

200608 - SIM - Simulation

Last modified: 16/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: ESTEVE CODINA SANCHO

Others:

PRIOR SKILLS

- * Probability, statistical inference and Linear Models
- * Some skills in a general purpose programming language, especially an scripting language. Familiarity with the R statistical software environment.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

4. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
5. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
6. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
7. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
8. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

Transversal:

1. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

- Theory and exercises
- Practical sessions
- Guided work

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

Students must acquire the main concepts and skills in Monte Carlo simulation as a tool to investigate statistical methods. Introduction to simulation as an Operation Research approach to work with systems models when a mathematical analytical approach is not available or unpractical. In depth knowledge of the model building process as a tool in decision-making. To obtain a panoramic view of the different approaches to systems simulation, and especially a more in depth vision of discrete systems modeling. To acquire the main concepts and skills in the event-scheduling approach in simulation. Familiarise with the characterisation of stochasticity in modeling input data, random variate generation methods, simulation experimental design and simulation output data analysis.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

- Topic 1. Discrete System Models

Description:

Introduction to Simulation. Its use in Statistics and Operations Research. Basic use-cases. Continuous Time Markov Chains and Queues. Exponential and non-exponential queues. Batch queues, tandem and blocking systems. Stages method.

Full-or-part-time: 25h

Theory classes: 7h

Laboratory classes: 3h 30m

Self study : 14h 30m

Topic 2. Input Data Analysis.

Description:

System analysis: data collection and knowledge acquisition processes. Randomness analysis. Descriptive analysis techniques. Probabilistic hypotheses formulation, simulation models adjustment and validation.

Full-or-part-time: 19h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 2h

Self study : 13h

Topic 3. Samples generation.

Description:

Pseudorandom sequences generation. General methods of discrete and continuous random variable generation. Generation of the main univariate distributions. Random vector generation. Stochastic processes generation.

Full-or-part-time: 22h

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 2h 30m

Self study : 14h 30m

Topic 4. Introduction to discrete systems simulation.

Description:

Simulation models. Discrete and continuous simulation. Theoretic models for discrete system modeling: waiting systems. Stationarity. Little's formula. Exponential models. GI/G/s models, approximations. System analysis: entities, attributes and relations identification. Simulation models formalization. Discrete systems simulation methodologies, "event-scheduling". Simulation of Markov Chains and Queues. Gillespie's method. Examples and applications.

Full-or-part-time: 24h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

Self study : 15h

Topic 5. Statistical analysis of simulation experiments

Description:

Finite horizon simulations. Infinite horizon simulations: batch-means techniques, regenerative methods, etc. Variance reduction techniques. Design of simulation experiments.

Full-or-part-time: 10h

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 1h

Self study : 6h

Topic 6. An introduction to the bootstrap and to permutation tests

Description:

Bootstrap, plug-in principle and simulation. Parametric and nonparametric bootstrap. Bootstrap confidence intervals. Permutation tests: exact and Montecarlo. Some permutation tests.

Full-or-part-time: 25h

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 3h

Self study : 17h

GRADING SYSTEM

The evaluation will be carried out through 2 practical assignments: P1 simulation in Statistics, bootstrap and permutations, and the other, P2 design and construction of a Queueing simulator.

It is necessary to have delivered the two practical assignments for a grade weighted according to $N=0.5P1 + 0.5P2$

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Gentle, J.E. Elements of computational statistics [on line]. Springer, 2002 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97337>. ISBN 0387954899.
- Banks, J. [et al.]. Discrete-event system simulation [on line]. Prentice Hall, 2005 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=5174427>. ISBN 0132174499.
- Law, Av.M.; Kelton, W.D. Simulation modeling and analysis. 5th ed. McGraw-Hill, 2014. ISBN 1259254380.
- Fishman, G.S. Discrete-event simulation modeling, programming and analysis. Springer, 2001. ISBN 0387951601.
- Robert, C.P.; Casella, G. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Ross, S.M. Simulation. 4a ed. Academic Press, 2006. ISBN 0125980639.
- Kroese, Dirk P.; Taimre, Thomas; Botev, Zdravko I. Handbook of Monte Carlo methods. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 9780470177938.
- Efron, B.; Tibshirani, R. An Introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, 1993. ISBN 0412042312.
- Good, Phillip I. Permutation, parametric and bootstrap tests of hypotheses [on line]. 3rd ed. New York, NY: Springer Science+Business Media, Inc, 2005 [Consultation: 05/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b138696>. ISBN 9780387271583.

RESOURCES

Other resources:

Campus virtual

Course guide

200623 - SPDE - Simulation for Business Decision Making

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: PAU FONSECA CASAS

Others:

REQUIREMENTS

The course assumes basic levels of statistics similar to those that can be achieved in the first semester of the Master. Students should be familiar with the concepts of hypothesis testing and statistical significance, analysis of variance. Concepts necessary to follow the course can be found for example in the text "Simulation modeling and analysis" of Law, A. M.; Kelton, W.D.

The course assumes a good attitude toward business and decision making problems although environmental and social problems will also be analyzed due to its inherent relation with business and decision making.

Ideally this course would be taken after an introduction to simulation as part of a simulation oriented curriculum. Although it is interesting to have completed "SIM - Simulation?" and to have some familiarity with the problems that can be solved using the techniques developed there, is not considered essential.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

5. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
6. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
7. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.

Translate to english

Transversal:

1. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
4. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

The course is practical and wants that the student be capable, from the work done on a set of deliverables that are developed in the laboratory, at the end of the course, to solve real problems similar to those developed in class.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

To introduce the analysis of real problems in the world of production, logistics, process improvement or the measurement and adjustment of services in the frame of the Industry 4.0. The class is based on teaching methodologies appropriate to each context, in order to realize the necessary steps for running a simulation project allowing the improvement of system performance or providing effective support for making decisions in uncertain or risky situations.

* With this purpose in mind, diverse application projects which have been developed in the professional environment are presented. Possible objectives of the projects presented are determined. Methodological approximations, more appropriate to the model, depending on these projects, are determined. The most powerful and effective problem-solving tools are suggested.

* Also, for each project, a study and characterization of the necessary data for the simulation is conducted. Experimentation scenarios are designed for evaluation. The necessity of graphic representation is studied, for the models as much as for the results, as well as the interactive and usability characteristics for project development environments.

* Process will be designed in order to guarantee, as far as time permits, some basic criteria for the verification and validation of the models and the results of the simulation.

* Related concepts with the accreditation of components, simulation models and the processes associated to the life cycle of a simulation project are introduced. Aspects in relation to the ethics code required in the design and exploitation of these models are assessed.

* Finally, upon completion of a conceptual tour which is applied to diverse social, technological and economic areas, a wide perspective for the possible professional applications of the simulation will be obtained as well as the approach to the definition and management of simulation projects.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Introduction

Description:

Introduction to the Construction of Simulation Models and the Planning of Simulation Projects. The Basic Architecture of Support Systems for Decision-Making in Uncertain or Risk Situations. Explanation of the "levers" (McKinsey model) of Industry 4.0.

Full-or-part-time: 1h 50m

Theory classes: 1h 50m

Description of Examples

Description:

Description of examples from the industrial world, of services and other systems in which the simulation is applicable. Criteria for the value of contribution in simulation studies. Embedded systems. Case studies that will be used throughout the course.

Full-or-part-time: 1h 50m

Theory classes: 1h 50m

Paradigms

Description:

Methodological analysis associated to the typology of the considered simulation models. Discrete, continuous and hybrid event simulation. The continuous model simulation. Causal and forrester diagrams. System dynamics.

Full-or-part-time: 2h

Theory classes: 2h

Formalisms

Description:

Formalisms for the specification of simulation models: Petri Nets, SDL, DEVS Diagrams. We will see how to integrate these languages in the industrial world and how it affects the global vision of the so-called Industry 4.0

Full-or-part-time: 2h

Theory classes: 2h

Experiment Design

Description:

Experiment design and methodology for simulation results analysis.

Full-or-part-time: 1h 50m

Theory classes: 1h 50m

Verification, Validation and Accreditation

Description:

Criteria for verification, validation and accreditation in Simulation Projects. Ethical aspects. Cost elements and project planning, time and cost estimation.

Full-or-part-time: 1h

Theory classes: 1h

Simulation Systems

Description:

Preparation for project development with generic business simulators, such as Flexim, Arena, Witness and SDLPS. Explanation of the most important elements of the software packages, their structure and integration with the industry through the "digital twin" concept of Industry 4.0.

Full-or-part-time: 2h 50m

Theory classes: 2h 50m



New Paradigms

Description:

Introduction to new simulation paradigms and their application in the context of process and service simulations. Simulation with intelligent agents, cellular automata.

Full-or-part-time: 1h 50m

Theory classes: 1h 50m

New Components

Description:

Components and mechanisms which can be combined in simulation model development settings. Sig and simulation.

Full-or-part-time: 1h

Work experience: 1h

Practical Cases

Description:

Development of practical cases, effective presentation of projects and results.

Full-or-part-time: 1h

Work experience: 1h

GRADING SYSTEM

The evaluation will combine the marks of two practical exercises (T1 and T2) and a final exam.

T1 and T2 can be decomposed in different partial assignments that will help the student to adjust the work to the desirable rhythm; also this helps to validate the steps carried out in the development of the project, and also them will constitute a part of the global mark of both assignments.

First teaching practice: Model Specification.

T2: Second teaching practice: Implementation and Final Report on the Model.

E: Final Exam.

Final Mark = $T1 \cdot 0.4 + T2 \cdot 0.4 + E \cdot 0.2$

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Law, A. M.; Kelton, W.D. Simulation modeling and analysis. 5th ed. McGraw-Hill, 2015. ISBN 9780073401324.
- Banks, J. ... [et al.]. Discrete-event system simulation [on line]. 5th ed. Harlow, Essex: Pearson, 2014 [Consultation: 07/07/2023]. Available on : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=5174427>. ISBN 9781292024370.
- Fishman, George S. Discrete-event simulation modeling, programming and analysis. Springer, 2001. ISBN 0387951601.
- Robert, C.P.; Casella, G. Monte Carlo statistical methods. 2nd ed. Springer, 2004. ISBN 0387212396.
- Guasch, A. ... [et al.]. Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación [on line]. 2ª ed. Edicions UPC, 2003 [Consultation: 12/05/2020]. Available on: <http://hdl.handle.net/2099.3/36767>.
- Fonseca i Casas, Pau. Simulació discreta per mitjà de la interacció de processos [on line]. Editorial UPC, 2009 [Consultation: 12/05/2020]. Available on: <http://hdl.handle.net/2099.3/36836>.
- Fonseca Casas, Pau. Formal languages for computer simulation : transdisciplinary models and applications [on line]. Hershey: Information Science Reference, cop. 2014 [Consultation: 07/07/2023]. Available on: <https://www-igi-global-com.recursos.biblioteca.upc.edu/gateway/book/75484>. ISBN 9781466643697.

Course guide

200655 - ADE - Spatial Data Analysis

Last modified: 23/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: ROSA M^a ABELLANA SANGRÀ

Others:

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

4. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
5. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
6. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
7. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
8. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
9. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.
10. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

The main concepts of each topic will be treated in the classes and illustrated by real data examples. Furthermore, supplementary stuff will be available for students to complement the concepts treated in the classes.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

When the student finishes the course, he or she should be able to:

- Identify the spatial structure type of a data set.
- Use the tools for exploratory spatial data analysis.
- Interpolate geostatistical data.
- Adjust models for lattice data with spatial correlation.
- Identify the pattern of spatial structure in point data.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

1. GEOSTATISTICS

Description:

- 1.1. Introduction. Various Examples.
- 1.2. Exploratory Analysis for Geostatistical Data.
- 1.3. Variograms: Modelization and Estimates.
- 1.4. Spatial Prediction and Kriging.

Full-or-part-time: 41h 40m

Theory classes: 10h

Practical classes: 5h

Self study : 26h 40m

2. LATTICE DATA

Description:

- 2.1. Introduction. Examples.
- 2.2. Definitions of the proximity matrix
- 2.3. Exploratory Data Analysis: definitions of the proximity matrix, measurements of spatial association
- 2.4. Autoregressive models and heterogeneity spatial models. Definition, specifications and Properties
- 2.7. Bayesian Estimation, Gibbs Sampling Algorithm. Convergence diagnostic.

Full-or-part-time: 41h 40m

Theory classes: 10h

Practical classes: 5h

Self study : 26h 40m

3. SPATIAL POINT PROCESSES

Description:

- 3.1. Introduction. Various Examples.
- 3.2. Basic Theory of Point Processes
- 3.3. Exploratory Data Analysis (EDA) for Point Processes
- 3.4. Models of Point Processes

Full-or-part-time: 41h 40m

Theory classes: 10h

Practical classes: 5h

Self study : 26h 40m

GRADING SYSTEM

Continuous evaluation

The evaluation of the subject is done through several activities:

-Exercises (70% of the final grade): In each of the blocks that make up the subject, students have to solve some exercises, which must be completed within a certain period that will be announced during the course. The exercises are scored between 0 and 10, and the average of these qualifications is the exercise grade.

-Summary exam (30% of the final grade). The test is a multiple-choice test on theoretical and practical concepts of the entire programme of the subject. The exam consists of 15 questions, and incorrect answers are penalized. The test receives a score between 0 and 10.

The final grade for the course is calculated as the weighted average between the grade of the exercises (70%) and the grade of the summary test (30%).

To pass the subject, the final mark must be higher than 5.

Single evaluation

Students who want to take the single assessment must notify the coordinator of the subject during the first 15 days of class those of the subject.

The single assessment consists of a summary test that encompasses the entire syllabus of the subject. The test receives a score between 0 and 10 and corresponds to the final grade for the subject.

To pass the subject, the final mark must be higher than 5.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Banerjee, Sudipto; Carlin, Bradley P.; Gelfrand, Alan E. Hierarchical modelling and analysis for spatial data. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2004. ISBN 158488410X.
- Bivand, Roger; Pebesma, Edzer J.; Gómez-Rubio, Virgilio. Applied spatial data analysis with R [on line]. New York: Springer, cop. 2008 [Consultation: 07/06/2023]. Available on : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-7618-4>. ISBN 9780387781709.
- Cressie, Noel A. C. Statistics for spatial data. Rev. ed. New York: John Wiley and Sons, cop. 1993. ISBN 0471002550.
- Gelfand, Alan. Handbook of spatial statistics. Boca Raton: CRC Press, cop. 2010. ISBN 9781420072877.
- Baddeley, Adrian; Rubak, Ege; Turner, Rolf. Spatial point patterns : methodology and applications with R. CRC Press, 2016. ISBN 9781482210200.
- Diggle, Peter. Statistical analysis of spatial point patterns. 2nd ed. Hodder Arnold, 2003. ISBN 0340740701.
- Elliott, P. [et al.]. Spatial epidemiology : methods and applications. Oxford University Press, 2000. ISBN 0192629417.

RESOURCES

Computer material:

- R. R is a free software environment for statistical computing and graphics.

<http://www.r-project.org/>- WinBUGS. WinBUGS is part of the BUGS project, which aims to make practical MCMC methods available to applied statisticians.

<http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs/winbugs/contents.shtml>

Course guide

200644 - APE - Statistical Learning

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: PEDRO FRANCISCO DELICADO USEROS

Others:

PRIOR SKILLS

Familiarity with the fundamentals of calculus in one and more variables. Intermediate knowledge of probability and inference. Skill in using the R environment for statistical computing and programming. Any good online R course will help. Basic knowledge of multiple linear regression and logistic regression is helpful.

REQUIREMENTS

"Fundamentos de Inferencia Estadística" o "Inferencia Estadística Avanzada"
"Statistical Software: R and SAS"

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

MESIO-CE2. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.

MESIO-CE3. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.

MESIO-CE6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.

MESIO-CE8. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

MESIO-CE9. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

MESIO-CE4. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.

Transversal:

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

Learning is organized in theoretical-practical sessions that combine an expository and an illustrative part. In the expository part of the sessions, the theoretical aspects are presented and discussed, accompanied by practical examples using slides given to the students beforehand. In the illustrative part, the basic working environment will be R, of which an intermediate knowledge (using the environment and basic programming) is assumed. Python will also be used in some sessions.

The independent learning will consist of studying and solving practical problems that the student will have to solve throughout the course.

Specifically, the following activities are planned

- Detailed analysis of various data sets. Each dataset will be used as the basis for a case study in several methods.
- Practical exercises using the methods studied. The practical exercises will require the completion of programming tasks in R.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

To know the structure of supervised and unsupervised learning problems.

To be able to fit a multiple linear regression model, and also a glm, using penalized version of the standard ordinary least squares (OLS) and maximum likelihood estimators.

To know the essential common characteristics of non-parametric regression estimators (bias-variance trade-off, smoothing parameter choice, effective number of parameters, etc.) and the details of three of them: local polynomial regression, spline smoothing, generalized additive models (GAM).

To know the principal Tree-based Methods and be able to apply these methods in real data sets.

To understand the fundamentals of the of Artificial Neural Networks (including deep-learning models and convolutional neural networks), and to acquire the necessary abilities to apply them.

To know the principal cross-validation procedures for assessing model accuracy.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Introduction to statistical learning

Description:

1. Supervised and unsupervised learning.

Full-or-part-time: 1h 30m

Theory classes: 1h

Laboratory classes: 0h 30m

Penalized regression estimators: Ridge regression and Lasso

Description:

1. Ridge regression.
2. Cross-validation.
3. Lasso estimator in the multiple linear regression model. Cyclical coordinate optimization.
4. Lasso estimator in the GLM.
5. Comparing classification rules. ROC curve.

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 2h

Non-parametric regression. Generalized Additive Models

Description:

1. Introduction to nonparametric modeling.
2. Local polynomial regression. The bias-variance trade-off. Linear smoothers. Choosing the smoothing parameter.
3. Nonparametric regression with binary response. Generalized nonparametric regression model. Estimation by maximum local likelihood.
4. Spline smoothing. Penalized least squares nonparametric regression. Cubic splines, interpolation and smoothing. B-splines. Fitting generalized nonparametric regression models with splines.
5. Generalized Additive Models (GAM). Multiple nonparametric regression. The curse of dimensionality. Additive models. Generalized additive models.

Full-or-part-time: 15h

Theory classes: 10h

Laboratory classes: 5h

Tree-based Methods

Description:

1. The Basics of Decision Trees. Regression Trees. Classification Trees.
2. Ensemble Learning. Bagging. Random Forests. Boosting.

Full-or-part-time: 10h 30m

Theory classes: 7h

Laboratory classes: 3h 30m

Artificial Neural Networks

Description:

1. Feed-Forward Network Functions.
2. Network Training.
3. Error Backpropagation.
4. Deep Learning models.
5. Convolutional Neural Networks.

Full-or-part-time: 12h

Theory classes: 8h

Laboratory classes: 4h

GRADING SYSTEM

It is based on two parts:

- 1) Practical exercises done through the course: 50%
- 2) Final exam: 50%

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Bowman, A. W; Azzalini, Adelchi. Applied smoothing techniques for data analysis : the Kernel approach with S-Plus illustrations. Oxford: Clarendon Press, 1997. ISBN 0198523963.
- Chollet, François; Allaire, J. J. Deep Learning with R. Manning Publications, 2018. ISBN 9781617295546.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome. The Elements of statistical learning : data mining, inference, and prediction [on line]. 2nd ed. New York [etc.]: Springer, cop. 2009 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-84858-7>. ISBN 9780387848570.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Wainwright, Martin. Statistical learning with sparsity: the lasso and generalizations [on line]. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 2015 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4087701>. ISBN 9781498712163.
- James, Gareth. An Introduction to statistical learning : with applications in R [on line]. New York: Springer, 2013 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4614-7138-7>. ISBN 9781461471370.
- Lantz, Brett. Machine learning with R : discover how to build machine learning algorithms, prepare data, and dig deep into data prediction techniques with R [on line]. 2nd ed. Birmingham: Packt Pub, 2015 [Consultation: 24/05/2024]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=2122139>. ISBN 9781784393908.
- Wood, Simon N. Generalized additive models : an introduction with R. Boca Raton, Fla. [etc.]: Chapman & Hall/CRC, 2006. ISBN 9781584884743.

Complementary:

- Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning. New York: Springer, cop. 2006. ISBN 9780387310732.
- Haykin, Simon S. Neural networks and learning machines. 3rd. Upper Saddle River: Prentice Hall, cop. 2009. ISBN 9780131471399.
- Wasserman, Larry. All of nonparametric statistics [on line]. New York: Springer, 2006 [Consultation: 04/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-30623-4>. ISBN 9780387251455.
- Fan, Jianqing; Li, Runze; Zhang, Cun-Hui; Zou, Hui. Statistical foundations of data science. Boca Raton;: CRC Press, 2020. ISBN 9781466510845.

RESOURCES

Other resources:

ATENEA

Course guide

200649 - AEXNAP - Statistical Learning with Deep Artificial Neural Networks

Last modified: 03/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.
Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).
Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: ESTEBAN VEGAS LOZANO

Others:

PRIOR SKILLS

Familiarity with the fundamentals of calculus in one or more variables. Intermediate studies of probability and inference. Python programming skills. Optionally, skills in the R environment for statistical computing.

REQUIREMENTS

"Fundamentos de Inferencia Estadística" o "Inferencia Estadística Avanzada"
"Software Estadístico: R y SAS"

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

MESIO-CE2. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
MESIO-CE3. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
MESIO-CE4. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
MESIO-CE6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
MESIO-CE8. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.
MESIO-CE9. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

Learning is organized into theoretical-practical sessions with the instructors. All the sessions combine a 50% of expository classes and other 50% of guided practice and workshops.

In the expository part of the sessions, the theoretical aspects are presented and discussed, accompanied by practical examples using slides that will be provided previously to the students.

The fundamental work environment of the practical sessions will be Python, of which an intermediate knowledge is presumed (use of the environment and basic programming). Optionally, students can do their homework using R.

Autonomous learning will consist of the study and resolution of theoretical and practical problems that the student should turn in throughout the course.

Specifically, the planned activities are:

- Study of the learning materials, before and/or after each session with the instructors.
- Detailed analysis of diverse data sets. It will be attempted that each data set serves as a basis for a case study in several methods.
- The completion of theoretical and practical exercises on the studied methods. The practical exercises will require completion of programming tasks in R or Python and preparation of short reports using RMarkdown (or a similar tool such as Python notebook).

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

To understand the fundamentals of the of Artificial Neural Networks

To know the workflow of machine learning.

To know the evaluation of machine learning models.

To know the packages Keras/TensorFlow for implementing deep learning models.

To understand the monitoring of deep-learning models.

To understand Deep learning for computer vision.

To understand Deep learning for text and sequences.

To understand Generative deep learning.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Fundamentals of artificial neural networks

Description:

- Machine Learning. Addressing Overfitting.
- Neural Networks. Nodes, Layers, Activations. Feedforward Flow.
- The Input Layer. Data Tensors.
- The Output Layer. Output Activations. Loss Functions.
- Training a Neural Network. Stochastic Gradient. Optimization. Automatic Differentiation. Backpropagation.
- Hands-on: Dense Neural Networks. AutoEncoders.
- Monitoring the training of a Neural Network.

Full-or-part-time: 10h

Theory classes: 10h

Convolutional networks

Description:

- Convolutional neural networks.
- Data augmentation.
- Feature extraction.
- Fine-tuning.
- Style transfer.
- Visualizing heatmaps of class activation. Grad-cam.
- 1D convolutions for sequence processing

Full-or-part-time: 10h

Theory classes: 10h

Recurrent networks and transformers

Description:

- Preprocessing text data into useful representations. Word Embeddings.
- Types of Recurrent neural networks: RNN, LSTM i GRU.
- Attention layers.
- Transformers.
- Introduction to Large Language Models.

Full-or-part-time: 15h

Theory classes: 15h

Generative deep learning

Description:

- Variational autoencoders.
- Generative adversarial networks.
- Exploring the Latent space.

Full-or-part-time: 10h

Theory classes: 10h

GRADING SYSTEM

It is based on two parts:

- 1) Practical exercises done through the course: 50%
- 2) Final exam: 50%

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning [on line]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016] [Consultation: 16/06/2025]. Available on: <https://www.deeplearningbook.org/>. ISBN 9780262035613.
- Chollet, François. Deep learning with Python [on line]. Second edition. Shelter Island, New York: Manning Publications Co, 2021 [Consultation: 16/06/2025]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=6798497>. ISBN 9781617296864.
- Chollet, F. ; Kalinowski T.; Allaire, J. J. Deep Learning with R. Second Edition. Shelter Island, NY: Manning Publications, 2022. ISBN 9781633439849.
- Foster, David. Generative deep learning : teaching machines to paint, write, compose, and play. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2019. ISBN 9781492041948.
- Prince, Simon J. D. Understanding deep learning. Cambridge, 2023. ISBN 9780262048644.

Complementary:

- Pal, S.; Gulli, A. Deep learning with Keras. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2017. ISBN 9781787128422.
- Zaccane, G. Deep learning with TensorFlow. Packt Publishing Ltd, 2017. ISBN 9781786469786.

Course guide

200654 - MME - Statistical Methods in Epidemiology

Last modified: 15/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: KLAUS GERHARD LANGOHR

Others:

PRIOR SKILLS

The student has to be familiar with the concepts of statistical inference: the likelihood function, maximum likelihood estimation, hypothesis testing, and linear regression models. In particular, the student should be familiar with the contents of the first three chapters of the book "Principles of Statistical Inference" Cox (Cambridge University Press, 2006).

REQUIREMENTS

Knowledge of the software package R.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
4. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
6. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
7. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
5. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
8. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
9. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

Transversal:

2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

Lectures:

90-minute sessions during which course material is presented using a computer. The material, which is partly based on real-world data sets from epidemiological studies and scientific papers, is made available in advance on the intranet (ATENEA). In many theory sessions, exercises will also be completed and discussed.

Lab classes:

There will be three lab sessions focused on using functions from R's contributed packages. These sessions will involve hands-on practice with real-world data sets from epidemiological studies on HIV/AIDS, postpartum depression, and sports injuries.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The course aims to enable the student to design and analyze epidemiological studies. This includes, that s/he should be able to propose the adequate designs and analyses for an epidemiological study in such a way that these can be understood easily by other investigators.

In particular, after the completion of the course, the student should have acquired a profound knowledge on the following topics and should be able to apply the corresponding methods to real data:

1. Design of epidemiological studies: cohort studies, case-control studies, and population based studies.
2. Epidemiological measures of disease frequency, mortality, and exposure-disease association.
3. Sources of bias in epidemiological studies: information, selection, and confounding bias.
4. Bias control: stratification and matching.
5. Logistic, logbinomial, and Poisson regression.

Specifically, the student should be able:

- To propose designs and analyses for epidemiological studies that provide the best information possible and that can be assimilated easily by the researchers that will have to interpret them.
- To assess the advantages and disadvantages of different types of epidemiological studies.
- To estimate, apply, and interpret measures of the disease frequency, mortality, and exposure-disease association.
- To have basic knowledge on causal inference in observational studies.
- To know different sources of bias in epidemiological studies and possible measures to avoid the bias.
- To fit logistic, log-binomial, and Poisson regression models to real data and interpret the results.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Introduction to Epidemiology

Description:

- a) Epidemiological studies vs. clinical trials.
- b) Design of epidemiological studies: cohort studies, case-control studies, and population-based studies.

Full-or-part-time: 3h

Theory classes: 2h 30m

Laboratory classes: 0h 30m

Epidemiological measures: concepts and estimation

Description:

- a) Measures of disease frequency: prevalence, cumulative incidence, and incidence rate.
- b) Mortality rates and their comparison: direct and indirect standardization, comparative mortality figure, and standardized mortality ratio.
- c) Measures of exposition-disease association: relative risk, risk difference, odds ratio difference, and attributable risk.

Full-or-part-time: 13h 30m

Theory classes: 9h

Laboratory classes: 4h 30m

Aspects of epidemiological studies

Description:

- a) Causal inference in epidemiological studies.
- b) Study of the cause-effect relation. Common causes and effects.
- c) Sources of bias in epidemiological studies: information bias, selection bias, and confounding.
- d) Strategies for error control and variance minimization: stratification and matching.
- e) Additive interaction versus multiplicative interaction.

Full-or-part-time: 13h 30m

Theory classes: 9h 30m

Laboratory classes: 4h

Analysis of epidemiological studies

Description:

- a) Estimation of the relative risk, the odds ratio, and attributable fraction in cohort studies, case-control studies, and population based studies.
- b) Computation of comparative mortality figure and standardized mortality ratio.
- c) The Mantel-Haenszel estimator in the presence of a confounding variable.
- d) Analysis of matched data in case-control studies.
- e) Logistic regression: model expression, parameter estimation, and model interpretation.
- f) Log-binomial regression: model expression, parameter estimation, and model interpretation.
- g) Poisson regression: model expression, parameter estimation, and model interpretation.

Full-or-part-time: 15h

Theory classes: 9h

Laboratory classes: 6h

GRADING SYSTEM

Assessment is based on the following:

- a) Final exam (50%),
- b) Problem sheets (30%),
- c) Summary and presentation of a scientific paper (20%).

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Gordis, Leon. Epidemiología. 3ª ed. W.B. Saunders, 2005. ISBN 8481748390.
- Kahn, H. A.; Sempos, C.T. Statistical methods in epidemiology. Oxford University Press, 1989. ISBN 0195057511.
- McNeil, Don. Epidemiological research methods. Wiley, 1996. ISBN 0471961965.
- Rothman, Kenneth J. Epidemiology: an introduction. Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199754557.
- Jewell, Nicholas. Statistics for epidemiology. Chapman & Hall/CRC, 2004. ISBN 1584884339.

Complementary:

- Breslow, N.E.; Day, N.E. Statistical methods in cancer research. International Agency for Research on Cancer, 1980.
- Rothman, K. J.; Greenland, S. Modern epidemiology. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 9780781755641.
- Woodward, Mark. Epidemiology study design and data analysis. Chapman & Hall/CRC Press, 1999. ISBN 1584880090.
- Porta, M. A Dictionary of epidemiology. Fifth edition. Oxford University Press, 2008. ISBN 9780195314502.

Course guide

200645 - PBDE - Statistical Programming and Databases

Last modified: 25/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 723 - CS - Department of Computer Science.
707 - ESAII - Department of Automatic Control.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: Àlex Barceló Cuerda

Others:

PRIOR SKILLS

Non compulsory subject.

The student has already developed several abilities in Statistics and/or Operations Research previously.

A B2 (Cambridge First Certificate, TOEFL PBT >550) level of English is required.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
4. CE-4. Ability to use different inference procedures to answer questions, identifying the properties of different estimation methods and their advantages and disadvantages, tailored to a specific situation and a specific context.
5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
7. CE-7. Ability to understand statistical and operations research papers of an advanced level. Know the research procedures for both the production of new knowledge and its transmission.
8. CE-8. Ability to discuss the validity, scope and relevance of these solutions and be able to present and defend their conclusions.

Transversal:

2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
10. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.
11. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

The course is divided into 2 modules that are taught in succession. Each module consists roughly of a half part of the sessions. All classes are theoretical-practical and in them teachers present and discuss the basic concepts of each module. The support material will be published previously in Athena (teaching guide, contents, course slides, examples, evaluation activities schedule, bibliography, ...).

The student should devote the autonomous learning hours to the study of the subjects of the course, bibliography extension and follow-up of the laboratory practices.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

This course presents and discusses tools and techniques to prepare students to data science. Main concepts introduced in class will cover tools and methods for data storage and analysis, including relational DB , noSQL and distributed databases, scientific computing, applied machine learning and deep learning with Python. Scala and Spark will also be considered. The course consists of two main modules.

MODULE 1:

First modulus will cover a crash course for scientific python for data analysis. This crash course will include include four main stages:

- * Introduction to python language as a tool. ipython, ipython notebook (jupyter), basic types, mutability and immutability and object oriented programming.
- * Short introduction to numerical python and matplotlib for graphical visualization.
- * Introduction to scientific kits for data analysis with machine learning. Principal components analysis, clustering and supervised analysis with multivariate data.
- * Introduction to Deep Learning with Python.

MODULE 2:

We introduce the Scala language and the Spark architecture.

- * Scala as a functional language and the Scala collections.
- * Spark and RDD (Resilient Distributed Data Sets).
- * Spark and SQL.
- * Introduction to MLlib.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Introduction to Python

Description:

- a. Why Python?
- b. Python History
- c. Installing Python
- d. Python resources

Full-or-part-time: 1h

Theory classes: 1h



Introduction to NumPy

Description:

- a. Overview
- b. Arrays
- c. Operations on arrays
- d. Advanced arrays (ndarrays)
- e. Notes on Performance (\%timeit in ipython)

Full-or-part-time: 2h

Theory classes: 2h

Matplotlib

Description:

- a. Introduction
- b. Figures and Subplots
- c. Axes and Further Control of Figures
- d. Other Plot Types
- e. Animations

Full-or-part-time: 2h

Theory classes: 2h

Introduction to Panda

Description:

- a. Introduction to Pandas
- b. Series and Dataframes
- c. Importing and Exporting data through Pandas. Accessing Syntax Query Language (SQL) databases through Pandas.
- c. Aggregation, slicing, missingness
- d. Plotting within Pandas

Full-or-part-time: 2h

Theory classes: 2h

scikit-learn

Description:

- a. Datasets
- b. Sample generators
- c. Unsupervised Learning
- d. Supervised Learning
 - i. Linear and Quadratic Discriminant Analysis
 - ii. Nearest Neighbors
 - iii. Support Vector Machines
- e. Feature Selection

Full-or-part-time: 8h

Theory classes: 8h



Practical Introduction to Scikit-learn

Description:

- a. Solving an eigenfaces problem
 - i. Goals
 - ii. Data description
 - iii. Initial Classes
 - iv. Importing data
- b. Unsupervised analysis
 - i. Descriptive Statistics
 - ii. Principal Component Analysis
 - iii. Clustering
- c. Supervised Analysis
 - i. k-Nearest Neighbors
 - ii. Support Vector Classification
 - iii. Cross validation

Full-or-part-time: 5h 30m

Theory classes: 5h 30m

Spark architecture & Spark Core

Description:

- a. Spark architecture: in particular Spark Core
- b. Spark context
- c. Types of operations: transformations and actions
- d. RDD: Resilient Distributed Data Sets
- e. Closure of a function

Full-or-part-time: 5h

Theory classes: 5h

Spark: MLlib

Description:

- a. Description of the MLlib.
- b. Labeled Points and features
- c. Linear Regression Example

Full-or-part-time: 5h

Theory classes: 5h

Spark SQL

Description:

- a. Reading from a file.
- b. Spark Data Frame.
- c. Selection, filters, grouping, sorting.
- d. Window operations
- c. SQL
- d. Accessing and storing methods to a DB, SQL queries.
- e. SQL aggregates.

Full-or-part-time: 7h 30m

Theory classes: 7h 30m



GRADING SYSTEM

Final grade will be composed by:

- 1/4 Written exam first module
- 1/4 Written exam first module
- 1/2 Final practical assignment on large databases integrating concepts from both modules

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Langtangen, H.P. A Primer on scientific programming with Python [on line]. Springer, 2011 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-642-30293-0>. ISBN 9783642183652.
- Shapiro, B.E. Scientific computation: Python hacking for math junkies. Sherwood Forest Books, 2015. ISBN 9780692366936.
- Melton, Jim; Simon, Alan R. SQL : 1999 : understanding relational language components. San Francisco [etc.]: Morgan Kaufmann, cop. 2002. ISBN 1558604561.

Complementary:

- Zaharia, M.; Karau, H.; Konwinski, A.; Wendell, P. Learning spark lightning-fast big data analysis. 2015. O'Reilly Media, ISBN 9781449358624.
- Spector, P. Concepts in computing with data (Stat 133, UC Berkeley) [on line]. Berkeley, 2011 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <http://www.stat.berkeley.edu/~s133/>.

Course guide

200648 - SERS - Statistical Software: R and SAS

Last modified: 15/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Compulsory subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: KLAUS GERHARD LANGOHR

Others:

REQUIREMENTS

The intermediate-level R course requires that students have experience in working with R.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-1. Ability to design and manage the collection of information and coding, handling, storing and processing it.
4. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
5. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
7. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

TEACHING METHODOLOGY

Lectures will be held in computer rooms. The first part of the course will be dedicated to R and the second part to advanced R and SAS. To illustrate the use of functions for statistics and graphics, real data sets will be used. During the course, students will have to do two exams and a home work with each software package.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

In this course, two statistical software packages are presented -R and SAS- that are widely used in the academic field as well as in business and industry.

The course aims to enable the student to use both software packages to

- read data from external files,
- carry out descriptive analysis,
- make high quality graphs to represent data,
- fit regression models to data sets,
- write own functions.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Introductory R: Introduction to R [Introductory level]

Description:

- a) The web page of R
- b) Installation of R and its contributed packages
- c) Sources of help

Full-or-part-time: 1h 30m

Theory classes: 1h

Laboratory classes: 0h 30m

Introductory R: R objects

Description:

Creation and manipulation of

- a) Numeric and alphanumeric vectors,
- b) Matrices,
- c) Lists,
- d) Data frames.

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 2h

Introductory R: Descriptive and exploratory analysis with R

Description:

- a) Reading external data files
- b) Univariate descriptive analysis
- c) Bivariate descriptive analysis
- d) Graphical tools: histogram, box plot, scatter plot and others

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 2h

Introductory R: Basic programming with R

Description:

- a) Basic programming: loops with for, while, if-else
- b) Functions tapply, sapply, lapply
- c) Writing your own function
- d) Working with date variables

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 2h

Introductory R: Statistical inference with R: hypothesis tests and regression models

Description:

- a) Hypothesis tests for one population
- b) Hypothesis tests for two or more populations
- c) Nonparametric tests
- d) Fit of general linear models

Full-or-part-time: 1h 30m

Theory classes: 1h

Laboratory classes: 0h 30m

Intermediate-level R

Description:

- a) Review of working with data frames
- b) Reshaping data sets
- c) Intermediate level programming with R
- d) The tidyverse packages

Full-or-part-time: 1h 30m

Theory classes: 1h

Laboratory classes: 0h 30m

Advanced R: Creation of R packages and web application with Shiny

Description:

- a) Preparing R code for the package
- b) Preparing the manual of the package
- c) Creating the package, checking, and error debugging
- d) Repositories and publication of packages

Full-or-part-time: 3h

Theory classes: 2h 30m

Laboratory classes: 0h 30m

Introduction to SAS

Description:

- a) Structure of the SAS programmes: DATA and PROC.
- b) SAS data sets and libraries.
- c) Importation and exportation of data.
- d) Creation of variables. Commands of assignment.
- e) Merging data bases.
- f) Management of data sets

Full-or-part-time: 1h 30m

Theory classes: 1h

Laboratory classes: 0h 30m

Advanced R: Version control with R

Description:

- a) Systems for version control (git and subversion).
- b) Github.
- c) Version control in RStudio

Full-or-part-time: 3h

Theory classes: 2h 30m

Laboratory classes: 0h 30m

Advanced R: Automatic report generation with R

Description:

- a) Introduction to markdown
- b) Rmarkdown with RStudio
- c) Generation of presentations with RStudio
- d) Quarto documents with RStudio

Full-or-part-time: 3h

Theory classes: 2h 30m

Laboratory classes: 0h 30m

Advanced R: Parallel programming with R

Description:

- a) Objectives of parallel programming with R.
- b) R packages for parallel programming: parallel, doParallel, SNOW.
- c) Examples.

Full-or-part-time: 3h

Theory classes: 1h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Basic procedures with SAS

Description:

- a) Introduction to procedures.
- b) Statistical and graphical procedures.
- c) Introduction to matrix calculus with SAS/IML

Full-or-part-time: 3h

Theory classes: 1h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Management of large databases: SAS/SQL

Description:

- a) Introduction to the SAS/SQL module.
- b) Definition of SAS/SQL tables.
- c) Definition of SAS/SQL databases.
- d) Operations with one or more tables.

Full-or-part-time: 4h 30m

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 1h 30m

SAS macros

Description:

- a) Introduction to the SAS macro language.
- b) Definition of macro variables.
- c) Creation of SAS macros.

Full-or-part-time: 1h 30m

Theory classes: 1h

Practical classes: 0h 30m

GRADING SYSTEM

The final grade will be the average of the grades obtained in the different tests

- a) with R (50%),
- b) with advanced R and SAS (50%).

In both parts of the course, there will be two exams (weight of each exam: 40%) and a home work (weight: 40%).

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Braun, W.J.; Murdoch, D.J. A First course in statistical programming with R. Cambridge University Press, 2007. ISBN 97805216944247.
- Crawley, Michael J. Statistics : an introduction using R. New York: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0470022973.
- Dalgaard, P. Introductory statistics with R [on line]. 2nd Edition. Springer, 2008 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-79054-1>. ISBN 9780387790541.
- Cody, R. Learning SAS by example: a programmer's guide [on line]. SAS Institute, 2007 Available on: <https://ebin.pub/learning-sas-by-example-a-programmers-guide-1599941651-978-1-59994-165-3.html>. ISBN 9781599941653.
- Cody, R. SAS statistics by example. SAS Institute, 2011. ISBN 9781607648000.
- Delwiche, L.D.; Slaughter, S.J. The Little SAS Book : a primer. 5th Edition. SAS Institute, 2012. ISBN 9781612903439.
- Kleinmann, K.; Horton, N.J. SAS and R: Data management, statistical analysis and graphics. Chapman & Hall, 2009. ISBN 978-1-4200-7057-6.
- Der, Geoff; Everitt, Brian. A Handbook of statistical analyses using SAS. 3rd ed. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, cop. 2009. ISBN 9781584887843.
- Kleinman, Ken; Horton, Nicholas J. SAS and R : data management, statistical analysis, and graphics. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2010. ISBN 9781420070576.

Complementary:

- Muenchen, R.A. R for SAS and SPSS users. Springer, 2011. ISBN 9781461406853.
- Murrell, P. R graphics. Chapman & Hall, 2006. ISBN 158488486X.
- Wickham, Hadley; Grolemund, Garrett. R for data science : import, tidy, transform, visualize, and model data. First edition. 2016. ISBN 9781491910399.
- Base SAS® 9.2 Procedures Guide [on line]. SAS Institute, 2009 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/proc/61895/PDF/default/proc.pdf>. ISBN 9781599947143.
- Base SAS® 9.2 Procedures Guide: Statistical Procedures [on line]. 3rd Edition. SAS Institute, 2010 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/63104/PDF/default/procstat.pdf>. ISBN 9781607644514.
- SAS/IML® 9.2 Users guide [on line]. SAS Institute, 2008 Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/imlug/59656/PDF/default/imlug.pdf>. ISBN 9781590479407.
- SAS/OR®9.2 User's guide mathematical programming [on line]. SAS Institute, 2008 Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/ormpug/59679/PDF/default/ormpug.pdf>. ISBN 9781590479469.
- SAS/STAT 9.2 User's guide [on line]. 2nd Edition. SAS Institute, 2011 Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#titlepage.htm>. ISBN 9781607648826.
- SAS 9.2. Language reference: concepts [on line]. 2nd Edition. SAS Institute, 2010 Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/lrcon/62955/PDF/default/lrcon.pdf>. ISBN 9781607644484.
- SAS 9.2. Language reference : dictionary [on line]. 4th Edition. SAS Institute, 2011 Available on: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/lrdict/64316/PDF/default/lrdict.pdf>. ISBN 9781607648826.

Course guide

200622 - EGE - Statistics for Business Management

Last modified: 13/06/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: CATALINA BOLANÉ LOSILLA

Others:

PRIOR SKILLS

Knowledge of basic statistics: exploratory data analysis, inference. Interest in knowing how and where statistics can provide a valuable contribution in business environments. 60% of lectures, reading materials and presentations and exams are in English, 40% of lectures are in Spanish

REQUIREMENTS

Basic knowledge of data analysis, probability models and inference: Exploratory data analysis and graphical representations. Basic concepts of probability models (normal distribution, binomial and poisson). Basics inference. Knowledge can be acquired in any basic statistics text book.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

5. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
 6. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
 7. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
- Translate to english

Transversal:

1. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.
2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
3. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.
4. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

TEACHING METHODOLOGY

Learning will be through a very practical approach. After a brief introduction to the key concepts, the topics will be explained through the study of actual cases and concrete examples. Cases such as 'The Silicone Tube Case' or 'The Case of the Professional Cooperative Bank' where additional information is handed out sequentially will be combined with examples from the book: 'The Role of Statistics in Business and Industry', which will be used as a basic reference.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The prime objective is to put into a business context the usefulness of the statistical techniques already known by the student, and to identify the benefits that their use can provide. Therefore at the end of the course the students must be able to:

- ¿ Identify the most suitable statistical tool in different business contexts and situations
- ¿ Assess the benefits that the use of this technique can bring to the organization
- ¿ Convince management (sale) of the advantages and benefits of the use of this particular technique

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Self study	80,0	64.00
Hours small group	15,0	12.00
Hours large group	30,0	24.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

- Statistics: The why and the what. Data quality. Evolution of the use of statistics. Proactive statistics.

Description:

- Statistics in the company
- Internal and external data
- Current use of statistics

Full-or-part-time: 7h 30m

Theory classes: 4h 30m

Laboratory classes: 3h

- Statistics in other areas: marketing, customer management, financial services, process management

Description:

- Statistics applied to marketing
- Statistics applied to customer management
- Statistics applied to finance
- Statistics applied to process management

Full-or-part-time: 7h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 3h

- Selling statistics: internally and externally

Description:

- Sources of internal statistics
- Sources of external statistics
- Management of statistics

Full-or-part-time: 3h

Theory classes: 3h

- Data Science: Organizational and managerial aspects (roles and responsibilities). Valorization

Description:

- Importance and role of data science in business organizations
- Organization required
- Roles and responsibilities
- Relationship with statistics
- Relationship with business analytics (descriptive, predictive and prescriptive)
- Maturity models Main uses in different types of organizations
- Case studies

Specific objectives:

Understand the organizational aspects and the role of data science in companies.

Be able to assess the usefulness and role it can have in different organizations

Related activities:

Reading and discussion of articles in scientific and technical journals

Related competencies :

MESIO-CE3. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 3h

- The role of statistics in product design: Relationship between variability and customer satisfaction. Reducing variability, robust products. Planning tests (experiments).

Description:

- Statistics and product design
- Statistics and customer satisfaction
- Design of experiments, inference

Full-or-part-time: 9h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 3h

- Statistics in quality management. Planning, control and improvement.

Description:

- Statistical analysis in quality management
- Planning, control and quality improvement through statistics

Full-or-part-time: 6h

Theory classes: 4h

Laboratory classes: 2h

- Improvement programs: Six Sigma Methodology

Description:

- Six Sigma method
- Practical Example with R

Full-or-part-time: 6h 30m

Theory classes: 5h 30m

Laboratory classes: 1h

ACTIVITIES

RESOLUTION OF EXERCISES AND PROBLEMS

Description:

Students will be asked to do exercises and solve problems. This will be done individually or in groups, as indicated by the teacher in each case.

Specific objectives:

For the students to practice the knowledge acquired and for the teachers to get feedback about the level of assimilation and understanding of this knowledge.

Material:

The exercises and problem statements as well as their resolution, once commented in class, will be available on the intranet of the subject.

Delivery:

The exercises done by each student will be part of the continuous assessment

Full-or-part-time: 45h

Self study: 30h

Practical classes: 15h

READINGS AND PRESENTATIONS

Description:

For some topics students will be asked to read some chapters of the recommended book and papers related as a preparation of the corresponding lectures. In addition, they will be asked to discuss its contents or make presentations. This will be done individually or in groups, as indicated by the teacher in each case.

Specific objectives:

This will allow students to arrive to the lectures with some knowledge of the topic to be presented. Students will learn to get information directly from the sources and to practice transversal competencies

Material:

The chapters and papers listed will be available on the intranet.

Delivery:

The comments and presentations will be part of the continuous assessment

Full-or-part-time: 45h

Guided activities: 30h

Practical classes: 15h

RESOLUTION OF CASE STUDIES

Description:

Students should understand a case study that describes an industrial problem of real character. Using a database to be provided, should determine the appropriate statistical tools to answer the questions, using statistical software.

Specific objectives:

Acquiring skills in working with data and the use of statistical software packages. Identify appropriate statistical tools for each situation.

Material:

Students will have self-learning videos statistical software used to solve the cases, together with the statements of cases and databases on the intranet.

Delivery:

The evaluation is based on questionnaires solving cases in class discussion and, eventually, in the reporting.

Full-or-part-time: 35h

Self study: 20h

Practical classes: 15h

EXAM FIRST PART

Full-or-part-time: 1h 30m

Practical classes: 1h 30m

GRADING SYSTEM

$$NF = 0,6 \cdot AC + 0,2 \cdot E1 + 0,2 \cdot E2$$

AC= Continuous evaluation. It will have two components. A 50% will be based on the practical cases, presentations and activities developed and the other 50% will be based in assessments (tests or short exams) conducted during regular lectures.

E1 = First part exam

E2 = Second part exam



EXAMINATION RULES.

Those of general application in the MESIO

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Hahn, G. J.; Doganaksoy, N. The Role of statistics in business and industry [on line]. Hoboken, N.J: Wiley, 2008 [Consultation: 07/07/2023]. Available on: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=819142>. ISBN 9780471218746.
- Coleman, S [et al.]. Statistical practice in business and industry [on line]. Chichester: John Wiley & Sons, 2008 [Consultation: 07/07/2023]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470997482#>. ISBN 9780470014974.
- Pande, P. S.; Neuman, R.P.; Cavanagh, R.R. Las Claves de seis sigma : la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. Madrid: McGraw-Hill, 2002. ISBN 8448137531.
- Juran, J.M.; Godfrey, B. Juran's quality handbook. 5th ed. New York: McGrawHill, 1999. ISBN 007034003X.

Course guide

200617 - PE - Stochastic Programming

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).
Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: JORDI CASTRO PÉREZ

Others:

PRIOR SKILLS

Basic knowledge of Operations Research / Optimization / Mathematical Programming and Modelling .

REQUIREMENTS

Introductory course to Operations Research.

Or chapters 1-3 of "F.S. Hillier, G.J. Lieberman, Introduction to Operations Research, McGraw-Hill" (or first chapters of a similar book).

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.
7. CE-9. Ability to implement statistical and operations research algorithms.

Transversal:

1. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.
2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

Theory:

The contents of the course will be presented and discussed by combining theory lectures, and problems and lab sessions.

Problems:

Problems will be interspersed with the theory along with case studies, which will be presented and solved.

Lab sessions:

Laboratory sessions in which the use of software will be demonstrated for solving stochastic programming problems.

Language:

The course can be imparted in either English, Catalan or Spanish.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

The goal of this course is to introduce the student to the problems of system modeling in the presence of uncertainty, and familiarization with techniques and algorithms for dealing with them. The course deals with the case of stochastic programming, i.e. the optimization of problems with random variables. Stochastic modelling and programming bases are provided and it is hoped that upon completion of the course the student will be able to identify, model, formulate and solve decision-making problems with both deterministic and as random variables.

Abilities to Be Acquired:

- * Identifying when a problem is suitable to be modeled and solved as a stochastic optimization problem.
- * Formulation of stochastic optimization problems, determining decisions in the first, second and next stages.
- * Knowledge of the basic properties of stochastic optimization problems.
- * Knowledge of specialized solution methods for stochastic problems.
- * Knowledge and use of software for the solution of stochastic problems.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	30,0	24.00
Hours small group	15,0	12.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Introduction.

Description:

Presentation. Stochastic Programming in OR. Relation to other stochastic methods.

Full-or-part-time: 60h

Theory classes: 38h

Practical classes: 10h

Laboratory classes: 12h

Stochastic modelling.

Description:

Introduction to Stochastic Programming. Examples of models: two-stage, multi-stage, chance constraints, non-linear models.

Modeling with uncertainty. Formulation of stochastic problems, risk aversion, chance constraints..



Basic Properties.

Description:

Basic Properties of Stochastic Programming Problems and Theory. Feasible Sets, Recourse Function.

Solution methods.

Description:

(Two-stage Recourse Problems. Decomposition Methods: Primal Problem Solutions (L-shaped method, multicut version); Dual approaches (Dantzig-Wolfe method). Matrix Factorization Methods with exploitation of structure. Interior Point Methods for Stochastic Problems.

GRADING SYSTEM

Exam and completion of classwork. The final mark is 65% of exam and 35% classwork.

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Birge, J.R.; Louveaux, F. Introduction to stochastic programming [on line]. Springer, 1997 [Consultation: 07/07/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b97617>. ISBN 1280010053.
- Kall, P.; Wallace, S.W. Stochastic programming. Wiley, 1994. ISBN 0471951587.
- Prékopa, András. Stochastic programming. Kluwer Academic Publishers, 1995. ISBN 0792334825.

Course guide

200610 - ST - Time Series

Last modified: 29/05/2025

Unit in charge: School of Mathematics and Statistics
Teaching unit: 715 - EIO - Department of Statistics and Operations Research.
1004 - UB - (ENG)Universitat de Barcelona.

Degree: MASTER'S DEGREE IN STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH (Syllabus 2013). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: JOSE ANTONIO SÁNCHEZ ESPIGARES

Others:

PRIOR SKILLS

The course assumes basic levels of statistics similar to those that can be achieved in the first semester of the Master. Students should be familiar with the concepts related with statistical models, like linear models, and hypothesis testing and statistical significance.

Some basic concepts related to the Box-Jenkins methodology for fitting ARIMA models would help to follow the course (see the three first chapters of 'Time Series Analysis and Its Applications. With R examples' 3rd Edition Shumway and Stoffer <http://www.stat.pitt.edu/stoffer/tsa3/>).

Although many examples come from the econometric field, methodology from the course might be applied in different areas (ecology, epidemiology, engineering,...)

Methods of prediction based on Machine Learning techniques, in particular artificial neural networks (ANNs) will be treated.

The course will introduce techniques related with state-space models and the Kalman filter. Prior basic knowledge of this framework will also help to follow the course, but it is not essential.

A good knowledge of the R programming language can help to get the most out of the course.

REQUIREMENTS

Knowledge about the linear model will be useful

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

3. CE-2. Ability to master the proper terminology in a field that is necessary to apply statistical or operations research models and methods to solve real problems.
4. CE-3. Ability to formulate, analyze and validate models applicable to practical problems. Ability to select the method and / or statistical or operations research technique more appropriate to apply this model to the situation or problem.
5. CE-5. Ability to formulate and solve real problems of decision-making in different application areas being able to choose the statistical method and the optimization algorithm more suitable in every occasion.
Translate to english
6. CE-6. Ability to use appropriate software to perform the necessary calculations in solving a problem.

Transversal:

1. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

2. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

TEACHING METHODOLOGY

* Theory:

Sessions (1,5h) with presentation and discussion of the theoretical aspects and case studies from the time series methodology. All material will be accessible on the website.

* Laboratory:

Sessions (1,5h) on computer labs with problem solving and case studies and discussion of the results with the teacher

* Practicals:

Off-site study work, completion of exercises and practical case studies.

Group work outside of lecture hours, the students must complete practical case studies, two of which are presented in laboratory sessions.

At the end of the course, each group of students must prepare a written report on actual data.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

To acquire experience in the methodology for constructing models and obtaining forecasts from true (o millor actual) cases of time series within different fields, especially in econometric and financial applications.

Identification, estimation and validation of a model for making forecasts from available data in a time series. ARIMA and VAR models.

Consolidation of theoretical knowledge and practice in modeling univariate and multivariate time series, as well as evaluation of the impacts of intervention and outliers and calendar effects

Apply and evaluate the predictions obtained through artificial neural networks

Understanding the formulation of state space models and the Kalman filter for explaining the evolution of non-observable variables from others, in relation to them, that indeed we can observe.

Use of structural models in state space formulation in order to identify components that are not directly observable in time series.

Introduction to volatility models for econometric series and of the financial markets.

Skills to be learned

Understanding of the particularities that are present in time series, in which one singular observation is made each instant of time and it is related to the past, that is to say they are not independent.

Use of R and other statistical packages for analysis and time series forecasts.

Learning to work in a group and the ability to publicly present the results of a study.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	22,5	18.00
Hours large group	22,5	18.00
Self study	80,0	64.00

Total learning time: 125 h

CONTENTS

Analysis and modeling of univariate time series. ARIMA models. ARIMA forecasting models

Description:

- Exploratory study of a time series: trend, seasonality and cycles. Data Transformation
- Dynamic Dependency: autocorrelation and partial autocorrelation
- Stationary stochastic processes. ARMA models. Invertibility and stationary model
- Non-stationary stochastic processes. ARIMA and Seasonal ARIMA models.
- Identification, estimation and model validation. Criteria for selecting the best model
- Forecasting with ARIMA models

Full-or-part-time: 36h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 6h

Self study : 24h

Outlier, Calendar Effects and Intervention Analysis

Description:

- Techniques and Algorithms for the Automatic outlier detection, Calendar effects analysis (Easter and Trading days) and Intervention analysis

Full-or-part-time: 16h

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 3h

Self study : 10h

Machine Learning-based Forecasting methods

Description:

- Forecasting Methods based on Machine Learning: Artificial Neural Networks and Support Vector Regression
- Validation and sensitivity analysis. Measures to compare with statistical models

Full-or-part-time: 7h

Theory classes: 1h 30m

Laboratory classes: 1h 30m

Self study : 4h

Applications of the Kalman Filter

Description:

- Use of the Kalman Filter for filtering and smoothing data and for Estimating Parameters.
- ARMA and ARIMA models representation in State Space and Estimating the Maximum Likelihood of the Parameters in a Univariate and Multivariate Series.
- Missing data treatment by using the Kalman filter

Full-or-part-time: 36h

Theory classes: 6h

Laboratory classes: 6h

Self study : 24h

Structural Models in State Space

Description:

Structural Time Series models: estimation and validation.

Full-or-part-time: 7h 30m

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 3h

Self study : 1h 30m

Introduction to Volatility Models

Description:

- Volatility in an Economic Series and in Financial Markets: ARCH and GARCH Models and Stochastic Volatility.

Full-or-part-time: 7h 30m

Theory classes: 3h

Laboratory classes: 3h

Self study : 1h 30m

GRADING SYSTEM

Exercises and problems presented, cases developed for each group of students, plus partial and final exams.

Final grade will be the result of the following formula:

$$N=0.2*NI+0.25*Nmr+0.55*Nf$$

NI=Homeworks from the labs sessions

Nmr= Model from a real case

NF= Final Exam

BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Shumway, R. H.; Stoffer, D. S. Time series analysis and its applications : with R examples [on line]. 4th ed. New York: Springer, 2017 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/0-387-36276-2>. ISBN 9780387293172.
- Box, George E. P.; Jenkins, G.M.; Reinsel, G.C. Time series analysis : forecasting and control. 4th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2008. ISBN 9780470272848.
- Peña Sánchez de Rivera, Daniel. Análisis de series temporales. Madrid: Alianza Editorial, 2005. ISBN 8420691283.
- Brooks, Chris. Introductory econometrics for finance. 2nd ed. Cambridge: University Press, 2008. ISBN 9780521873062.
- Harris, Richard I. D.; Sollis R. Applied time series modelling and forecasting. Chichester: John Wiley, 2003. ISBN 0470844434.
- Enders, W. Applied econometric time series. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2004. ISBN 0471230650.

Complementary:

- Durbin, J.; Koopman, S.J. Time series analysis by state space methods. New York: Oxford University Press, 2001. ISBN 0198523548.
- Brockwell, P.J.; Davis, R.A. Time series: theory and methods. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1991. ISBN 0387974296.
- Peña, D.; Tiao, C.G.; Tsay, R. (eds.). A Course in time series analysis. New York: John Wiley, 2001. ISBN 047136164X.
- Lütkepohl, Helmut; Kräzig, M. (eds.). Applied time series econometrics. New YORK: Cambridge Univ. Press, 2004. ISBN 052183919X.
- Lütkepohl, Helmut. New introduction to multiple time series analysis [on line]. Berlin: Springer, 2006 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-540-27752-1>. ISBN 9783540262398.

- Cryer, Jonathan D. Time series analysis : with applications in R [on line]. 2nd ed. New York: Springer Text in Statistics, 2008 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-75959-3>. ISBN 9780387759586.
- Commandeur, Jacques J. F.; Koopman S. J. An Introduction to state space time series analysis. Oxford: Oxford University Press, 2007. ISBN 9780199228874.
- Tsay, Ruey S. Analysis of financial time series [on line]. 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010 [Consultation: 28/06/2023]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470644560>. ISBN 0471690740.