



Guía docente

270087 - CBDE - Conceptos para Bases de Datos Especializadas

Última modificación: 13/07/2023

Unidad responsable: Facultad de Informática de Barcelona

Unidad que imparte: 747 - ESSI - Departamento de Ingeniería de Servicios y Sistemas de Información.

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA (Plan 2010). (Asignatura optativa).

Curso: 2023

Créditos ECTS: 6.0

Idiomas: Catalán, Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: OSCAR ROMERO MORAL

Otros: Primer quadrimestre:

SERGI NADAL FRANCESCH - 11, 12

ANNA QUERALT CALAFAT - 11, 12

OSCAR ROMERO MORAL - 11, 12

CAPACIDADES PREVIAS

Es pressuponen coneixements en disseny físic de sistemes centralitzats, específicament en transaccions ACID i optimització física de consultes.

Ser capaç de llegir i entendre materials en anglès.

REQUISITOS

- Pre-requisito DBD

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

CES1.2. Dar solución a problemas de integración en función de las estrategias, de los estándares y de las tecnologías disponibles.

CES1.5. Especificar, diseñar, implementar y evaluar bases de datos.

CES1.6. Administrar bases de datos (CIS4.3).

CES3.2. Diseñar y gestionar un almacén de datos (data warehouse).

CT2.4. Demostrar conocimiento y capacidad de aplicación de las herramientas necesarias para el almacenaje, el procesamiento y el acceso a los Sistemas de información, incluidos los basados en web.

Genéricas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.



METODOLOGÍAS DOCENTES

A les hores de teoria el professor exposa els conceptes corresponents a algun dels continguts. Varies de les sessions de teoria disposen de material addicional que l'alumne haurà de llegir abans de la sessió. Els dubtes que puguin sorgir al llegir aquest material es resoldran per part del professor o pels propis companys, mitjançant activitats d'aprenentatge cooperatiu, a les sessions de teoria. Alguns conceptes d'alguns continguts no són discutits pel professor sinó que els estudiants han de treballar materials que el professor haurà publicat al campus virtual (en aquest cas, caldrà resoldre petits qüestionaris que es trobaran al campus virtual).

Els laboratoris es treballen en parelles i es presenten durant una setmana i s'entreguen a la següent. A la primera sessió el professor introduceix el tema i l'objectiu de la pràctica. Els estudiants comencen a fer la pràctica i resolen els seus dubtes amb el professor. A la segona sessió es fa l'entrega.

El curs també té una component d'auto-aprenentatge, donat que hauran de treballar amb gestors no relacionals. A part del material de suport, han de ser capaços de resoldre dubtes o problemes d'us amb aquests gestors. S'activarà un forum per tal de promoure la discussió entre alumnes.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

1. Enumerar, discutir i justificar amb detall els colls d'ampolla dels gestors relacionals enfront de sistemes d'emmagatzematge massius (de dades o processament).
2. Enumerar els pros i contres de tenir / no tenir un model únic de referència que s'adapti a tots els possibles escenaris d'emmagatzemament.
3. Enumerar, discutir i justificar amb detall els principis que comparteixen els nous sistemes d'emmagatzematge no relacionals.
4. Donat un escenari concret, amb uns requeriments d'usuari (parcials o totals), identificar quines característiques dels gestors relacionals actuarien com a coll d'ampolla (si cap) i enraonar quin gestor (o gestors) d'emmagatzematge alternatiu als relacionals és més adient.
5. Especificar i dissenyar arquitectures no relacionals que satisfacin els requeriments de qualsevol escenari.
6. Mantenir i evolucionar arquitectures no relacionals per adaptar-les a l'evolució dels requeriments d'usuari.
7. Donats uns sistemes d'emmagatzemament ja existents, analitzar, justificar i classificar els (possibles) problemes d'integració.
8. Especificar, dissenyar i crear processos de migració de dades (o processos ETL).
9. Donat un nivell de qualitat de dades, portar a terme migracions de dades entre sistemes que garanteixin el nivell de qualitat demanat.
10. Capacitat de treball en grup.
11. Capacitat de treball en situacions de falta d'informació.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	30,0	20.00
Horas actividades dirigidas	6,0	4.00
Horas aprendizaje autónomo	84,0	56.00
Horas grupo grande	30,0	20.00

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

Introducció

Descripción:

Paradigma one size fits all. Colls d'ampolla de les bases de dades relacionals. Els sistemes distribuïts no relacionals con a soluciò. Nous reptes i oportunitats.



Fonaments de bases de dades distribuïdes

Descripción:

Les noves arquitectures de bases de dades tenen un tret en comú: la distribució de les dades com a estratègia per afrontar volums ingents de dades. Aquest bloc es divideix en quatre grans apartats:

- 1) Introducció: Taxonomia de bases de dades distribuïdes. Arquitectures. Disseny de bases de dades distribuïdes (fragmentació i replicació). Mesures d'escalabilitat.
- 2) Optimització de consultes en sistemes distribuïts: Optimització semàntica, sintàctica i física de consultes. Paral·lelisme. Bases de dades paral·leles.
- 3) Concurrència en sistemes distribuïts: Extensions del mòdul de concurrència d'un sistema centralitzat per adaptar-ho a entorns distribuïts. CAP theorem. Two-phase locking. Multi-versió. Time-stamping. Tècniques optimistes. Eventually consistent.
- 4) Recuperació en sistemes distribuïts: Extensions del mòdul de recuperació d'un sistema centralitzat per adaptar-ho a entorns distribuïts. Checkpointing. Multi-level recovering. ARIES. 2-phase commit protocol. 3-phase commit protocol.

NOSQL

Descripción:

Sota l'etiqueta NOSQL trobem els nous sistemes distribuïts que relaxen tots (o alguns) dels colls d'ampolla del model relacional en entorns distribuïts. En aquest curs presentem una classificació d'aquests sistemes segons quina (o quines) característiques del model relacional relaxen i en veiem els 5 més rellevants:

- 1) Object-oriented databases. Introducció i assumptions. Model de dades. Escalabilitat. Llenguatges d'alt nivell. La primera extensió del model relacional: object-relational databases. Similituds i diferències.
- 2) Column-oriented stores. Introducció i assumptions. Model de dades. Escalabilitat. Llenguatges d'alt nivell. Extensions relacionals DSS.
- 3) Key-value stores. Introducció i assumptions. Model de dades. Escalabilitat. Llenguatges d'alt nivell. MapReduce.
- 4) Document-stores. Introducció i assumptions. Model de dades. XML databases. Escalabilitat. Llenguatges d'alt nivell.
- 5) Graph databases. Introducció i assumptions. Model de dades. RDF i triple stores. Escalabilitat. Llenguatges d'alt nivell.

Integració de dades

Descripción:

El trencament del paradigma one size fits all comporta la co-existència de diferents gestors de bases de dades, cadascun especialitzat en un tipus d'escenari (inclus d'escenaris dintre del mateix sistema) amb unes característiques concretes. Integrar (per creuar, analitzar, homogenitzar, etc.) dades provinents de diferents sistemes és, avui dia, un repte. En aquest bloc ens centrem en com resoldre la integració de dades a nivell d'esquema:

- 1) Introducció: Tipus d'heterogeneïtats. Arquitectures: LAV, GAV, GLAV, Mediators, Peer-to-peer, Ontology-based data access.
- 2) Processos ETL: Originalment associats als magatzems de dades, avui dia tenen un àmbit més general i són sinònims de migració de dades entre sistemes (normalment heterogenis). El punt anterior afronta l'heterogeneïtat a nivell d'esquema, mentre que els processos ETL ho fan a nivell d'instància. Conceptes bàsics. Extracció, transformació i càrrega. Operadors ETL.
- 3) Molt lligat amb la integració de dades, diferents sistemes requereixen diferent nivell de qualitat de les dades, i això impacta directament en el nombre de transformacions a aplicar a les dades durant els processos de migració. Introducció. Causes. Mètodes i tècniques. Avaluació de la qualitat.



ACTIVIDADES

Sessió 1: Motivació i introducció als sistemes NOSQL (més enllà de la tecnologia relacional).

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

1, 2, 3

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Sessió 2: Fonaments dels sistemes de bases de dades distribuïts

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

3

Dedicación: 4h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

Sessió 2.1: Optimització de consultes en sistemes distribuïts

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

1, 3

Dedicación: 4h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

Sessió 2.2: Concurrència en sistemes distribuïts

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

1, 3, 4

Dedicación: 4h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h



Sessió 2.3: Recuperació en sistemes distribuïts

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

1, 3, 4

Dedicación: 4h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

Sessió 3.1: Key-value stores

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

4, 5, 6

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Sessió 3.2: MapReduce

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

4, 6, 7, 8

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Sessió 3.3: Document-stores

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

4, 5, 6

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h



Sessió 3.4: Object-relational

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

2

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 1h

Sessió 3.5: Graph databases

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

4, 5, 6

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Sessió 3.6: Column-store databases

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

4, 5, 6

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Sessió 4: Integració de dades

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

2, 7

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h



Sessió 4.1: Qualitat de les dades

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

2, 8, 9

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Sessió 4.2: Processos ETL

Descripción:

Ve a classe i escolta. S'espera una actitud activa per part de l'alumne, ja sigui preguntant sobre els materials disponibles del tema, així com preparant i participant activament en les activitats d'aprenentatge actiu que s'aniran introduint durant el curs.

Objetivos específicos:

2, 8

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Lab 1: Pràctica sobre la teoria dels sistemes distribuïts

Objetivos específicos:

1, 3, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 8h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 5h

Lab: Key-value stores (part 1)

Objetivos específicos:

4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 13h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h



Lab: Key-value stores (part 2)

Objetivos específicos:

4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 11h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 8h

Lab: Document-stores (part 1)

Objetivos específicos:

4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 13h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

Lab: Document-stores (part 2)

Objetivos específicos:

4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 11h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 8h



Lab: Object-relational Vs. Object-relational databases (part 1)

Objetivos específicos:

2, 4, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 7h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 4h

Lab: Object-relational Vs. Object-relational databases (part 2)

Objetivos específicos:

2, 4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 7h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 4h

Lab: Graph databases (part 1)

Objetivos específicos:

4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 9h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 6h



Lab: Graph databases (part 2)

Objetivos específicos:

4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 13h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

Lab 6: Simulació de column-oriented DBs

Objetivos específicos:

4, 5, 6, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 13h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

Examen final

Descripción:

Examen final que incluye todos los contenidos de la asignatura

Objetivos específicos:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

Competencias relacionadas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

Dedicación: 8h

Actividades dirigidas: 2h

Aprendizaje autónomo: 6h



SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Nota final = 70% min(10,P) + 20%EX + 10%C

EX = nota de l'examen final

P = promig ponderat de les notes dels qüestionaris i de les sessions de laboratori

C = evaluació entre companyys

Càcul de P:

1) Multiplicar la nota obtinguda a cadascuna de les activitats per un pes igual a 1, 2, 4 o 8 (depenent del contingut de l'activitat en qüestió)

2) Dividir la suma d'aquests valors per la suma de pesos assignats menys el 10%

Càcul de C: els estudiants tindran diverses parelles durant el semestre. Al final hauran de valorar-les segons 5 criteris: contribucions, abilitat per resoldre problemes, actitud, preparació, treball en equip i concentració. Prencent com a base aquestes valoracions, el professor assignarà la nota.

La qualificació de la competència transversal "Actitud adequada davant el treball" serà A (competència superada amb excel.lència), B (competència superada al nivell desitjat), C (competència superada a un nivell suficient) o D (competència no superada). Aquesta nota es computa com la mitja ponderada de C i la nota d'actitud recollida pel professor (participació en les activitats dirigides a classe i grau d'autonomia a l'hora de preparar les sessions NOSQL).

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Garcia-Molina, Hector; Ullman, Jeffrey D; Widom, Jennifer. Database systems: the complete book. Second edition, Pearson new international edition. Harlow, Essex: Pearson Education Limited, [2014]. ISBN 9781292024479.
- Ozsü, M.T.; Valduriez, P. Principles of distributed database systems. 4th ed. New York: Springer, 2020. ISBN 9783030262525.
- Sadalage, P.J.; Fowler, M. NoSQL distilled: a brief guide to the emerging world of polygot persistence. Boston, Mass. ; London: Addison-Wesley, 2013. ISBN 978-0321826626.
- Abiteboul, S. Web data management. Cambridge University Press, 2012. ISBN 978-1107012431.

Complementaria:

- Liu, L.; Özsü, Tamer, M. (eds.). Encyclopedia of database systems [en línia]. New York ; London: Springer, 2009 [Consulta: 27/07/2023]. Disponible a: <https://link.springer.com/recursos.biblioteca.upc.edu/referencework/10.1007/978-0-387-39940-9>. ISBN 9780387399409.
- Plattner, H.; Zeier, A. In-memory data management: technology and applications. 2nd ed. Springer, 2012. ISBN 978-3642295744.