

Anàlisi Espacial

Codi: 43379

Crèdits: 9

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
4314828 Teledetecció i Sistemes d'Informació Geogràfica	OB	0	1

Professor/a de contacte

Nom: Xavier Pons Fernandez

Correu electrònic: xavier.pons@uab.cat

Utilització d'idiomes a l'assignatura

Llengua vehicular majoritària: espanyol (spa)

Altres indicacions sobre les llengües

Aproximadament el 25% de las classes són en català i el 75% en castellà. La major part de bibliografia és en llengua anglesa.

Equip docent

Joan Pino Pino Vilalta

Lluís Pesquer Mayos

Pere Serra Ruiz

Equip docent extern a la UAB

Oscar Mora

Prerequisits

No es requereixen requisits previs

Objectius

Al finalitzar l'assignatura, l'alumne/a serà capaç de:

Dominar a nivell pràctic les diferents eines relacionades amb la interpolació i l'anàlisi del terreny.
Utilitzar les principals aplicacions per a la generació de nova informació a partir de dades SIG.
Identificar els conceptes associats a l'anàlisi espacial, les seves aplicacions i les seves limitacions.

Competències

- Analitzar i explotar dades geogràfiques de diferents fonts per generar nova informació a partir de dades ja existents.
- Dissenyar i aplicar una metodologia d'estudi, basada en els coneixements adquirits, per a un cas d'ús específic.

- Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, tot i ser incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
- Que els estudiants sàpiguin comunicar les seves conclusions, així com els coneixements i les raons últimes que les fonamenten, a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.
- Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit.
- Redactar, presentar i defensar públicament un treball realitzat individualment o en equip en un context científic i professional.
- Utilitzar diferents programaris especialitzats de SIG i teledetecció, així com altres programaris relacionats.
- Utilitzar diferents tècniques i conceptes per a la generació d'informació útil en l'anàlisi espacial.

Resultats d'aprenentatge

1. Dissenyar i aplicar una metodologia d'estudi, basada en els coneixements adquirits, per a un cas d'ús específic.
2. Dominar a nivell pràctic les diferents eines relacionades amb la interpolació i l'anàlisi del terreny.
3. Explotar dades geogràfiques mitjançant àlgebra de mapes, combinació de capes, anàlisi de xarxes i altres tècniques i saber prendre decisions adequades i justificades en funció de cada problemàtica i dels coneixements adquirits.
4. Identificar els conceptes associats a l'anàlisi espacial, les seves aplicacions i les seves limitacions.
5. Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, tot i ser incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
6. Que els estudiants sàpiguin comunicar les seves conclusions, així com els coneixements i les raons últimes que les fonamenten, a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.
7. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit.
8. Redactar, presentar i defensar públicament un treball realitzat individualment o en equip en un context científic i professional.
9. Utilitzar les principals aplicacions per generar nova informació a partir de dades SIG.

Continguts

ANÀLISI EN SIG

1. Conceptes generals de l'Anàlisi en SIG
 - 1.1. Introducció
 - 1.2. Especificacions respecte el model de dades
 - 1.3. Anàlisi combinat ràster-vector
2. Combinació analítica de capes
 - 2.1. Variants i possibilitats
 - 2.2. Superposició vectorial
 - 2.3. Transferència d'atributs.
 - 2.4. Creuament tessel·lat categòric.
3. Àlgebra de mapes
 - 3.1. Condicions prèvies
 - 3.2. Característiques
 - 3.3. Tractament del NODATA
 - 3.4. Anàlisi multicriteri

4. Propagació d'errors
 - 4.1. Criteris de qualitat geomètrica
 - 4.2. Criteris de qualitat temàtica
 - 4.3. Eliminació de resultats per criteris d'insignificància geogràfica
5. Anàlisi del paisatge
 - 5.1. Introducció al marc conceptual i metodològic de l'ecologia del paisatge
 - 5.2 Càlcul i anàlisi d'índexs del paisatge a diverses escales mitjançant el programari FRAGSTATS
 - 5.3. Anàlisi de la connectivitat ecològica del paisatge amb el programari CONEFOR
6. Interpolació espacial
 - 6.1. Conceptes
 - 6.2. Polígons de Thiessen
 - 6.3. Superfícies de tendència
 - 6.4. Kriging
7. Regressió logística
 - 7.1. Característiques
 - 7.2. Aplicacions espacials
 - 7.3. Limitacions i ajustos de models
- 8 Anàlisi de distàncies
 - 8.1 Distàncies cartesianes i distàncies geodèsiques
 - 8.2 Generació de mapes continus i de buffers
 - 8.3 Distàncies anisòtropes i anàlisi decostos
 - 8.4 Introducció a l'anàlisi de xarxes

MODELS DIGITALS DEL TERRENY

1. Conceptes
 - 1.1. Conceptes fonamentals i terminologia (MDT, MDE, MDS, etc)
 - 1.2. Models de dades: ràster, TIN, isolínies, etc
 - 1.3. Dàtum vertical i geoide
2. Captació de dades. Primària (en camp, fotogrametria, lidar, InSAR, etc) i Secundària
3. Generació del MDT
 - 3.1. Interpolació a partir de punts: Invers de la distància ponderada (IDW), splines, kriging
 - 3.2. Interpolació a partir d'isolínies
 - 3.3. Generació de models TIN
4. Qualitat del MDT
 - 4.1. Qualitat altimètrica
 - 4.2. Control de l'error en el MDT
 - 4.3. Propagació del l'error en els models derivats
5. Models derivats
 - 5.1. Pendants, orientacions, curvatures, etc
 - 5.2. Conques hidrogràfiques, xarxa de drenatge
 - 5.3. Il·luminacions, ombrejats i radiació solar
6. Aplicacions
 - 6.1. Recordatori d'aplicacions en el processament d'imatges de Teledetecció: rectificació geomètrica i radiomètrica d'imatges
 - 6.2. Perfils topogràfics i anàlisi de visibilitat
 - 6.3. Perspectives tridimensionals

INTERFEROMETRIA

1. Introducció
 - 1.1. Sensors d'imatge
 - 1.2. Finestra espectral
 - 1.3. Missions SAR (Radar d'Apertura Sintètica)
2. El concepte SAR
 - 2.1. Radar clàssic
 - 2.2. Conceptes tècnics del SAR
3. La imatge SAR
 - 3.1. Característiques espectrals i de reflexió
 - 3.2. Distorsions geomètriques
 - 3.3. Georeferenciació
4. Interferometria SAR (InSAR)
 - 4.1. Formulació bàsica
 - 4.2. Coherència i fonts de soroll
 - 4.3. Com crear una Mapa d'Elevacions del Terreny (MET) amb InSAR
5. Interferometria Diferencial SAR (DInSAR)
 - 5.1. Formulació bàsica
 - 5.2. Com crear un mapa de moviments del terreny amb DInSAR
 - 5.3. Característiques dels productes DInSAR
6. Tècniques PSI (Persistent Scatterer Interferometry)
 - 6.1. Conceptes bàsics
 - 6.2. Components del processador PSI
 - 6.3. Dispersors puntuals i superficials
 - 6.4. Exemples de mesures de moviments del terreny amb PSI

Metodologia

Les activitats dirigides consisteixen en classes de teoria i pràctiques que es realitzaran en una aula d'informàtica especialitzada. A l'inici de cadascuna de les matèries que formen el mòdul els docents explicaran l'estructura dels continguts teórico-pràctics, així com el mètode d'avaluació.

Les activitats supervisades consisteixen en pràctiques d'aula que permetran elaborar els treballs i exercicis de cada matèria, així com sessions de tutories amb els docents en cas que els estudiants ho sol·licitin.

Les activitats autònomes són el conjunt d'activitats relacionades amb l'elaboració de treballs, exercicis i exàmens, com ara l'estudi de diferent material en forma d'articles, informes, dades, etc., definides segons les necessitats de treball autònom cada estudiant.

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			
Classes magistrals / expositives	51	2,04	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Tipus: Supervisades			
Presentació oral	1	0,04	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Pràctiques d'aula	58	2,32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Tutories	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Tipus: Autònomes			
Elaboració de treballs	94	3,76	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Estudi personal	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Lectura d'articles i informes d'interés	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Avaluació

L'avaluació d'aquesta assignatura consta del següent sistema:

a) La realització de 2 exàmens (un examen i una presentació oral), que valdran entre un 60 i un 70% de la nota final i que inclouran la matèria teòrica i pràctica realitzada.

b) La realització de diferents treballs pràctics proposats al llarg de la docència del mòdul i lliurats dins del termini fixat, que valdran entre un 30 i un 40% de la nota final. Es valorarà una presentació formal correcta i una elaboració acurada.

Aspectes a tenir en compte.

- L'assistència continuada a classe és altament recomanable pel correcte seguiment de les assignatures. Només en casos d'impossibilitat física d'assistència presencial el seguiment en *streaming* està justificat, ja que una part important de les experiències i aprenentatges s'assoleixen plenament amb el contacte amb el professorat i els companys de classe.

- En cas d'haver de lliurar treballs pràctics, aquest lliurament cal fer-lo dins dels terminis previstos perquè siguin avaluats.

- En el moment de realització de cada activitat avaluativa, l'Equip docent informarà l'alumnat del procediment i data de revisió de les qualificacions.

Recuperació.

- En cas que no s'hagi assolit una nota mínima de 5 sobre 10 s'haurà de recuperar l'activitat d'avaluació. La possibilitat de recuperació és única.

- L'Equip docent corresponent informarà de la data assignada per a realitzar/lliurar l'activitat d'avaluació.

Còpies i plagis.

- Les còpies fan referència a les evidències de que el treball o l'examen s'ha fet en part o totalment sense contribució intel·lectual de l'autor. En aquesta definició s'hi inclouen també les temptatives provades de còpia en exàmens lliuraments de treballs i les violacions de les normes que n'asseguren l'autoria intel·lectual. Els plagis fan referència als treballs i textos d'altres autors que es fan passar com a propis. Són un delictes contra la propietat intel·lectual. Per evitar incórrer en plagi, citeu les fonts que feu servir a l'hora d'escriure l'informe d'un treball. D'acord amb la normativa de la UAB, tant còpies com plagis o qualsevol intent d'alterar el resultat de l'avaluació, pròpia o aliena -deixant copiar, per exemple- impliquen una nota de la part corresponent (teoria, problemes, pràctiques) de 0 i, en aquest cas, un suspès de l'assignatura, sense que això limiti el dret a emprendre accions en contra dels qui hi hagin participat, tant a l'àmbit acadèmic com en el penal. Vegeu documentació de la UAB sobre "plagi": http://wuster.uab.es/web_argumenta_obert/unit_20/sot_2_01.html

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
-------	-----	-------	------	--------------------------

Elaboració de treballs	40%-60%	0	0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Examen teòric i presentació oral	60%-70%	1	0,04	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Bibliografia

ANÀLISI EN SIG

Manuals

- Barredo, J.I. (1996) "Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio" Ra-ma. Madrid.
- Bonham-Carter, G.F. (1994) "Geographic information systems for geoscientists modelling with GIS" Pergamon. Kidlington. 398 p.
- Burrough, P.A. i R.A. McDonnell (1998) "Principles of Geographical Information Systems" Oxford University Press. 333 p.
- Cebrián, J.A. (1992) "Información geográfica y sistemas de información geográfica (SIGs)" Servicio de publicaciones. Universidad de Cantabria. Santander. 85 p.
- Chilès, J.-P., Delfiner, P.(1999). Geostatistics: Modelling Spatial Uncertainty. Wiley, New York, 687 p.
- Cressie N.A.C. (1993) "Statistics for SpatialData" (Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics) John Wiley & Sons New York 900 p.
- Fischer, M.M. i P.Nijkamp (eds.) (1993) "Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation" Springer-Verlag. Berlin. 280 p.
- Forman R.T.T. (1995). "Land mosaics. The ecology of landscapes and regions" Cambridge University Press, Cambridge.
- Fotheringham, S. y P. Rogerson (eds.) (1994) "Spatial analysis and GIS" Taylor & Francis. London. 281 p.
- Gámir, A, M. Ruiz y J.M. Seguí (1995) "Prácticas de análisis espacial" Oikos-Tau. Barcelona. 384 p.
- Geoderma (1994). El volum 62 de la revista és un especial dedicat a interpolació espacial.
- Jovell, A.J. (1995). "Análisis de regresión logística. Cuadernos metodológicos", 15. Madrid, Centro de Investigaciones Sociológicas
- Kitanidis P.K. (1997) "Introduction to geostatistics: applications to hydrogeology". Cambridge University Press. 249 p.
- Kleinbaun, D.G. (1994). "Logistic regression". New York, Springer-Verlag.
- Laurini, R. i Tompson, D.(1992) "Fundamentals of Spatial Information Systems" Academic Press. Londres. 680 p.
- Lloyd, C. D. (2006) "Local Models for Spatial Analysis", CRC Press, Belfast, 244 p.
- Maguire, D.J., M.F. Goodchild i D.W. Rhind (eds.) (1991) "Geographical Information Systems. Principles and Applications" 2 Vol. Longman Scientific & Technical. Essex. 649+447 p.
- McGarigal, K., S.A. Cushman, i E. Ene. (2012) "FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst". Disponible a: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- O'Sullivan, D.and D. Unwin,(2002) "Geographic Information Analysis". John Wiley & Sons, Hoboken New Jersey, 436 p..
- Pavlidis, T. (1982) "Algorithms for graphics and image processing." Springer-Verlag. Berlin. p. 180-189.
- Santos Preciado, J.M, Cocero D. (2006) "Los SIG ráster en el campo medioambiental y territorial. Ejercicios prácticos con Idrisi y MiraMon" UNED. Madrid. 167 p.
- Santos Preciado, J.M. (2004) "Funcionamiento del programa MiraMon. Aplicación para la realización de ejercicios prácticos de carácter medioambiental y/o territorial. Cuaderno de Prácticas". UNED. Madrid. 430 p.
- Tomlin, C.D. (1990) "Geographic Information Systems and Cartographic Modeling", Prentice Hall. Englewood Cliffs. 249 p.
- Worrall, L. (1991) "Spatial analysis and spatial policy using geographic information systems edited" Belhaven. London. 236 p.

Articles

- Aangeenbrug, R.T. (1991) "A critique of GIS" In Maguire, D.J., M.F. Goodchild, y D.W. Rhind (eds.) "Geographical Information Systems. Principles and Applications" Vol 1. Longman Scientific & Technical. Essex. p. 101-107.

- Anselin, L. (1995) "Local Indicators of Spatial Association - LISA," *Geographical Analysis* 27(2): 93-115.
- CooperW. i C. Jarvis (2004) "A Java-base intelligent advisor for selecting a context-appropriate spatial interpolation algorithm" *Computers & GeoSciences*, 30:1003-1018.
- Curtin, K.M. (2007) "Network analysis in geographic information science: Review, assessment, and projections", *Cartography and Geographic Information Systems*, 34(2),103-111.
- Ding Y., Fotheringham A.S. (1992) "The integration of spatial analysis and GIS" *Comput., Environ. and Urban Systems*, 16: 3-19.
- Forman, R.T.T. (1995) "Some General Principles of Landscape and Regional Ecology" *Landscape Ecology*, 10: 133-142
- Franke R. (1982), "Scattered data interpolation: tests of some methods", *Mathematics of Computation*, 38: 181-199.
- Getis A. Ord J.K. (1992). "The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics". *Geographical Analysis* 24 (3).
- Grimes, D. I. F. and Pardo-Igúzquiza, E. (2010) "Geostatistical Analysis of Rainfall". *Geographical Analysis*, 42: 136-160. doi: 10.1111/j.1538-4632.2010.00787.x
- Goodchild M.(2004) "A general framework fo error analysis in measurement-based GIS" *J. Geograph. Syst.* 6:323-324.
- Hancock, P.A., Hutchinson, M.F., Spatial interpolation of large climate data sets using bivariate thin plate smoothing splines. *Environmental Modelling and Software* 21, 1684e1694, 2006.
- Hengl T. (2006) "Finding the right pixel size". *Computers & Geosciences* (vol. 32, Pag 1283-1298).
- Kratzera, J. F, Hayesa D. B., Thompson B E (2006) "Methods for interpolating stream width,depth, and current velocity" *Ecological modelling*, 196: 256-264
- Li, J., Heap A.D. (2011) "A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors" . *Ecological Informatics* 6: 228 - 241.
- Limin J.,Yaolin L.(2012) Analyzing the spatial autocorrelation of regional urban datum land price. *Geo-spatial Information Science* 15(4), 263-269.
- Mitasova, H., Mitas, L. (1993) "Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation" *Mathematical Geology* 25:641-656.
- Mitasova, H., Hofierka, L. (1993) "Interpolationby regularizedspline with tension: II. Application to terrain modeling and surface geometry analysis" *Mathematical Geology*, 25: 657-667.
- Malczewski, J. (2006). "GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature". *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- Mordechai H. "Map Calculus in GIS: a proposal and demonstration" *Int. J. Geographical Information Science* (vol. 18, no. 2).
- Narumalami, S., Jensen, J.R., Althausen, J.D., Burkhalter, S., Mackey, H.E (1997). "Integration of GIS and logistic multiple regression for aquatic macrophyte modeling" *PERS*, 63(1): 41-49.
- Oliver, M. A., Webster, R. (1990), Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Science*, 4(3): 313 - 332
- Pardo-Igúzquiza E. i P.M. Atkinson (2007) "Modelling the semivariograms and cross-semivariograms required in downscaling cokriging by numerical convolution-deconvolution". *Computers & GeoSciences*, 33:1273-1284.
- Pesquer L., Cortés A., Pons X. (2011) "Parallel ordinary kriging interpolation incorporating automatic variogram fitting". *Computers & Geosciences*, 37, 464-473.
- Pino J., Rodà F. (1999). "L'ecologia del paisatge: un nou marc de treball per a la ciència de la conservació". *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 67: 5-20.
- Pino, J., Rodà, F., Basnou, C., Guirado, M, (2008) "Canvis en la superfície i el grau de fragmentació del bosc a la plana del Vallès entre els anys 1993 i 2000". *Documents d'AnàlisiGeogràfica*, 51: 59-77.
- Saura, S. Torné, J. (2009) "Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity" *Environmental Modelling &Software*, 24: 135-139.
- Shoji T. Kitaura H. (2006) "Statistical and geostatistical analysis of rainfall in central Japan" *Computers & Geosciences* (vol. 32, no 8, Pag 1005-1234).
- Turner, H. (2005) "Landscape ecology: what is the state of the science?" *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 36: 319-344.
- Varas, A. J. (2002). "Modeling the potential distribution of forests with a GIS". *PERS*, 68(5): 455-461.

MODELS DIGITALS DEL TERRENY

Manuals

- Bonham-Carter, G.F. (1994) "Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS" Pergamon, 398 p.

Burrough, P.A. i R.A. McDonnell (1998) "Principles of Geographical Information Systems" Oxford University Press. Oxford. 333 p.

Depraetere C. (1992) "DEMIURGE: Chaîne de production et de traitement des MNT" ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie. Paris. 225 p.

Eastman, J.R. (2001) "IDRISI32 Release 2: Guide to GIS and Image Processing". Clark University . Worcester. (2 vol.) 161+144 p.

Geoderma (1994). El volum 62 de la revista és un especial dedicat a interpolació espacial.

Felícísimo, Á.M. (1994) "Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales" Biblioteca de Historia Natural, 3. Pentalfa Ediciones. Oviedo. 220 p.

Fra, U. (2011) "Diccionari terminològic de fotogrametria" Enciclopèdia Catalana i Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona. 350 p.

Kitanidis P.K. (1997) "Introduction to geostatistics: applications to hydrogeology". Cambridge University Press. 249 p.

Martínez-Casasnovas, J.A. (1999) "Modelos digitales de terreno: Estructuras de datos y aplicaciones en el análisis de formas del terreno y en Edafología" QUADERNS DMACS Núm. 25, Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida, Lleida.

Maune, D.F. (2007) "Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual" American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Bethesda. 620 p. + DVD. (1ª edició: 2001)

Mitas, L., Mitasova, H. (1999) "Spatial Interpolation". In: Longley, P., M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W. Rhind (Eds.), Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, Wiley, p. 481-492.

PE&RS (2006) . El volum 72, número 3 corresponent al mes de març, de la revista és un especial dedicat a Shuttle Radar Topography Mission.

Pons, X., Arcalís, A. (2012) "Diccionari terminològic de teledetecció" Enciclopèdia Catalana i Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona. 597 p.

Renslow, M. (2012) "Manual of Airborne Topographic Lidar" ASPRS, 528 p.

Wilson, John P.; Gallant, John C. (2000) "Terrain Analysis. Principles and Applications." John Wiley & Sons: New York. 479 p

Articles

Achilleos, G.A. (2011) "The Inverse Distance Weighted interpolation method and error propagation mechanism - creating a DEM from an analogue topographical map" Journal of Spatial Science, 56(2):283-304.

Aguilar, F.J., Aguilar, M.A., Agüera, F. (2007) "A Theoretical Approach to Modeling the Accuracy Assessment of Digital Elevation Models" PE&RS, 73(12):1367-1379.

Aguilar, F.J., Agüera, F., Aguilar, M.A., (2007) "Accuracy assessment of digital elevation models using a non-parametric approach" Int. J. Geographical Information Science, 21(6):667-686.

Arnold, J.G., Moriasi, D.N., Gassman, P.W., Abbaspour, K.C., White M. J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R.D., van Griensven A., Van Liew, M. W., Kannan, N., Jha, M.K. (2012) SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. Transactions of the ASABE, 55(4):1491-1508.

Baella, B., Pla, M. (2002) "Some generalization practices on relief representation derived from the Topographic Database of Catalonia at scale 1:5000" Institut Cartogràfic de Catalunya
http://www.icc.es/pdf/bienni0102/I_cartografia/pla.pdf.

Carrara, A., Bitelli, G., Carala, R. (1997) "Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines" Int. J. Geographical Information Science, 11(5):451-473.

Chen, Q. (2007) "Airborne Lidar Data Processing and Information Extraction" PE&RS, 73(2):109-112. [bon article introductori].

Chen, C., Li, Y., Cao, X., Dai, H. (2014) "Smooth Surface Modeling of DEMs Based on a Regularized Least Squares Method of Thin Plate Spline". Mathematical Geosciences, 46:909-929.

Chou, Y.H., Liu, P.S., Dezzani R.J. (1999) "Terrain complexity and reduction of topographic data" Journal of Geographical Systems, 1(2):179-198.

Douglas, D.H. (1983) "The XYNIMAP family of programs for geographic information processing and thematic map production" In: Wellar, B.S., (Ed.) Auto-Carto Six, International Symposium on Automated Cartography 6th, Ottawa Canada, Proceedings: II:2-14.

Douglas, D.H. (1986) "Experiments To Locate Ridges And Channels To Create A New Type Of Digital Elevation Model" Cartographica, 23(4):29-61.

Felgueiras, C., Goodchild, M.F. (1995) "Two Papers on Triangulated Surface Modeling". "A comparison of three tin surface modeling methods and associated algorithms" and "An incremental constrained Delaunay triangulation". National Center for Geographic Information and Analysis. University of California, Santa

Barbara. Technical Report 95-2. 47 p.

Felícisimo, Á.M. (1994) "Parametric statistical method for error detection in digital elevation models" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 49(4):29-33.

Felícisimo, Á.M. (1995) "Error propagation analysis in slope estimation by means of digital elevation models" *Proceed. 17th Internat. Cartographic Conference*, 1:94-98. Barcelona.

Ferraz, A., Bretar, F., Jacquemoud, S., Gonçalves, G. (2009). "The Role of Lidar Systems in Fuel Mapping" *Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra*. 37 p.

Gràcia, E., Díez, S. (2013) "Com s'explora el fons i el subsòl marí?" *Revista Mètode*. 20-5-2013
<https://metode.cat/revistes-metode/monografics/com-sexplora-el-fons-i-el-subsol-mari.html>

Gonga-Saholiariliva, N., Gunnell, Y., Petit, C., Mering, C. (2011) "Techniques for quantifying the accuracy of gridded elevation models and for mapping uncertainty in digital terrain analysis" *Progress in Physical Geography*, 35(6): 739-764

Horn, B.K.P. (1989). "Obtaining shape from shading information". In: Horn, B. K. P., Brooks, M. J. (Eds.) "Shape from Shading", p. 121-171. MIT Press.

Hugentobler, M. (2004) "Terrain Modelling with Triangle Based Free-Form Surfaces". PhD dissertation. Universität Zürich. 145 p.

Hui Lu, Y., Trinder, J.C., Kubik, K. (2006) "Automatic Building Detection Using the Dempster-Shafer Algorithm" *PE&RS*, 72(4):395 -403.

Jenson, S.K., Domingue, J.O. (1988) "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis" *PE&RS*, 54(11):1593-1600.

Lindsay, J. B. (2006) "Sensitivity of channel mapping techniques to uncertainty in digital elevation data". *International Journal of Geographical Information Science*, 20(6):669-692.

Lindsay, J. B., Creed, I.F. (2006) "Distinguishing actual and artefact depressions in digital elevation data". *Computers & Geosciences*, 32:1192-1204.

Li, J., Heap, A.D., (2014) "Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review". *Environmental Modelling & Software*, 53, 173-189.

Lu, Z., Kwoun, O., and Rykhus, R. (2007) "Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR): Its Past, Present and Future" *PE&RS*, 73(3):217-221. [bon article introductori].

Mallet, C. and Bretara, F. (2009) "Full-waveform topographic lidar: State-of-the-art" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(1):1-16.

Meisels, A., Raizman, S. Karnieli A. (1995) Skeletonizing a DEM into a drainage network. *Computers & Geosciences*, 21 (1) 187-196.

Miliareisis, G.CH., Argialas, D.P. (1999) "Segmentation of Physiographic Features from the Global Digital Elevation Model / GTOPO30" *Computers & Geosciences*, 25(7):715-728.

Mitasova, H., Mitas, L. (1993) "Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation" *Mathematical Geology*, 25:641-656.

Mitasova, H., Hofierka, L. (1993) "Interpolation by regularized spline with tension: II. Application to terrain modeling and surface geometry analysis" *Mathematical Geology*, 25:657-667.

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R.D. and Veith, T.L. "Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations." (2007) *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers* 50(3): 885-990.

Mukherjee San., Joshi P.K. , Mukherjee Sam., Ghosh A., Garg R.D., Mukhopadhyay A. (2013) Evaluation of vertical accuracy of open source Digital Elevation Model (DEM) *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21:205-217.

O'Callaghan J.F. and Mark D.M. (1984) "The extraction of drainage networks from digital elevation data". *Computer Graphics and Image Processing* 28:323-344.

Pierce, L, Kellndorf, J., Walker, W., Barros, O. (2006) "Evaluation of the Horizontal Resolution of SRTM Elevation Data" *PE&RS*, 72(11):1235-1244.

Podobnikar, T., Vrečko, A. (2012) "Digital Elevation Model from the Best Results of Different Filtering of a LiDAR Point Cloud" *Transactions in GIS*, 16(5):603-617

Pons, X. (1996) "Estimación de la radiación solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuesta metodológica" In Juaristi, J., Moro, I. "Modelos y Sistemas de Información en Geografía" (458 p) p. 87-97.

Pons X., Ninyerola M. (2008) "Mapping a topographic global solar radiation model implemented in a GIS and refined with ground data" *International Journal of Climatology*, 28 (13):1821-1834. DOI: 10.1002/joc.1676.

Pons, X., Dalmases, C., Pesquer, L., Marcer, A., Masó, J. (2004) "ISOMDE: Una nueva aproximación a la generación de Modelos Digitales del Terreno." In Conesa, C., Martínez, J.B. "Territorio y Medio Ambiente. Métodos cuantitativos y Técnicas de Información Geográfica", p. 27-38 (404 p). Universidad de Murcia. Murcia. ISBN: 84-8371-484-1.

Rabus, B., Eineder, M., Roth, A., Bamler, R. (2003) "The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar" *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 57:241-262.

Romano, M.E. (2015) "Commercial geiger mode lidar". Harris presentation at [www.asprs.org/wp-content/uploads/2015/05/5H\[4\]-slides.pdf](http://www.asprs.org/wp-content/uploads/2015/05/5H[4]-slides.pdf)

Slater, J. A., Heady, B., Kroenung, G., Curtis, W., Haase J., Hoegemann, D., Shockley, C., Tracy, K. (2011) "Global Assessment of the New ASTER Global Digital Elevation Model," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 77 (4), 335-350.

Stoker, J.M., Greenlee, S.K., Gesch, D.B., Menig, J.C. (2006) "CLICK: The New USGS Center for Lidar Information Coordination and Knowledge" *PE&RS*, 72(6):613-616.

Tarboton D.G. (1997) "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models" *Water Resources Research*, 33(2):309-319.

Tarquini, S., Vinci, S., Favalli, M., Doumaz, F., Fornaciai, A., Nannipieri, L. (2012) "Release of a 10-m-resolution DEM for the Italian territory: Comparison with global-coverage DEMs and anaglyph-mode exploration via the web" *Computers and Geosciences*, 38(1):168-170.

Taud, H., Parrot, J.F., Alvarez, R. (1999) "DEM generation by contour line dilation" *Computers and Geosciences*, 25(7):775-783.

Toutin, T. (2006) "Comparison of 3D Physical and Empirical Models for Generating DSMs from Stereo HR Images" *PE&RS*, 72(5):597-604.

Vaze J., Teng J., Spencer G. (2010) "Impact of DEM accuracy and resolution on topographic indices" *Environmental Modelling and Software*, 25, pp. 1086-1098

Webster T. L., Diasb, G. (2006) "An automated GIS procedure for comparing GPS and proximal LIDAR elevations" *Computers & Geosciences* 32(6):713-726.

Wechsler, S.P., Kroll, C.N. (2006) "Quantifying DEM Uncertainty and Its Effect on Topographic Parameters" *PE&RS*, 72(9):1081-1090.

Wise, S. (2011) "Cross-validation as a means of investigating DEM interpolation error" *Computers & Geosciences*, 37 (2011) 978-991.

INTERFEROMETRIA

Lu, Z., Kwoun, O., and Rykhus, R. (2007) "Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR): Its Past, Present and Future" *PE&RS*, 73(3):217-221

Programari

MiraMon, ArcGIS, QGIS, MATLAB, ENVI, SNAP, LAStools, Office Microsoft