Guia docent
295921 - FAA - Fonaments d'Aprenentatge Automàtic

Última modificació: 20/01/2026

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
Unitat que imparteix: 749 - MAT - Departament de Matemàtiques.

Titulació:
GRAU EN ENGINYERIA BIOMÈDICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA DE MATERIALS (Pla 2010). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: FRANCESC POZO MONTERO

Altres: Pozo Montero, Francesc

CAPACITATS PRÈVIES

S'espera que els estudiants tinguin una sòlida formació de nivell de grau en àlgebra lineal (vectors i matrius, operacions amb matrius, normes, valors propis i vectors propis), càlcul (funcions d'una i de diverses variables, derivades parcials, gradients i conceptes bàsics d'optimització), i probabilitat i estadística (variables aleatòries, distribucions de probabilitat habituals, esperança, variància i conceptes introductoris d'estimació). Així mateix, els estudiants han de ser capaços de programar en almenys un llenguatge d'alt nivell, com ara Python, i estar familiaritzats amb els principals conceptes de programació, incloent variables, estructures de control, funcions i estructures de dades senzilles. A més, s'espera que els estudiants se sentin còmodes amb la lectura de notació matemàtica i disposin d'habilitats bàsiques de pensament algorítmic i computacional; no es requereixen coneixements previs d'aprenentatge automàtic, però es recomana als estudiants que no disposin d'aquesta formació que revisin el material corresponent durant les primeres setmanes del curs.

REQUISITS

Es recomana fermament que els estudiants portin un ordinador portàtil propi per seguir les classes i les sessions de laboratori, ja que a l'aula no es disposarà d'ordinadors; no obstant això, hi haurà punts de connexió elèctrica per alimentar els dispositius. Així mateix, es recomana molt registrar-se al curs MITx 6.036 Introduction to Machine Learning de la MIT Open Learning Library (https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+6.036+1T2019/course/), que ofereix exercicis, tasques i laboratoris per a l'autoavaluació i la pràctica dels continguts del curs. El registre i l'ús d'aquest recurs en línia són recomanats, però no obligatoris per superar l'assignatura.

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura combina l'exposició teòrica amb l'aplicació pràctica per proporcionar als estudiants una comprensió sòlida dels principis fonamentals de l'aprenentatge automàtic. Els conceptes clau s'introduiran mitjançant classes magistrals recolzades amb materials visuals i formulacions matemàtiques, seguides d'exemples il·lustratius i discussions guiades. Les sessions pràctiques i les activitats avaluables posaran èmfasi en l'experiència directa amb dades, models i algoritmes, permetent als estudiants aplicar les idees teòriques en contextos realistes. Es fomentarà la participació activa de l'estudiant mitjançant activitats de resolució de problemes i anàlisi de resultats, afavorint el pensament crític i una comprensió més profunda de les hipòtesis dels models, les seves limitacions i el seu rendiment.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

En finalitzar amb èxit aquesta assignatura, l'estudiant serà capaç de comprendre i explicar els conceptes fonamentals i les hipòtesis subjacents als mètodes d'aprenentatge automàtic; formular problemes d'aprenentatge supervisat i no supervisat en termes matemàtics; seleccionar models, funcions de pèrdua i criteris d'avaluació adequats per a una tasca determinada; aplicar algoritmes fonamentals d'aprenentatge automàtic per a problemes de classificació, regressió, agrupament, i nocions bàsiques d'aprenentatge seqüencial i per reforç; analitzar el rendiment dels models i la seva capacitat de generalització; implementar i avaluar models d'aprenentatge automàtic utilitzant eines computacionals adequades; i interpretar de manera crítica els resultats, les limitacions i les possibles fonts d'error dels models basats en dades.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00
Hores grup gran	60,0	40.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Introducció

Descripció:
Aquest capítol introdueix l'aprenentatge automàtic com la tasca de fer prediccions o prendre decisions a partir de dades, amb especial èmfasi en la capacitat de generalització més enllà dels exemples observats. Es presenten la motivació de l'aprenentatge automàtic, el problema de la inducció i un marc unificat per descriure els problemes i les solucions d'aprenentatge. El capítol exposa conceptes clau com les classes de problemes, les hipòtesis, els criteris d'avaluació, els tipus de models, les classes de models i els algoritmes d'aprenentatge, establint la base conceptual de la resta de l'assignatura.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Explicar els objectius i l'abast de l'aprenentatge automàtic i la seva relació amb camps afins.
• Identificar les principals classes de problemes d'aprenentatge automàtic i les seves característiques.
• Comprendre el paper de les hipòtesis i dels criteris d'avaluació en l'aprenentatge a partir de dades.
• Descriure els components fonamentals d'un sistema d'aprenentatge automàtic i la seva interacció.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Classificadors lineals

Descripció:
Aquest capítol introdueix els classificadors lineals com una classe fonamental de models per a la classificació supervisada. Es presenten les funcions de decisió lineals, la interpretació geomètrica de la classificació en l'espai de característiques i el concepte de separar dades mitjançant fronteres lineals. El capítol estableix les bases per comprendre els mètodes de classificació lineal i les seves limitacions, i prepara el terreny per als algoritmes d'aprenentatge que es tractaran posteriorment.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Formular problemes de classificació lineal utilitzant notació matemàtica.
• Interpretar geomètricament els classificadors lineals en l'espai de característiques.
• Comprendre el paper de les fronteres de decisió en tasques de classificació.
• Identificar els avantatges i les limitacions dels classificadors lineals.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

El perceptró

Descripció:
Aquest capítol introdueix el perceptró com un algoritme fonamental d'aprenentatge per a la classificació lineal. Es presenten el model del perceptró, la seva regla d'actualització i la seva interpretació com un procediment iteratiu per trobar un hiperplà separador. El capítol analitza les condicions de convergència, la relació entre el perceptró i els classificadors lineals, i posa de manifest les limitacions de l'algoritme quan les dades no són linealment separables.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Descriure el perceptró com a model de classificació lineal.
• Comprendre i aplicar l'algoritme d'aprenentatge del perceptró.
• Interpretar la regla d'actualització del perceptró des d'un punt de vista geomètric i algebraic.
• Analitzar les propietats de convergència i les limitacions del perceptró.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Representació de característiques

Descripció:
Aquest capítol se centra en el paper de la representació de característiques en l'aprenentatge automàtic i en com l'elecció de la representació influeix en el rendiment dels models. S'introdueixen les transformacions de característiques, les expansions de base i les tècniques de normalització, destacant com les dades originals poden mapar-se a representacions que faciliten les tasques d'aprenentatge. El capítol posa èmfasi en la interacció entre la representació de les dades i la complexitat del model.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre la importància de la representació de característiques en l'aprenentatge automàtic.
• Aplicar transformacions bàsiques de característiques i expansions de base.
• Analitzar com les decisions de representació afecten el rendiment i la generalització dels models.
• Reconèixer els compromisos entre la complexitat de les característiques i la capacitat d'aprenentatge.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Maximització del marge

Descripció:
Aquest capítol introdueix la maximització del marge com un principi central en la classificació supervisada. Es formula l'aprenentatge com un problema d'optimització en què l'objectiu és trobar una frontera de decisió que no només separi les dades, sinó que ho faci amb el marge més gran possible. El capítol analitza la relació entre el marge, la robustesa i la capacitat de generalització, i introdueix la regularització com a mecanisme per controlar la complexitat del model.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre el concepte de marge en problemes de classificació.
• Formular objectius d'aprenentatge basats en el marge en termes matemàtics.
• Explicar el paper de la regularització en el control de la complexitat del model.
• Analitzar com la maximització del marge influeix en la generalització.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Descens del gradient

Descripció:
Aquest capítol introdueix el descens del gradient com un mètode fonamental d'optimització per a l'entrenament de models d'aprenentatge automàtic. Es presenta la idea de minimitzar una funció objectiu mitjançant actualitzacions iteratives dels paràmetres basades en la informació del gradient, i es discuteixen aspectes pràctics com la selecció del pas, el comportament de la convergència i l'eficiència computacional. El capítol proporciona la base d'optimització utilitzada per molts algoritmes d'aprenentatge al llarg de l'assignatura.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre el descens del gradient com a tècnica d'optimització per a l'aprenentatge de models.
• Aplicar mètodes basats en gradients per minimitzar funcions objectiu.
• Analitzar els efectes del pas d'aprenentatge i les propietats de convergència.
• Reconèixer el paper de l'optimització en l'entrenament de models d'aprenentatge automàtic.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Regressió

Descripció:
Aquest capítol tracta els problemes de regressió, en què l'objectiu és predir sortides de valor continu a partir de dades d'entrada. Es presenta la regressió com una tasca d'aprenentatge supervisat, s'introdueixen models i funcions de pèrdua habituals, i s'analitza com es formulen i s'avaluen els problemes de regressió. El capítol posa èmfasi en la interpretació de les prediccions i en la relació entre l'elecció del model, les funcions de pèrdua i la capacitat de generalització.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Formular problemes de regressió dins del marc de l'aprenentatge supervisat.
• Comprendre les funcions de pèrdua més habituals en regressió i les seves implicacions.
• Aplicar models de regressió a tasques de predicció contínua.
• Analitzar el rendiment i la generalització dels models de regressió.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Xarxes neuronals

Descripció:
Aquest capítol introdueix les xarxes neuronals com a models paramètrics flexibles per a l'aprenentatge supervisat. Es presenten les xarxes neuronals com a composicions de transformacions lineals i funcions d'activació no lineals, que permeten aproximar funcions complexes. El capítol analitza les arquitectures bàsiques, el paper de les capes ocultes i l'entrenament de xarxes neuronals mitjançant mètodes d'optimització basats en gradients.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre les xarxes neuronals com a aproximadors de funcions per a classificació i regressió.
• Descriure l'estructura de les arquitectures de xarxes neuronals feedforward.
• Explicar el paper de les funcions d'activació i de les capes ocultes.
• Aplicar mètodes basats en gradients per entrenar models de xarxes neuronals.

Dedicació: 15h
Grup gran/Teoria: 3h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 9h

Xarxes neuronals convolucionals

Descripció:
Aquest capítol introdueix les xarxes neuronals convolucionals (CNN) com a arquitectures especialitzades dissenyades per processar dades estructurades amb organització espacial, com ara les imatges. Es presenten els principis de la convolució, la compartició de pesos i les operacions de pooling, i s'explica com aquests mecanismes exploten l'estructura local i les invariàncies de les dades. El capítol posa de manifest per què les CNN són especialment efectives per a entrades d'alta dimensió amb correlacions espacials.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre la motivació de les xarxes neuronals convolucionals.
• Descriure les operacions de convolució i pooling i el seu paper en les arquitectures CNN.
• Explicar com la compartició de pesos i la localitat redueixen la complexitat del model.
• Analitzar els avantatges de les CNN per a dades estructurades espacialment.

Dedicació: 15h
Grup gran/Teoria: 3h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 9h

Models seqüencials

Descripció:
Aquest capítol introdueix models per a dades seqüencials, en què les observacions i les prediccions estan ordenades en el temps i poden presentar dependències temporals. Es presenten els models basats en estats com un marc per representar seqüències, destacant com els estats interns resumeixen la informació passada per influir en les prediccions futures. El capítol proporciona la base conceptual per al modelatge de dades dependents del temps en l'aprenentatge automàtic.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre els reptes associats a les dades seqüencials i temporals.
• Descriure representacions basades en estats per al modelatge de seqüències.
• Formular problemes d'aprenentatge que involucrin seqüències d'entrada i de sortida.
• Analitzar com les dependències temporals afecten la predicció i l'aprenentatge.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Aprenentatge per reforç

Descripció:
Aquest capítol introdueix l'aprenentatge per reforç com un paradigma d'aprenentatge en què un agent aprèn mitjançant la interacció amb un entorn a partir de senyals de recompensa. Es presenta el marc de l'aprenentatge per reforç, incloent estats, accions, recompenses i polítiques, i s'explica com l'aprenentatge difereix dels entorns supervisats a causa del feedback retardat i la presa de decisions seqüencial. El capítol estableix les bases per comprendre com els agents aprenen a actuar de manera òptima al llarg del temps.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre el marc de l'aprenentatge per reforç i els seus components.
• Formular problemes de presa de decisions com a tasques d'aprenentatge per reforç.
• Distingir l'aprenentatge per reforç de l'aprenentatge supervisat i no supervisat.
• Analitzar el paper de les recompenses i de les polítiques en la presa de decisions seqüencial.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Xarxes neuronals recurrents

Descripció:
Aquest capítol introdueix les xarxes neuronals recurrents (RNN) com a arquitectures neuronals dissenyades per modelar dades seqüencials i temporals. S'explica com la recurrència permet que la informació de passos temporals anteriors influeixi en les prediccions actuals mitjançant estats ocults. El capítol analitza l'estructura bàsica de les RNN, el seu entrenament mitjançant mètodes basats en gradients i els reptes associats a l'aprenentatge de dependències a llarg termini.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre les xarxes neuronals recurrents com a models per a dades seqüencials.
• Descriure el paper dels estats ocults i de la recurrència en les RNN.
• Explicar com s'entrenen les RNN mitjançant optimització basada en gradients.
• Reconèixer els principals reptes de l'entrenament de models recurrents, com els gradients evanescents o explosius.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Sistemes de recomanació

Descripció:
Aquest capítol introdueix els sistemes de recomanació com a mètodes d'aprenentatge automàtic dissenyats per predir les preferències dels usuaris i suggerir ítems rellevants. Es presenten els principis bàsics de les tasques de recomanació, incloent la predicció de preferències i el rànquing d'elements, i s'analitzen enfocaments habituals basats en les interaccions usuari–ítem. El capítol posa de manifest els reptes de l'escassetat de dades, l'escalabilitat i l'avaluació dels sistemes de recomanació.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre els objectius i l'estructura dels sistemes de recomanació.
• Formular problemes de recomanació a partir de dades usuari–ítem.
• Identificar reptes habituals com l'escassetat de dades i l'escalabilitat.
• Analitzar l'avaluació del rendiment dels sistemes de recomanació.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

Mètodes no paramètrics

Descripció:
Aquest capítol introdueix els mètodes no paramètrics en l'aprenentatge automàtic, que fan poques o cap hipòtesi sobre la forma funcional del model subjacent. Es presenten enfocaments d'aprenentatge en què la complexitat del model pot créixer amb la quantitat de dades, posant èmfasi en la flexibilitat i el comportament guiat per les dades. El capítol analitza els compromisos entre biaix, variància, interpretabilitat i cost computacional en l'aprenentatge no paramètric.

Objectius específics:
En finalitzar aquest capítol, l'estudiant serà capaç de:
• Comprendre les característiques definidores dels mètodes d'aprenentatge no paramètrics.
• Distingir els enfocaments no paramètrics dels models paramètrics.
• Analitzar els avantatges i les limitacions dels mètodes no paramètrics.
• Avaluar l'impacte de la mida de les dades i de la flexibilitat del model en el rendiment.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

El rendiment de l'estudiant s'avaluarà mitjançant dos exàmens parcials i un projecte final. Cada examen parcial tindrà un pes del 40 % en la qualificació final i avaluarà la comprensió de les bases teòriques i de les tècniques de resolució de problemes corresponents a la part del curs tractada. El 20 % restant de la qualificació final correspondrà a un projecte final, que consistirà en l'aplicació de conceptes d'aprenentatge automàtic a un problema pràctic i inclourà una memòria escrita i una presentació oral. La qualificació final es calcularà com la mitjana ponderada d'aquests elements d'avaluació, i els criteris d'avaluació detallats es facilitaran amb antelació.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Els exàmens parcials i qualsevol altra prova avaluable es realitzaran d'acord amb la normativa acadèmica vigent de la institució. Els estudiants hauran d'assistir als exàmens en la data i hora establertes i presentar una identificació vàlida si així es requereix. No es permetrà l'ús de materials o dispositius no autoritzats, ni cap forma de deshonestedat acadèmica, i aquestes situacions es gestionaran d'acord amb els procediments disciplinaris corresponents. Els estudiants són responsables de seguir totes les instruccions proporcionades durant la prova, i el seu incompliment pot comportar sancions o la invalidació de l'avaluació. Qualsevol absència justificada o sol·licitud d'adaptació especial haurà de comunicar-se amb antelació i estar degudament documentada, d'acord amb les directrius institucionals.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Mitchell, Tom M. Machine learning . New York [etc.] : The McGraw-Hill Companies, cop. 1997. ISBN 978-0070428072.
- Géron, Aurélien. Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow : concepts, tools, and techniques to build intelligent systems . Second edition. Sebastopol, CA : O'Reilly Media, Inc, September 2019. ISBN 978-1492032649.
- Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning . New York : Springer, cop. 2006. ISBN 978-0387310732.
- Murphy, Kevin P. Machine learning : a probabilistic perspective . Cambridge, Mass. : MIT Press, cop. 2012. ISBN 978-0262018029.
- Alpaydin, Ethem. Introduction to machine learning . Fourth edition. Cambridge, Massachusetts ; London : The MIT Press, [2020]. ISBN 978-0262043793.

Complementària:
- Burkov, Andriy. The Hundred-page machine learning book . Leipzig : Andriy Burkov, 2019. ISBN 978-1999579500.

RECURSOS

Enllaç web:
- https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+6.036+1T2019/course/. El curs MITx 6.036 Introduction to Machine Learning a la MIT Open Learning Library és una versió d'accés lliure i autodirigida de l'assignatura d'aprenentatge automàtic de grau del MIT. Proporciona una introducció als principis, algoritmes i aplicacions de l'aprenentatge automàtic des de la perspectiva de la modelització i la predicció. Inclou notes de classe, exercicis, laboratoris i tasques que cobreixen aprenentatge supervisat, representació de dades, over-fitting, generalització i aprenentatge per reforç, amb exemples pràctics i aplicacions de dades seqüencials. El contingut és accessible de manera gratuïta i no atorga certificat en aquesta versió.