

Guia docent

2706320 - TOML - Temes Sobre Optimització i Aprenentatge Automàtic

Última modificació: 04/02/2025

Unitat responsable: Facultat d'Informàtica de Barcelona

Unitat que imparteix: 701 - DAC - Departament d'Arquitectura de Computadors.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN INNOVACIÓ I RECERCA EN INFORMÀTICA (Pla 2012). (Assignatura optativa).

Curs: 2024

Crèdits ECTS: 6.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE MARIA BARCELÓ ORDINAS

Altres: Segon quadrimestre:
JOSE MARIA BARCELÓ ORDINAS - 10
JORGE GARCÍA VIDAL - 10

CAPACITATS PRÈVIES

Recomanat haver cursat prèviament el curs "Anàlisi Estadística de Xarxes i Sistemes (SANS-MIRI)".

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

Genèriques:

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

Transversals:

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi. Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Bàsiques:

CB6. Que els estudiants sàpiguin 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) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CB8. Que els estudiants sàpiguin comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

METODOLOGIES DOCENTS

Durant les sessions inicials de cada tema, s'explicaran els resultats principals a la pissarra. L'estudiant resoldrà alguns exercicis per demostrar les seves habilitats en el tema. Finalment, els estudiants faran projectes de desenvolupament d'acord al temes estudias.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- 1.Capacitat per formular un problema d'optimització convexa
- 2.Capacitat per resoldre problemes d'optimització no lineal.
- 3.Capacitat per aplicar a problemes reals temes relacionats amb l'optimització
- 4.Capacitat per comprendre algorismes bàsics d'aprenentatge automàtic
- 5.Capacitat per aplicar algorismes d'aprenentatge automàtic a escenaris reals.
- 6.Capacitat per comprendre les xarxes neuronals i els algorismes d'aprenentatge profund
- 7.Capacitat per aplicar xarxes neuronals i algorismes d'aprenentatge profund a escenaris reals

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	96,0	64.00
Hores grup gran	54,0	36.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Conceptes bàsics d'optimització convexa

Descripció:

En aquest tema, introduïrem els conceptes d'home d'optimització no lineal amb especial èmfasi en l'optimització convexa. Concretament veurem: conjunts convexos, funcions convexes, problemes d'optimització convexa (COP) i dualitat (funció doble Lagrange, condicions d'optimitat de KKT), mètodes per resoldre COP (General Descent Methods, Interior Point Methods)

Aplicacions a temes d'aprenentatge automàtic

Descripció:

Exemples de com s'aplica l'optimització en el camp de l'aprenentatge automàtic en xarxes informàtiques i xarxes distribuïdes. En concret, s'explicaran mètodes supervisats com la regressió lineal múltiple amb regularització (ridge regression i lasso), els mètodes de veïns més propers, la regressió nucli (RKHS) i els processos gaussians, les màquines de vectors de suport, el bootstrapping, el bosc aleatori, i mètodes no supervisats com els mètodes de clustering amb k-means, el clustering jeràrquic, la barreja de gaussians i l'algoritme de maximització d'expectatives.

Xarxes neuronals i aprenentatge profund

Descripció:

En aquest capítol s'estudien els conceptes bàsics relacionats amb les xarxes neuronals i l'aprenentatge profund aplicats a les xarxes informàtiques i als sistemes distribuïts. En concret, introducció a les xarxes neuronals, algoritme de retropropagació, SGA, tècniques de regularització i revisió de les arquitectures de NN més importants, incloent-hi el perceptró multicapa (MLP), les xarxes neuronals convolucionals (CNN), les xarxes neuronals recurrents (RNN) i els codificadors automàtics.

ACTIVITATS

Conceptes bàsics d'optimització convexa

Objectius específics:

1, 2, 3

Competències relacionades:

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten - a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 33h

Aprenentatge autònom: 15h

Grup gran/Teoria: 18h

Aplicacions a temes d'aprenentatge automàtic

Objectius específics:

3, 4

Competències relacionades:

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten - a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 33h

Aprenentatge autònom: 15h

Grup gran/Teoria: 18h

Neural networks and deep learning

Objectius específics:

3, 6

Competències relacionades:

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 33h

Aprenentatge autònom: 15h

Grup gran/Teoria: 18h

Entrega del projecte d'exercicis de programació d'optimització no lineal

Objectius específics:

1, 2

Competències relacionades:

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 12h

Aprenentatge autònom: 12h

Entrega del projecte de programació per a l'optimització d'un protocol d'accés a mitjans (MAC) en una xarxa de sensors sense fils,

Objectius específics:

2, 3

Competències relacionades:

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 12h

Aprentatge autònom: 12h

Entrega del projecte de calibratge de sensors mitjançant tècniques d'aprenentatge automàtic (MLR, KNN, SVR, RF, GP),

Objectius específics:

3, 4, 5

Competències relacionades:

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 13h

Aprentatge autònom: 13h

Entrega del projecte mitjançant una xarxa neuronal

Objectius específics:

3, 6, 7

Competències relacionades:

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten - a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CEE2.2. Capacidad de entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con las redes de computadores, así como poder diseñar y evaluar algoritmos, protocolos y sistemas que traten la problemática de la redes de comunicación entre computadores.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CG3. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la Informática.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 14h

Aprenentatge autònom: 14h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació es basa en el desenvolupament de 4 projectes (cada projecte val igual) i 2 exàmens escrits. La nota final del curs (FM) serà:

$$FM = 0.6 \cdot (P1 + P2 + P3 + P4) + 0.15 \cdot Ex1 + 0.25 \cdot Ex2.$$

Per a cada projecte es lliura un reporti de recerca on s'analitza el problema proposat, es descriu la metodologia de resolució i es descriuen els resultats i conclusions. S'avaluarà la capacitat de l'alumne per a demostrar enteniment i comprensió de la teoria, capacitat de raonament i de comunicar resultats (competències CG3, CEE2.2, CEE2.3, CEE2.1, CB8, CTR6).

En els exàmens escrits, se'ls donarà una llista de conceptes teòrics relacionats amb els temes de l'assignatura en els quals han de demostrar una comprensió i enteniment. En l'examen se'ls demanarà que expliquin la comprensió que tenen sobre aquests conceptes (competències CG3, CEE2.3, CB6, CTR6).

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning. New York: Springer, 2006. ISBN 0387310738.
- Theodoridis, S. Machine learning : a bayesian and optimization perspective. 2nd ed. London: Elsevier Academic Press, 2020. ISBN 9780128188033.
- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep learning. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2016]. ISBN 9780262035613.

RECURSOS

Enllaç web:

- <http://www.stanford.edu/~boyd/cvxbook/>. Book in PDF: "Convex Optimization" of Stephen P. Boyd and Lieven Vandenberghe,
- <https://www.deeplearningbook.org>. Book in PDF and supplementary material for "Deep Learning" of Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron