

Titulació	Tipus	Curs
Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació	OB	3

Professor/a de contacte

Nom : José A. Lopez Salcedo

Correu electrònic : jose.salcedo@uab.cat

Equip docent

Sergi Locubiche Serra

Fran Fabra Cervellera

Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

Prerequisits

Es recomana haver cursat amb aprofitament les assignatures de Càlcul, Àlgebra, Estadística, Senyals i Sistemes Discrets i Fonaments de Comunicacions.

Objectius

Un cop cursada l'assignatura, l'alumnat haurà de ser capaç de:

- Fer servir amb facilitat l'àlgebra de vectors i matrius.
- Operar amb sèries numèriques i processos estocàstics.
- Manipular amb rigor diferents eines probabilístiques.
- Estimar els paràmetres d'un model a partir de les mostres del senyal observades a la seva sortida.
- Estimar la densitat espectral de potència d'un procés aleatori.
- Dissenyar filtres òptims en el sentit MMSE i implementar-los de forma eficient mitjançant algorismes iteratius/adaptatius.
- Aplicar tècniques de processament del senyal a situacions reals.

Resultats d'aprenentatge

1. Aprendre de manera autònoma nous coneixements relacionats amb el processament digital de senyal orientats a concebre i desenvolupar sistemes de comunicacions.
2. Proposar solucions innovadores per a problemes relacionats amb la transmissió, la recepció i el tractament digital de senyals.
3. Adaptar els coneixements i les tècniques del tractament digital de senyal en funció de les característiques dels sistemes i els serveis de comunicació així com dels escenaris de treball, ja siguin

fixos o mòbils.

4. Analitzar i especificar els paràmetres fonamentals dels subsistemes de comunicacions des del punt de vista de la transmissió, la recepció i el tractament digital de senyals.
5. Desenvolupar models matemàtics per simular el comportament de subsistemes de comunicacions i per avaluar-ne i predir-ne les prestacions.
6. Analitzar els avantatges i els inconvenients de diferents alternatives tecnològiques o d'implementació de sistemes de comunicacions des del punt de vista del tractament digital de senyal.
7. Ser capaç d'analitzar, codificar, processar i transmetre informació multimèdia emprant tècniques de processament analògic i digital de senyal.
8. Aplicar la teoria de la detecció i la teoria de l'estimació en el disseny de receptors de comunicacions.
9. Aplicar el filtratge estadístic adaptatiu i la teoria de control en el disseny d'algoritmes dinàmics per a la codificació, el processament i la transmissió d'informació multimèdia. Aplicar el processament de senyal multicanal en el disseny de sistemes de comunicacions fixos i mòbils basats en agrupacions d'antenes.
10. Descriure els principis de funcionament dels sistemes de radionavegació, la seva arquitectura i les tècniques per combatre les seves fonts d'error.
11. Aplicar el processament de senyal estadístic per a estimar paràmetres de sincronització en receptors digitals de comunicacions i de radionavegació.
12. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics.
13. Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i de síntesi.
14. Desenvolupar el pensament científic.
15. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
16. Gestionar el temps i els recursos disponibles.
17. Adaptar-se a situacions imprevistes.
18. Treballar en entorns complexos o incerts i amb recursos limitats.
19. Desenvolupar la curiositat i la creativitat.
20. Generar propostes innovadores i competitives en l'activitat professional.
21. Gestionar la informació incorporant de manera crítica les innovacions del propi camp professional, i analitzar les tendències de futur.

Continguts

1. Introducció

- Processos aleatoris discrets, representació freqüencial.
- Fonaments d'àlgebra matricial.
- La matriu d'autocorrelació.

2. Teoria de l'estimació

- Fonaments i metodologia orientada a model.
- Aproximació clàssica vs. bayesiana.
- Propietats desitjables dels estimadors. Criteri MVU.
- Estimació de màxima versemblança. Criteri ML.
- Cota de Cramér-Rao.
- Mètodes subòptims d'estimació.
- Aplicacions a sistemes de comunicació i de posicionament.

3. Estimació espectral

- Mètodes no-paramètrics.
- Mètode de Capon o mínima varianza.
- Mètodes paramètrics.
- Mètodes de super-resolució.
- Aplicacions a codificació de veu i processament del senyal multi-antena.

4. Filtrat de Wiener i filtrat adaptatiu

- Estimació minimum mean square error (MMSE).
- Predicció lineal.
- Mètode d'steep descent.
- Condicions de convergència.
- Mètode de Least Mean Square (LMS).
- Aplicacions a cancel·lació de soroll

Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Resolució de problemes	40	1,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Tutories	15	0,6	7, 8, 9, 10, 11, 12
Classes de laboratori	25	1	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15
Estudi	100	4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 21
Classes de problemes	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Preparació classes laboratori	30	1,2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 15, 20, 21
Classes de teoria	60	2,4	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 19

Activitats dirigides:

- Classes de teoria: exposició dels continguts teòrics
- Classes de problemes: resolució de problemes relacionats amb la teoria, amb participació de l'alumnat.
- Pràctiques de laboratori: aplicació de les tècniques presentades a les classes de teoria mitjançant exercicis amb Matlab.
- Realització de proves d'avaluació.

Activitats autònomes

- Estudi dels continguts teòrics i pràctics de l'assignatura. Preparació dels problemes. Preparació dels exàmens.
- Treballs pràctics: realització i aprofundiment de les pràctiques de laboratori. Preparació de la memòria de cada pràctica.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, perquè l'alumnat completi les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura.

Avaluació

Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
-------	-----	-------	------	--------------------------

Examen 1	35%	2,5	0,1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 21
Examen 2	35%	2,5	0,1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 17, 21
Laboratori: avaluació in-situ	30%	10	0,4	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21

Avaluació continuada

L'avaluació continuada es compon de dues tipologies de proves. Per una banda, dos exàmens parcials que avaluen l'assoliment dels coneixements de l'assignatura i que formen la "NotaTeoria". Aquesta es calcula com el promig de les notes dels dos exàmens parcials. Per altra banda, l'avaluació que duu a terme el professor de pràctiques de forma in-situ, al llarg de les vuit sessions de pràctiques programades a l'assignatura, i que forma la "NotaPràctiques".

A partir de les notes de teoria i de pràctiques, la nota final de l'assignatura es calcula segons:

Si (NotaTeoria $\geq$ 3.5) --> **NotaAvaluacióContinuada** = $(0.7 \times \text{NotaTeoria}) + (0.3 \times \text{NotaPràctiques})$

Si (NotaTeoria < 3.5) --> **NotaAvaluacióContinuada** = NotaTeoria

Per tant, cal que l'estudiant tregui una nota de teoria igual o superior a 3.5 per a poder fer promig.

Avaluació única

Aquesta assignatura no preveu el sistema d'avaluació única.

Recuperació

L'estudiant que hagi suspès l'avaluació continuada podrà presentar-s'hi a l'examen de recuperació que es durà a terme dintre del període d'exàmens publicat per l'Escola, sempre i quan la nota de teoria (promig dels dos exàmens parcials) sigui igual o superior a 2.5.

A l'examen de recuperació, l'estudiant podrà recuperar la part corresponent a l'Examen1, la part corresponent a l'Examen2, o totes dues alhora. La nota que s'obtingui a cada part de l'examen de recuperació (nota ExamenRecup1, nota ExamenRecup2) substituirà la nota que tingués l'estudiant a l'examen parcial corresponent. La nota de teoria recuperada es calcularà doncs segons:

$$\text{NotaTeoriaRecup} = [(0.35 \times \text{Nota } \{\text{Examen1 o ExamenRecup1}\}) + (0.35 \times \text{Nota } \{\text{Examen2 o ExamenRecup2}\})] / 0.7$$

La nota final de l'assignatura es calcularà segons:

Si (NotaTeoriaRecup $\geq$ 3.5) --> **NotaRecuperació** = $(0.7 \times \text{NotaTeoriaRecup}) + (0.3 \times \text{NotaPràctiques})$

Si (NotaTeoriaRecup < 3.5) --> **NotaRecuperació** = NotaTeoriaRecup

Normativa de pràctiques

- L'assistència a totes les pràctiques de laboratori és obligatòria.
- L'informe de cada sessió de pràctiques s'haurà d'entregar obligatòriament en el moment de finalitzar la sessió. Qualsevol retard en l'entrega dels informes es veurà penalitzat en la nota del mateix. Tanmateix, el professor de pràctiques anirà evaluant "in-situ" el progrés real i l'aprofitament de la sessió

de l'alumnat i això tindrà un impacte en la nota del propi informe.

- No es permet l'ús d'intel·ligència artificial per resoldre les pràctiques o redactar els informes.

Alumnes repetidors

Si en cursos passats van aprovar la part de laboratori de l'assignatura, se'ls hi mantindrà la mateixa nota i no caldrà que tornin a repetir el laboratori. Si algun/a estudiant repetidor/a vol tornar a fer les pràctiques, caldrà que ho informi explícitament al professor responsable. En cas contrari, no cal informar al professor doncs la opció demantindre la nota es pressuposa per defecte.

Matrícules d'honor

Atorgar una qualificació de matrícula d'honor és decisió del professorat responsable de l'assignatura. S'atorgaran matrícules d'honor només a alumnes que hagin mostrat un gran nivell d'excel·lència l'assignatura, i no per defecte a les notes més altes. La normativa de la UAB indica que les MH només es podran concedir a estudiants que hagin obtingut una qualificació final igual o superior a 9.00. Espoden atorgar MH fins a un 5% del total d'estudiants.

Consideració de "No Avaluable"

L'estudiant que no es presenti a cap dels exàmens (ni els dos exàmens d'avaluació continuada ni tampoc al de recuperació) tindrà la consideració de "No Avaluable".

Ús de la IA

Tot el contingut lliurat per les/els estudiants (exàmens, informes, activitats de seguiment, etc.) haurà de ser original i generat únicament per elles/ells, sense la intervenció directa d'eines d'intel·ligència artificial, llevat que s'indiqui el contrari. Això no impedeix que les/els estudiants puguin utilitzar la IA com a eina d'aprenentatge o suport per revisar el contingut, assistir en la creació de codi o comparar resultats.

Comunicació

El Campus Virtual serà la plataforma de comunicació amb les/els estudiants.

Consideracions addicionals

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa vigent, es qualificaran amb un zero les irregularitats comeses per l'estudiant que puguin conduir a una variació de la qualificació d'un acte d'avaluació. Per tant, copiar o deixar copiar una pràctica o qualsevol altra activitat d'avaluació implicarà suspendre aquesta pràctica o activitat d'avaluació amb un 0 i no es podrà recuperar en el mateix curs acadèmic. Si aquesta activitat té una nota mínima associada, aleshores l'assignatura quedarà suspesa.

Si l'estudiant reincideix i comet irregularitats a diversos actes d'avaluació de l'assignatura, l'assignatura quedarà suspesa amb una nota final de 0 en virtut del punt 10 de l'article 116 de la Normativa Acadèmica.

Bibliografia

Bàsica:

- S. M. Kay, *Fundamentals of statistical signal processing. Estimation theory, vol. I*, Prentice-Hall, 1993. (temes 1 i 2)

- M. H. Hayes, *Statistical digital signal processing and modeling*, John Wiley and Sons, 1996. (temes 1, 3 i 4)
- P. Stoica and R. Moses, *Spectral analysis of signals*, Prentice-Hall, 2005. (tema 3)
- S. Haykin, *Adaptive filter theory*, Pearson, 2013. (tema 4)

Complementària:

- A. H. Sayed, *Inference and learning from data. Foundations*, vol. I, Cambridge University Press, 2022. (tema 1)
- A. H. Sayed, *Inference and learning from data. Inference* vol. II, Cambridge University Press, 2022. (tema 2)
- D. G. Manolakis, V. K. Ingle, S. M. Kogen, *Statistical and adaptive signal processing: spectral estimation, signal modeling, adaptive filtering and array processing*, Artech-House, 2005. (temes 1, 3 i 4)
- S. M. Kay, *Fundamentals of statistical signal processing. Practical algorithm development*, vol. III, Pearson, 2013. (temes 1, 2 i 3)
- S. Lawrence Marple, *Digital spectral analysis*, Dover Publications, 2019. (tema 3)
- B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive signal processing*, Prentice-Hall, 1985. (tema 4)
- A. Hjørungnes, *Complex-Valued Matrix Derivatives: With Applications in Signal Processing and Communications*, Cambridge University Press, 2011.
- Fonaments previs:
 - S. M. Kay, *Intuitive probability and random processes using Matlab*, Springer, 2006.
 - V. K. Ingle and J. G. ProakisManolakis, *Digital signal processing using Matlab*, Cengage Learning, 2012.

Programari

- A les sessions de pràctiques es farà servir el programari MATLAB.

Grups i idiomes de l'assignatura

La informació proporcionada és provisional fins al 30 de novembre.
A partir d'aquesta data, podreu consultar l'idioma de cada grup a través d'aquest [enllaç](#). Per accedir a la informació, caldrà introduir el CODI de l'assignatura

Tipus de docència	Grup	Idioma	Semestre	Torn
(TE) Teoria	330	Català/Castellà	primer quadrimestre	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	332	Català/Castellà	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	332	Català/Castellà	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	333	Català/Castellà	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	334	Català/Castellà	primer quadrimestre	matí-mixt