

Programació Paral·lela

Codi: 106557

Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2504392 Intel·ligència Artificial	OT	3	0
2504392 Intel·ligència Artificial	OT	4	0

Professor/a de contacte

Nom: Anna Barbara Sikora

Correu electrònic: anna.sikora@uab.cat

Idiomes dels grups

Podeu accedir-hi des d'aquest [enllaç](#). Per consultar l'idioma us caldrà introduir el CODI de l'assignatura. Tingueu en compte que la informació és provisional fins a 30 de novembre de 2023.

Equip docent

Eduardo Cesar Galobardes

Christian Guzman Ruiz

Prerequisits

Encara que no hi ha prerequisits formalment establerts i és responsabilitat de la pròpia assignatura proporcionar als i les alumnes un mitjà per adquirir els coneixements descrits a l'apartat de continguts de l'assignatura, és recomanable: un bon coneixement de programació, del funcionament d'un computador i del sistema operatiu a nivell d'usuari programador (Fonaments de Programació I i II, Fonaments de Computació).

Objectius

L'objectiu d'aquesta assignatura és conèixer els sistemes de còmput d'altres prestacions i paral·lels, sistemes multiprocessador i multicomputador, paradigmes de programació paral·lela, aprendre a desenvolupar les aplicacions amb pas de missatges o memòria compartida i analitzar els prestacions d'execució d'aquestes aplicacions.

Els conceptes teòrics sobre paradigmes de programació, pas de missatges i memòria compartida es reforça amb les sessions de pràctiques en les que els i les alumnes aprenen a programar utilitzant llenguatges de programació paral·lela.

Tots el components descrits en aquesta assignatura han de permetre als/les alumnes comprendre el funcionament dels sistemes d'altres prestacions i paral·lels i, fins a cert punt, ser capaç de realitzar un disseny senzill d'una aplicació paral·lela i avaluar les seves prestacions.

Competències

Intel·ligència Artificial

- Analitzar i resoldre problemes de manera efectiva, i generar propostes innovadores i creatives per aconseguir els objectius.
- Conceptualitzar i modelar alternatives de solucions complexes per a problemes d'aplicació de la intel·ligència artificial en diferents àmbits, i planificar i gestionar projectes per al disseny i desenvolupament de prototips que demostrin la validesa del sistema proposat.
- Desenvolupar pensament crític per analitzar de manera fonamentada i argumentada alternatives i propostes tant pròpies com alienes.
- Dissenyar, implementar, analitzar i validar solucions algorítmiques eficients i robustes per a problemes computacionals derivats del disseny de sistemes intel·ligents.
- Introduir canvis en els mètodes i els processos de l'àmbit de coneixement per donar respostes innovadores a les necessitats i demandes de la societat.
- Treballar cooperativament per aconseguir objectius comuns, assumint la pròpia responsabilitat i respectant el rol dels diferents membres de l'equip.

Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar el rendiment d'aplicacions, detectar colls d'ampolla i aplicar possibles optimitzacions.
2. Analitzar els models, paradigmes i llenguatges de programació paral·lela disponibles per determinar quin s'adequa millor a les necessitats d'una aplicació.
3. Analitzar i avaluar arquitectures de computadors en plataformes paral·leles i distribuïdes.
4. Analitzar i resoldre problemes de manera efectiva, i generar propostes innovadores i creatives per aconseguir els objectius.
5. Conèixer i aplicar els principis fonamentals i les tècniques bàsiques de la programació paral·lela, concurrent i distribuïda.
6. Desenvolupar i optimitzar programari per a les plataformes paral·leles i distribuïdes basades en els paradigmes existents més habituals.
7. Desenvolupar pensament crític per analitzar de manera fonamentada i argumentada alternatives i propostes tant pròpies com alienes.
8. Implementar i optimitzar aplicacions basades en les funcionalitats i estructura dels sistemes paral·lels, distribuïts i en el núvol.
9. Ponderar els riscos i les oportunitats de les propostes de millora tant pròpies com alienes.
10. Proposar nous mètodes o solucions alternatives fonamentades.
11. Treballar cooperativament per aconseguir objectius comuns, assumint la pròpia responsabilitat i respectant el rol dels diferents membres de l'equip.
12. Utilitzar les eines i les metodologies més adequades per avaluar la funcionalitat i el rendiment de les aplicacions paral·leles/distribuïdes desenvolupades.

Continguts

Tema 1: Introducció a sistemes d'altres prestacions.

Programació avançada en C i integració de codi C amb Python. Concurrencia: concepte, condicions de carrera, regió crítica i mecanismes d'exclusió mútua.

Introducció als sistemes d'altres prestacions, sistemes paral·lels, multiprocessadors i multicomputadors. Execució d'aplicacions paral·leles en sistemes d'altres prestacions.

Tema 2: Classificació de paral·lisme

SIMD (Single Instruction, Multiple Data), MIMD (Multiple Instruction, Multiple Data). Models d'aplicacions paral·leles.

Tema 3: Algorismes paral·lels

Definició d'algorismes paral·lels. Exemples d'algorismes paral·lels. Desenvolupament d'algorismes paral·lels.

Tema 4: Programació paral·lela

Paradigmes de programació paral·lela. Aplicacions basades en pas de missatges. Estàndard MPI (Message Passing Interface). Aplicacions basades en memòria compartida. Estàndard OpenMP (Open Multiprocessing), OpenACC (Open Accelerators) i CUDA (Compute Unified Device Architecture). Paral·lelisme en Python. Desenvolupament d'aplicacions paral·leles utilitzant MPI, OpenMP, OpenACC, Cuda i Python.

Tema 5: Anàlisi de prestacions

Anàlisi de prestacions de sistemes paral·lels. Avaluació de prestacions de sistemes paral·lels. Exemples d'eines d'avaluació de prestacions.

Metodologia

En el desenvolupament de l'assignatura es podran diferenciar quatre tipus d'activitats docents:

- Clases teòriques: exposició a la pissarra de la part teòrica de cada tema del programa. L'estructura típica d'una classe magistral d'aquest tipus serà la següent: en primer lloc es farà una introducció on es presentaran breument els objectius de l'exposició i els continguts a tractar. A continuació es desgranaran els continguts objecte d'estudi, incloent exposicions narratives, desenvolupaments formals que proporcionin els fonaments teòrics, i intercalant exemples, que il·lustrin l'aplicació dels continguts exposats. Finalment, el/la professor/a exposarà les conclusions dels continguts. Durant tot el curs hi hauran avaluacions continuades del grups de temes.
- Clases de problemes. Tots els temes aniran acompanyats d'una relació de problemes que l'alumne ha d'intentar resoldre. En aquest sentit, i a mida que l'alumne vagi progressant i aprofundint en els seus coneixements, aquests problemes seran poc a poc més complexos. Les classes pràctiques seran el fòrum natural en el qual es podrà discutir en comú el desenvolupament del treball pràctic, aportant els coneixements que li falten a l'estudiant per portar-lo endavant. La missió de les classes de problemes és fer de pont entre les classes teòriques i classes en laboratori, que promourà la capacitat d'anàlisi i síntesi, el raonament crític, i que entrenarà l'estudiant en la resolució de problemes. Aquells que el/la professor/a consideri de major interès o en els que els/les alumnes trobin major dificultat seran corregits a la pissarra. Abans del començament de cada temari de problemes el/la professor/a podrà proposar una llista d'exercicis que els/les alumnes hauran de resoldre.
- Clases de projectes. La part pràctica dels temes teòrics quedarà completada amb sessions al laboratori, on l'alumne desenvoluparà una sèrie de programes i haurà d'intentar resoldre un problema concret que rebrà al començar el temari. Els programes desenvolupats (projectes) s'hauran d'entregar a la classe en les dates especificades. Les pràctiques es desenvoluparan en grups de dos alumnes. Les classes inclouen 9 sessions al laboratori, de 2 hores de durada, on l'alumne realitzarà el desenvolupament dels programes.
- Realització d'exercicis. Durant el curs hi haurà un conjunt d'exercicis bàsics, curts i pràctics relacionats amb teoria i classes pràctiques de problemes. Cada grup (de 2 persones) solucionarà aquests exercicis i farà el lliurament amb la data corresponent. Amb aquest exercici es busca que l'estudiant sigui capaç de resoldre de forma teòrica als conceptes treballats a teoria i després pogui aplicar-los al cas pràctic de laboratori.

Aquest plantejament del treball està orientat a promoure un aprenentatge actiu i a desenvolupar les competències de capacitat d'organització i planificació, comunicació oral i escrita, treball en equip i raonament crític. La qualitat dels exercicis realitzats, de la seva presentació i del seu funcionament es valorarà especialment.

La gestió de la docència de l'assignatura es farà a través del Campus Virtual (<https://cv.uab.cat/>), que servirà per poder veure els materials, gestionar els grups de pràctiques, fer els lliuraments corresponents, veure les notes, comunicar-vos amb els professors, etc.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Problemes (Resolució d'exercicis)	7	0,28	1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 11
Pràctica (Resolució de projectes pràctics de laboratori)	16	0,64	1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12
Teoria	12	0,48	1, 2, 3, 5, 6, 8
Tipus: Autònomes			
Estudi autònom	45	1,8	1, 2, 4, 5, 6, 8, 12
Preparació de problemes i exercicis bàsics	15	0,6	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11
Preparació de projectes	40	1,6	1, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12

Avaluació

L'objectiu del procés d'avaluació és verificar que els/les alumnes han assolit els coneixements i habilitats definits en els objectius de l'assignatura, així com les competències.

S'avaluaran tres tipus d'activitats de manera independent on la suma ponderada d'elles donarà la nota final. Aquestes activitats són:

1. Teoria (T)
2. Resolució de projectes pràctics de laboratori (PL)
3. Realització d'exercicis pràctics (EXER).

La part de Teoria (T) s'avaluarà amb dos controls parcials individuals durant tot el curs. La nota final de Teoria sortirà de la suma ponderada dels dos controls ($0.5 \cdot \text{Control 1} + 0.5 \cdot \text{Control 2}$). Hi haurà una segona oportunitat per recuperar aquesta part el dia que tenim assignat a la setmana d'exàmens de recuperació de juny. Es podran recuperar per separat les parts que no hagin estat superades en els controls parcials de teoria. La nota mínima per aprovar aquesta part de Teoria és ≥ 5 . A la recuperació només es pot recuperar els examens suspesos, no es pot pujar la nota obtinguda (en el cas d'aprovar la part de Teoria). La nota màxima que es pot obtenir a la recuperació és un 7.

La part de Resolució de projectes pràctics de laboratori (PL) s'avaluarà de manera grupal. Té tres lliuraments. La nota final sortirà de la suma ponderada dels tres lliuraments ($X_0 \cdot \text{Lliurament 1} + X_1 \cdot \text{Lliurament 2} + X_2 \cdot \text{Lliurament 3}$, $X_0 + X_1 + X_2 = 1$). Hi haurà 3 proves curtes i escrites de validació individual de les pràctiques en l'horari de classe (la tercera prova en l'horari establert per l'acoordinació pels segons parcials de juny). Una qualificació de 0 punts a la prova de validació donarà un factor de 0,5, una qualificació de 5 punts donarà un factor de 0,75 i una qualificació de 10 donarà un factor de 1. Nota projectes pràctics (PL) = Laboratori * Validació. Per aprovar les PL la nota mínima haurà de ser ≥ 5 . Només hi ha una única oportunitat (no es pot recuperar aquesta part).

Els exercicis pràctics (EXER) es faran en grups de 2 persones i consistiran en treballar problemes de programació molt concrets, curts i relacionats amb els que es trobaran a les pràctiques de laboratori. Es vol que cada estudiant estudiï la resolució d'un conjunt de problemes concrets de forma aïllada al cas més general de la pràctica. El valor d'aquests exercicis és del 30% de la nota final i donada la seva naturalesa i objectiu no són recuperables.

La nota final de l'assignatura serà la suma ponderada de les notes de cadascuna de les quatre activitats: 40% de Teoria, 30% Resolució d'exercicis pràctics i 30% de Resolució de projectes pràctics de laboratori. El resultat haurà de ser ≥ 5 .

En cas de no superar l'assignatura per no arribar a la puntuació mínima en algun dels apartats (Teoria o Projectes pràctics de Laboratori), tot i que al fer la mitjana ponderada la nota final fos igual o superior a 5 la nota que es posarà a l'expedient serà de 4,5.

En cas de que la mitjana no arribi a 5 la nota que figurarà a l'expedient serà la nota mitjana obtinguda numèricament.

Si l'alumne entrega qualsevol activitat, s'entén que es presenta a l'assignatura i serà avaluat/da. Si no entrega cap activitat, llavors es pot considerar No avaluable.

Atorgar una qualificació de matriculat'honor és decisió del professorat responsable de l'assignatura. 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. Es pot atorgar fins a un 5% de MH del total d'estudiants matriculats.

Les dates d'avaluació continuada i lliurament de treballs es publicaran al campus virtual i poden estar subjectes a possibles canvis de programació per motius d'adaptació a possibles incidències; sempre s'informarà al campus virtual sobre aquests canvis ja que s'entén que el CV és el mecanisme habitual d'intercanvi d'informació entre el professorat i els/les estudiants.

Per a cada activitat d'avaluació, s'indicarà un lloc, data i hora de revisió en la que l'estudiant podrà revisar l'activitat amb el/la professor/a. En aquest context, es podran fer reclamacions sobre la nota de l'activitat, que seran avaluades pel professorat responsable de l'assignatura. Si l'estudiant no es presenta a aquesta revisió, no esrevisarà posteriorment aquesta activitat.

RESUM

Si ($T \geq 5$) i ($PL \geq 5$) aleshores

$$NF = 0.4 * T + 0.3 * EXER + 0.3 * PL$$

Si ($NF \geq 5$) aleshores APROVAT

Sino SUSPES

Sino SUSPES

Estudiants repetidors: Els alumnes repetidors o repetidores que tinguin aprovades les pràctiques de laboratori poden demanar la convalidació d'aquesta part de l'assignatura. La resta d'activitats d'avaluació hauran de fer-les en les mateixes condicions que els/les altres estudiants.

Avaluació Única: Aquesta assignatura NO PREVEU AVALUACIÓ ÚNICA.

Nota sobreplagis:

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, les irregularitats comeses per un o una estudiant que puguin conduir a una variació de la qualificació en una activitat avaluable es qualificaran amb un zero (0). Les activitats d'avaluació qualificades d'aquesta forma i per aquest procediment no seran recuperables. Si és necessari superar qualsevol d'aquestes activitats d'avaluació per aprovar l'assignatura, aquesta assignatura quedarà suspesa directament, sense oportunitat de recuperar-la en el mateix curs. Aquestes irregularitats inclouen, entre d'altres:

- la còpia total o parcial d'una pràctica, informe, o qualsevol altra activitat d'avaluació;
- deixar copiar;

- presentar un treball de grup no fet íntegrament pels i les membres del grup (aplicat a tots els i les membres, no solament als que no han treballat);
- presentar com a propis materials elaborats per un tercer, encara que siguin traduccions o adaptacions, i en general treballs amb elements no originals i exclusius de l'estudiant;
- l'ús no autoritzat de la IA (p. ex, Copilot, ChatGPT o equivalents);
- tenir dispositius de comunicació (com telèfons mòbils, smart watches, bolígrafs amb càmera, etc.) accessibles durant les proves d'avaluació teòrico-pràctiques individuals (exàmens);
- parlar amb companys o companyes durant les proves d'avaluació teòrico-pràctiques individuals (exàmens);
- copiar o intentar copiar d'altres alumnes durant les proves d'avaluació teòrico-pràctiques (exàmens);
- usar o intentar usar escrits relacionats amb la matèria durant la realització de les proves d'avaluació teòrico-pràctiques (exàmens), quan aquests no hagin estat explícitament permesos.

En cas de no superar l'assignatura degut a que alguna de les activitats d'avaluació no arriba a la nota mínima requerida, la nota numèrica de l'expedient serà el valor menor entre 4.5 i la mitjana ponderada de les notes. Amb les excepcions de que s'atorgarà la qualificació de "No Avaluable" als i les estudiants que no participin en cap de les activitats d'avaluació, i de que la nota numèrica de l'expedient serà el valor menor entre 3.0 i la mitjana ponderada de les notes en cas que l'estudiant hagi comès irregularitats en un acte d'avaluació (i per tant no serà possible l'aprovat per compensació). En edicions futures d'aquesta assignatura, a l'estudiant que hagi comès irregularitats en un acte d'avaluació no se li convalidarà cap de les activitats d'avaluació realitzades.

En resum: copiar, deixar copiar o plagiar(o l'intent de) en qualsevol de les activitats d'avaluació equival a un SUSPENS, no compensable i sense convalidacions de parts de l'assignatura en cursos posteriors.

Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
1er Control parcial individual	20%	2	0,08	1, 4, 5, 6
2on Control parcial individual	20%	2	0,08	1, 4, 5, 6
Projectes pràctics 1	10%	1	0,04	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Projectes pràctics 2	10%	1	0,04	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Projectes pràctics 3	10%	1	0,04	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Realització d'exercicis pràctics	30%	8	0,32	1, 4, 5, 6, 8, 11, 12

Bibliografia

- Parallel Programming Concepts and Practice. Bertil Schmidt, Jorge González-Domínguez, Christian Hundt, Moritz Schlarb. Morgan Kaufmann, 2018
- An Introduction to Parallel Programming, 2nd edition. Peter S. Pacheco. Morgan Kaufmann. 2018
- Programming Massively Parallel Processors, A Hands-on Approach. David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu. Morgan Kaufmann. 3th Edition. 2018
- Computer Architecture. A quantitative approach. John L. Hennessy, David A. Patterson. Morgan Kaufmann. 6a edició. 2018
- Introduction to Parallel Computing. A. Grama et al. Addison Wesley, Second Edition, 2003.
- Parallel Program Development For Cluster Computing: Methodology, Tools and Integrated Environments. Edited by J. C. Cunha, P. Kacsuk, S. C. Winter. Nova Science Publishers, Inc., 2001.
- Parallel Programming with MPI, Peter Pacheco, Morgan Kauffman, 1996
- OpenACC Programming and Best Practices Guide (https://www.openacc.org/sites/default/files/inline-files/OpenACC_Programming_Guide_0.pdf)

Programari

OpenMP

MPI

OpenACC/CUDA

gestor de cues (SLURM)

eines per a avaluació de rendiment (perf, TAU, nvcc)

connexió remota amb laboratori (e.g. MobaTex, Eclipse, Visual Studio, Visual Studio Code, etc.)