

Guia docent

270024 - LI - Lògica a la Informàtica

Última modificació: 06/02/2025

Unitat responsable: Facultat d'Informàtica de Barcelona
Unitat que imparteix: 723 - CS - Departament de Ciències de la Computació.
Titulació: GRAU EN ENGINYERIA INFORMÀTICA (Pla 2010). (Assignatura optativa).
Curs: 2024 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Català

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE MIGUEL RIVERO ALMEIDA

Altres:

Primer quadrimestre:
ANTONI LOZANO BOIXADORS - 12, 22
JOSE MIGUEL RIVERO ALMEIDA - 11, 12, 21, 22
ENRIC RODRIGUEZ CARBONELL - 21

Segon quadrimestre:
ELISABET BURJONS PUJOL - 12
ANTONI LOZANO BOIXADORS - 13, 21
JOSE MIGUEL RIVERO ALMEIDA - 11, 12, 13, 21, 22
ENRIC RODRIGUEZ CARBONELL - 11

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements bàsics de matemàtiques (conjunts, funcions, relacions, conteig, combinatòria molt bàsica i tècniques de demostració: inducció, reducció a l'absurd, contrarrecíproc...).

Coneixements d'algorismica, programació (C++) i estructures de dades.

Coneixements de circuits digitals i funcions Booleanes.

Capacitats de treball autònom.

REQUISITS

- Pre-requisit EDA
- Co-requisit PROP

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CCO1.1. Avaluar la complexitat computacional d'un problema, conèixer estratègies algorísmiques que puguin dur a la seva resolució, i recomanar, desenvolupar i implementar la que garanteixi el millor rendiment d'acord amb els requisits establerts.

CCO2.1. Demostrar coneixement dels fonaments, dels paradigmes i de les tècniques pròpies dels sistemes intel·ligents, i analitzar, dissenyar i construir sistemes, serveis i aplicacions informàtiques que utilitzin aquestes tècniques en qualsevol àmbit d'aplicació.

CCO2.2. Capacitat per a adquirir, obtenir, formalitzar i representar el coneixement humà d'una forma computable per a la resolució de problemes mitjançant un sistema informàtic en qualsevol àmbit d'aplicació, particularment en els que estan relacionats amb aspectes de computació, percepció i actuació en ambients o entorns intel·ligents.

CCO3.1. Implementar codi crític seguint criteris de temps d'execució, eficiència i seguretat.

CCO3.2. Programar considerant l'arquitectura hardware, tant en assemblador com en alt nivell.

CT1.1A. Demostrar coneixement i comprensió dels conceptes fonamentals de la programació i de l'estructura bàsica d'un computador.

CEFB4. Coneixement dels fonaments de l'ús i de la programació dels computadors, dels sistemes operatius, de les bases de dades i, en general, dels programes informàtics amb aplicació a l'enginyeria.

CT1.2C. Interpretar, seleccionar i valorar conceptes, teories, usos i desenvolupaments tecnològics relacionats amb la informàtica i la seva aplicació a partir dels fonaments matemàtics, estadístics i físics necessaris. CEFB3. Capacitat per a comprendre i dominar els conceptes bàsics de matemàtica discreta, lògica, algorísmica i complexitat computacional, i la seva aplicació per al tractament automàtic de la informació mitjançant sistemes computacionals i la seva aplicació per a la resolució de problemes propis de l'enginyeria.

CT2.3. Dissenyar, desenvolupar, seleccionar i avaluar aplicacions, sistemes i serveis informàtics i, al mateix temps, assegurar-ne la fiabilitat, la seguretat i la qualitat en funció de principis ètics i de la legislació i la normativa vigents.

CT4.1. Identificar les solucions algorísmiques més adequades per a resoldre problemes de dificultat mitjana.

CT4.2. Raonar sobre la correcció i l'eficiència d'una solució algorísmica.

CT4.3. Demostrar coneixement i capacitat d'aplicació dels principis fonamentals i de les tècniques bàsiques dels sistemes intel·ligents i de la seva aplicació pràctica.

CT5.1. Triar, combinar i explotar diferents paradigmes de programació, en el moment de construir software, tenint en compte criteris com la facilitat de desenvolupament, l'eficiència, la portabilitat i la mantenibilitat.

CT5.2. Conèixer, dissenyar i utilitzar de forma eficient els tipus i les estructures de dades més adients per a la resolució d'un problema.

CT5.3. Dissenyar, escriure, provar, depurar, documentar i mantenir codi en un llenguatge d'alt nivell per a resoldre problemes de programació aplicant esquemes algorísmics i utilitzant estructures de dades.

CT5.4. Dissenyar l'arquitectura dels programes utilitzant tècniques d'orientació a objectes, de modularització i d'especificació i implementació de tipus abstractes de dades.

Genèriques:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinari i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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.

METODOLOGIES DOCENTS

La principal característica de la metodologia docent és l'utilització de materials docents accessibles a través de la web, específicament dissenyats per a l'auto-aprenentatge de l'assignatura. Aquest material (apunts de teoria, problemes, problemes resolts, exemples de pràctiques de laboratori, software de SAT i de programació lògica sense i amb restriccions) ens permet replantejar el model de les classes, de manera que el tradicional model de classes magistrals desapareix en gran mesura.

Així:

1. Es planteja la classe com un inici de l'estudi i el treball que l'estudiant ha de continuar i aprofundir pel seu compte.
2. Es proporciona el màxim de materials de qualitat (apunts, exercicis resolts, exercicis per fer, referències bibliogràfiques).
3. S'aprofiten al màxim les classes per a fomentar la motivació de l'estudiant (amb exemples, debats, comentaris, etc.) i es transmet l'enfocament i les intuïcions darrere les definicions, propietats i tècniques tractades.

Encara que no hi ha classes específiques de només problemes, a les sessions de classe s'intercalen teoria i problemes de manera flexible segons les necessitats del temari a cada moment. No convé fixar de manera rígida quantes i quines hores setmanals seran de problemes.

Al laboratori es fomentarà el treball autònom per part de l'estudiant, i el paper del professor, que sempre estarà present a les 2 hores setmanals de laboratori, serà en gran mesura de consultor/avaluador dels treballs que l'estudiant realitzarà de forma autònoma a partir d'un enunciat prou específic.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

1. Conèixer el concepte de què és una lògica, en termes de sintaxi (què és una fórmula F), i semàntica (què és una interpretació I , i quan una I satisfà una F).
2. Conèixer la definició (sintaxi i semàntica) de dues lògiques: la proposicional i la de primer ordre. Entendre, escriure i manipular àgilment fórmules en les dues lògiques, amb especial èmfasi a les aplicacions a l'informàtica.
3. Conèixer els conceptes de tautologia/validesa, contradicció, conseqüència i equivalència lògiques (de forma independent de la lògica concreta), com s'utilitzen per a formalitzar problemes pràctics a l'informàtica, i com es redueixen al problema de satisfactibilitat.
4. Conèixer els mètodes de deducció per a determinar les propietats de l'objectiu previ de major relevància a la informàtica: Davis-Putnam, i resolució; la seva correcció i completesa respecte la definició de la lògica. Ser capaç d'aplicar a mà resolució i Davis-Putnam sobre exemples pràctics abordables, i saber utilitzar la resolució com a mecanisme de còmput (càlcul de respostes).
5. Saber aplicar els fonaments lògics a algunes de les aplicacions, cada cop més abundants, a la informàtica dels mètodes deductius: fonaments de la programació lògica (Prolog), bases de dades deductives, circuits, problemes de planificació, etc. Saber expressar alguns problemes pràctics NP-complets (sudokus, horaris, problemes de grafs, circuits) com a problemes de satisfacció de lògica proposicional, i resoldre-ls amb un SAT solver.
6. Saber expressar problemes diversos utilitzant el llenguatge Prolog, i entendre les extensions "extra-lògiques" del Prolog incloses les dels diferents sistemes de restriccions.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores activitats dirigides	6,0	4.00
Hores grup gran	30,0	20.00
Hores aprenentatge autònom	84,0	56.00
Hores grup petit	30,0	20.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Introducció i motivació:

Descripció:

-Importància de la lògica a la informàtica. Exemples. Lògica informàtica vs lògica matemàtica. Què és una lògica? Objectius de l'assignatura. Alguns exemples de problemes. Com els resoldríem amb les tècniques vistes a assignatures prèvies? Quant de temps ens costaria? Què en sabríem de les garanties de fiabilitat?

Definició de la Lògica Proposicional

Descripció:

Sintaxi i semàntica de la LP. Satisfacció, tautologia, conseqüència i equivalència. Tots aquests problemes es poden expressar com a SAT. Poder expressiu: quines coses es poden modelar? Exercicis sobre: inducció, llegibilitat única de fórmules, formalització de problemes, comptatge (de fórmules, interpretacions, etc.). Problemes de conseqüència i equivalència lògiques, intuïció sobre cost computacional polinòmic i exponencial (taules de veritat), cost lineal d'avaluar una fórmula, entre altres.

Deducció en Lògica Proposicional

Descripció:

Formes normals, literals i clàusules. Algorisme de Davis-Putnam-Logemann-Loveland (DPLL) a partir de taules de veritat i arbres de decisió. La pila explícita de Backtracking. Com expressar problemes com a SAT i com utilitzar SAT solvers. Intuïció sobre problemes NP i NP complets. Sistemes deductius: propietats de correctesa, completesa, i completesa refutacional. Resolució: clausura sota resolució. Exercicis sobre formes normals, cost de les transformacions, relació amb circuits digitals, deducció per resolució i DPLL, i formulació de problemes com a SAT: sudokus, vertex cover, confecció d'horaris, hitting set...

Definició de la Lògica de Primer Ordre

Descripció:

Sintaxi i semàntica de la LPO. Fórmules tancades. Poder expressiu i decidibilitat. La LP com a cas particular de la LPO. Lògica de primer ordre amb igualtat i teories. Exercicis sobre llegibilitat única de fórmules, formalització de problemes, comptatge (de fórmules, interpretacions, etc.), problemes de conseqüència i equivalència lògiques, models finits i infinits, etc.

Deducció en Lògica de Primer Ordre

Descripció:

Formes normals, literals i clàusules. Pas a forma clausal, Skolemització. Unificació, unificador simultani, les regles d'unificació: acabament i correcció. Resolució i factorització: correctesa i completesa refutacional. No-terminació: procediments de decisió i de (co-)semi-decisió. Exercicis de formalització, pas a forma clausal, unificació, resolució, i problemes sobre (semi-)decisió aplicats als programes i la compilació.

Programació Lògica

Descripció:

Càlcul de respostes: com trobar els valors de les variables X que fan que F satisfaci una expressió de la forma "Existeix X tal que G "? L'estratègia SLD de resolució per clàusules de Horn. Completesa pel càlcul de respostes. La pila de backtracking: què fa l'operador de tall? Altres aspectes extra-lògics: la negació, l'aritmètica predefinida, l'entrada-sortida. Exercicis de resolució amb càlcul de respostes, sobre la teoria i el comportament de programes Prolog, i de confecció de programes Prolog.

Programació amb restriccions

Descripció:

Com obtenir la flexibilitat i rapidesa en l'expressió del problema característica de la programació lògica, i a la vegada tenir l'eficiència de l'ús de resoladors especialitzats per als enters, els reals, dominis finits, etc.? CLP(X) i dominis. Maneres de reduir l'espai de cerca. Problemes lògics amb restriccions d'altres dominis. Exemple: assignació de recursos, horaris. Cerca de solucions òptimes amb CLP.

ACTIVITATS

Aprenentatge del tema Introducció i motivació

Descripció:

Els estudiants segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes, fan preguntes, i intervenen a la discussió proposada.

Objectius específics:

1

Competències relacionades:

G9. 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: 3h

Aprenentatge autònom: 2h

Grup gran/Teoria: 1h

Aprenentatge del tema Definició de la Lògica Proposicional

Descripció:

Els estudiants fan els exercicis proposats, segueixen l'explicació del professor, fan preguntes, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.

Objectius específics:

1, 2

Competències relacionades:

G9. 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: 20h

Aprenentatge autònom: 12h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprentatge del tema Deducció en Lògica Proposicional

Descripció:

Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per modelar i resoldre problemes amb aquesta lògica i, en particular, amb SATsolvers. Addicionalment segueixen l'explicació del professor, fan preguntes, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5

Competències relacionades:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinar i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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: 26h

Aprentatge autònom: 14h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprentatge del tema Definició de la Lògica de Primer Ordre

Descripció:

Els estudiants fan els exercicis proposats, segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5

Competències relacionades:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinar i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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: 22h

Aprentatge autònom: 12h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 4h

Examen parcial

Descripció:

Examen parcial escrit sobre la primera meitat de la materia de teoria. Es fa en hores de classe.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5

Competències relacionades:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinar i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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: 10h

Aprenentatge autònom: 8h

Activitats dirigides: 2h

Aprenentatge del tema Deducció en Lògica de Primer Ordre

Descripció:

Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per modelar i resoldre problemes amb aquesta lògica. Segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5

Competències relacionades:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinar i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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: 20h

Aprenentatge autònom: 12h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprentatge del tema Programació Lògica

Descripció:

Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per resoldre problemes. Segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.

Objectius específics:

4, 5, 6

Competències relacionades:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinar i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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: 19h

Aprentatge autònom: 10h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprentatge del tema Programació amb restriccions

Descripció:

Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per resoldre problemes industrials reals: assignació de recursos, confecció d'horaris. Segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.

Objectius específics:

5, 6

Competències relacionades:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinar i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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

Aprentatge autònom: 6h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 6h

Examen final

Descripció:

Examen escrit, amb dos parts, sobre les dues meitats de la matèria de teoria.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 6

Competències relacionades:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinar i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. 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: 16h

Aprenentatge autònom: 14h

Activitats dirigides: 2h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Hi haurà un nota de teoria T amb un pes del 60%, obtinguda calculant la mitjana entre la primera meitat de la matèria (T1) i de la resta (T2). Aquestes notes s'obtenen amb dos exàmens escrits: el parcial (P) sobre la matèria de T1, i el final, sobre T1 i T2. La nota de l'examen parcial allibera d'examinar-se de T1 a l'examen final, i en tot cas comptarà la millor nota de T1 entre la del parcial i la del final.

La nota de laboratori (40%) s'obtindrà fent la mitjana de les notes de dos petits exàmens davant de l'ordinador. Aquests exàmens avaluaràn la capacitat de l'estudiant de realitzar els exercicis fets a les sessions de laboratori, i normalment consistiran en fer alguna extensió d'alguna pràctica lliurada prèviament pel mateix estudiant.

A com a mínim dues preguntes de cada exàmen escrit, i a com a mínim dos dels exercicis de laboratori a entregar, a banda de la nota normal de la pregunta o exercici, adicionalment es donarà una nota de la competència transversal de Raonament.

La mitjana aritmètica de totes les notes de la competència transversal donarà una nota de 0 a 10 que es traduirà a A/B/C/D segons els intervals [0,5) -> D, [5,6) -> C, [6,8) -> B, [8,10] -> A.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Farré, R. [et al.]. Lógica para informáticos. Marcombo, 2011. ISBN 9788426716941.
- Schöning, U. Logic for computer scientists. Boston, MA: Birkhäuser, 2008. ISBN 9780817647636.

Complementària:

- Rossi, F.; van Beek, P.; Walsh, T. Handbook of constraint programming. Amsterdam: Elsevier, 2006. ISBN 0444527264.
- Journal of the ACM (JACM).
- Heule, Marijn; Walsh, Toby; van Maaren, Hans; Biere, Armin. Handbook of satisfiability [en línia]. Second edition. Washington: IOS Press, 2021 [Consulta: 07/03/2025]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=28617772>. ISBN 9781643681603.

RECURSOS

Enllaç web:

- <http://www.cs.upc.edu/~li>. web principal de l'assignatura