Estadística Aplicada i Quantificació de la Incertesa (250COD007)

Informació general

Centre docent	ETSECCPB
Departaments	Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA)
Crèdits	5.0 ECTS
Titulacions	MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA COMPUTACIONAL I ASSISTIDA PER DADES (pla 2026)
Curs	2026/27

Idioma majoritari per grup

- Grup 10Q1 Anglès (Q1)

Professorat de l'assignatura

Professorat responsable: Matteo Giacomini
Professorat: Matteo Giacomini, Chiara Piazzola

Objectius formatius

L'assignatura d'Estadística Aplicada i Quantificació de la Incertesa (StatUQ) proporciona una introducció a les eines estadístiques metodològiques i computacionals utilitzades per analitzar i gestionar la incertesa en sistemes complexos. El mòdul està específicament dissenyat per abordar aquests reptes en el context de l' enginyeria computacional basada en simulacions i dades, amb aplicacions reals provinents de l'enginyeria de l'automoció i la geofísica.
Després de revisar els conceptes fonamentals de probabilitat i estadística, el mòdul aborda tres reptes principals:
1. Com aproximar dades i proporcionar estimacions de precisió i incertesa?
2. Com dissenyar experiments, propagar la incertesa i identificar els paràmetres més influents d'un model?
3. Com realitzar prediccions fiables i actualitzar els paràmetres incerts d'un model?
Els continguts del mòdul inclouen la descomposició de l'error, les superfícies de resposta, la regressió mitjançant processos gaussians, els mètodes de mostreig, l'anàlisi de sensibilitat, la propagació de la incertesa, el calibratge i la validació de models, la inferència bayesiana, els mètodes de Monte Carlo basats en cadenes de Markov (MCMC) i una selecció de temes avançats, com ara el modelatge multifidelitat i l' anàlisi de sèries temporals.

L'objectiu principal de l'assignatura és capacitar l'estudiantat per a:
- Comprendre i distingir els diferents tipus d'incertesa (aleatòria i epistèmica) i el seu paper en els models basats en simulacions i dades.
- Aproximar dades mitjançant superfícies de resposta (regressió polinòmica i regressió basada en processos gaussians) i estimar la precisió i la incertesa dels models (compromís biaix-variància i descomposició de l'error).
- Dissenyar experiments per a models computacionals i comprendre l'impacte de la dimensionalitat i de les estratègies de mostreig.
- Propagar la incertesa a través dels models utilitzant mètodes de Monte Carlo.
- Dur a terme anàlisis de sensibilitat i identificar els paràmetres més influents d'un model.
- Formular inferències bayesianes i comprendre els conceptes de calibratge, validació i actualització de models.
- Comprendre les limitacions dels enfocaments presentats i les possibles solucions (multifidelitat, models

ARMA, etc.).
- Comprendre la diferència entre els mètodes estadístics i les eines computacionals, i integrar-los per resoldre problemes en enginyeria i ciències aplicades.

Hores totals de dedicació de l'estudiantat

		Hores	Percentatge
Aprenentatge dirigit	Grup gran	45.0 h	100.00 %
	Grup mitjà	0.0 h	0.00 %
	Grup petit/Laboratori	0.0 h	0.00 %
	Activitats dirigides	0.0 h	0.00 %
Aprenentatge autònom		80.0 h	

Temari

Revisar els conceptes fonamentals de probabilitat i estadística

Exemples d'incertesa en models computacionals; exemples de propagació empírica de la incertesa; estadística descriptiva; probabilitat condicional; teorema de Bayes; variables aleatòries univariants i multivariants; distribucions conjuntes, marginals i condicionals; matrius de covariància i correlació; dependència versus independència; mapes d'incertesa entrada-sortida.

Repte 1: Com aproximar dades i proporcionar estimacions de precisió i incertesa?

Aproximació funcional de models basats en dades; superfícies de resposta polinòmiques; compromís biaix-variància; verificació i validació; descomposició de l'error en quantificació de la incertesa; mínims quadrats no lineals; regularització; variogrames i correlació espacial; processos gaussians com a superfícies de resposta estocàstiques; incertesa en la predicció.

Repte 2: Com dissenyar experiments, propagar la incertesa i identificar els paràmetres més influents d'un model?

Mostreig aleatori i estratificat; mostreig per hipercub llatí; conceptes de reducció de la variància; integració de Monte Carlo; convergència; propagació de la incertesa mitjançant Monte Carlo; exploració versus explotació; mostreig d'importància; esdeveniments rars; anàlisi de sensibilitat; índexs de Sobol; classificació de paràmetres segons la seva influència; simplificació de models.

Repte 3: Com realitzar prediccions fiables i actualitzar els paràmetres incerts d'un model?

Paradigma bayesià; distribucions a priori, versemblança i distribució posterior; actualització bayesiana amb dades; calibratge versus validació de models; mètodes de Monte Carlo basats en cadenes de Markov (MCMC); algorisme de Metropolis-Hastings; diagnòstics de convergència.

Temes avançats en modelatge estadístic computacional

Temes avançats més enllà de les metodologies fonamentals presentades a l'assignatura.

Metodologia docent

L'assignatura consta de 4 hores setmanals de classes presencials, distribuïdes entre sessions teòriques on es presenten els conceptes fonamentals de la matèria i sessions dedicades a la resolució d'exemples, exercicis aplicats i pràctiques de laboratori.

El material de suport de l'assignatura es posa a disposició de l'estudiantat a través del campus virtual ATENEA: el pla docent detallat, els continguts, la planificació de l'aprenentatge, les activitats d'avaluació i la bibliografia.

Mètode de qualificació

(*) El calendari d'avaluació i el mètode de qualificació s'aprovaran abans de l'inici de curs.

La qualificació de l'assignatura es basa en una avaluació contínua al llarg del curs, mitjançant activitats individuals i en grup de caràcter progressiu que es desenvolupen tant dins com fora de l'aula.

Les activitats d'avaluació valoraran l'assimilació dels conceptes fonamentals relacionats amb els objectius d' aprenentatge de l'assignatura i inclouran preguntes teòriques, exercicis, problemes pràctics i activitats d' interpretació de resultats.

La qualificació final de l'assignatura es calcula de la segment manera:
-50% examen
-50% treball desenvolupat durant el curs (tasques periòdiques, exercicis pràctics i de programació, i presentacions).

Normes de realització de proves

L'examen s'haurà de realitzar de forma individual. No es permeten llibres ni apunts de classe. El plagi durant els exàmens serà sancionat amb un 0.

Les tasques s'han d'enviar a través d'ATENeA respectant el termini anunciat. Els lliuraments tardans o les tasques enviades per altres mitjans no seran acceptades i seran qualificades amb un 0.

Horari d'atenció

Prèvia cita per correu electrònic.

Bibliografia

Bàsica

- McClarren, R.G. Uncertainty Quantification and Predictive Computational Science. Cham: Springer, 2018. ISBN 9783319995250.
- Wang, Y.; Tran, A.V.; Mcdowell, D.L. Fundamentals of Uncertainty Quantification for Engineers. Amsterdam: Elsevier, 2025. ISBN 0443136629.

Complementària

- Shumway, R.H.; Stoffer, D.S. Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples. 5th ed. Cham: Springer, 2025. ISBN 9783031705847.

Recursos

El material didàctic, que inclou diapositives, exercicis i programes d'ordinador, està disponible a ATENEA.