

Procesamiento de Imágenes de Teledetección

Código: 43384
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
4314828 Teledetección y Sistemas de Información Geográfica	OB	0	1

La metodología docente y la evaluación propuestas en la guía pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.

Contacto

Nombre: Xavier Pons Fernández

Correo electrónico: Xavier.Pons@uab.cat

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: catalán (cat)

Otras observaciones sobre los idiomas

Aproximadamente el 55 % de las clases son en catalán y el 45 % en castellano. La mayoría de bibliografía es en lengua inglesa.

Equipo docente externo a la UAB

Jordi Cristóbal

Jordi Joan Mallorquí Franquet

Mercè Vall-Llossera Ferran

Prerequisitos

No se requieren requisitos previos

Objetivos y contextualización

Al finalizar la asignatura, el alumno será capaz de:

Dominar diferentes herramientas de procesamiento primario de imágenes aéreas y de satélite.
Dominar los principios físicos que rigen la captación remota de imágenes así como las transformaciones del contenido de la propia imagen.
Distinguir las diferentes fuentes de deformaciones geométricas de la imagen así como las posibles interferencias en la señal captada causadas por efectos atmosféricos o de iluminación (topografía, etc.)
Aplicar correctamente las metodologías para paliar las diferentes fuentes de error a fin de poder visualizar y extraer parámetros físicos de los datos recibidos.

Competencias

- Aplicar distintas metodologías de procesamiento primario de imágenes obtenidas por sensores remotos para la posterior extracción de información geográfica.
- Demostrar una visión integradora de los problemas, planteando soluciones innovadoras y tomando decisiones apropiadas en función de sus conocimientos y juicios.

- Diseñar y aplicar una metodología de estudio, basada en los conocimientos adquiridos, para un caso de uso específico.
- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- Utilizar distintos softwares especializados de SIG y teledetección, así como otros softwares relacionados.

Resultados de aprendizaje

1. Aplicar correctamente las metodologías para paliar las distintas fuentes de error a fin de poder visualizar y extraer parámetros físicos de los datos recibidos.
2. Demostrar una visión integradora de los problemas, planteando soluciones innovadoras y tomando decisiones apropiadas en función de sus conocimientos y juicios.
3. Diseñar y aplicar una metodología de estudio, basada en los conocimientos adquiridos, para un caso de uso específico.
4. Distinguir las distintas fuentes de deformaciones geométricas de la imagen así como las posibles interferencias en la señal captada causadas por los efectos atmosféricos o de iluminación (topografía, etc.).
5. Dominar distintas herramientas de procesamiento primario de imágenes aéreas y de satélite.
6. Dominar los principios físicos que rigen la captación remota de imágenes, así como las transformaciones del contenido de la propia imagen.
7. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
8. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
9. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

Contenido

PRINCIPIOS FÍSICOS

Temario (generalidades y espectro solar)

1. Conceptos: radiación, onda y espectro electromagnético, polarización. Relaciones fundamentales entre frecuencia, longitud de onda y energía transportada.
2. Magnitudes físicas de base (terminología y simbología, definiciones, unidades): Energía radiante, flujo energético, intensidad energética, radiancia, excitancia energética, irradiancia, reflectancia, albedo, transmitancia, absortancia; absorbancia. Magnitudes espectrales.
3. Reflexión especular, difusa y lambertiana.
4. Cuerpo negro (ley de Planck, ley de Stefan-Boltzman, ley del desplazamiento de Wien).
5. La radiación solar. Características exoatmosféricas y a la superficie de la Tierra; interacción con la atmósfera y ventanas atmosféricas.
6. Firmas espectrales. Principales características del agua, los suelos y las rocas y la vegetación en el visible e infrarrojo no térmico.
7. Factores que influyen en la firma espectral registrada.

Temario (térmico)

1. La radiación térmica emitida por la Tierra.
2. Magnitudes físicas para la región del infrarrojo térmico.

3. Cuerpo negro, cuerpo blanco, cuerpo gris y radiadores selectivos. Leyes del cuerpo negro.
4. Comportamiento térmico de un objeto: parámetros relacionados.
5. Comportamiento espectral de las diferentes cubiertas en la región del infrarrojo térmico.
6. Factores de los que depende la emisividad.
7. Estimación de la emisividad con datos de campo.
8. Estimación de la emisividad con datos de satélite.

Temario (microondas activas)

1. Microondas activas: Imágenes Radar
2. Interacción onda-materia: Sección recta Radar y Coeficiente de retrodispersión
3. Modelos de retrodispersión
4. Polarimetría SAR
5. Interferometría SAR

Temario (microondas pasivas)

1. Sensores pasivos: fundamentos y principios físicos
2. Aplicaciones de microondas pasivas E.O
3. Radiómetros de microondas:
 1. FOM (Figures of Merit): Resolución angular y resolución radiométrica
 2. Calibración: interna, externa, uso de la información multiobservación
4. Presente y futuro EO misiones de microondas pasivas

CORRECCIÓN GEOMÉTRICA DE IMÁGENES

1. Necesidad de efectuar correcciones geométricas. Fuentes de deformaciones. Concepto de ortoimagen, de ortofoto, de ortofoto auténtica de ortofotomapa. Correcciones en bases vectoriales
2. Modelos físicos (ecuaciones de colinealidad, modelos orbitales), semi-empíricos (correcciones polinómicas con y sin relieve, modelos de funciones racionales, triangulación de Delaunay) y mixtos. Modelo de las imágenes radar: determinación del paso de muestreo en azimut y distancia. Papel del relieve. Puntos de control sobre el terreno (GCP), puntos de test, puntos homólogos.
3. Geometría de la imagen radar. Muestreo de la imagen. Distorsiones geométricas de las imágenes. Geocodificación precisa de las imágenes mediante Modelos Digitales de Elevaciones (MDE o DEM). Obtención de los DEM y Cartografía Radar. Aproximaciones para zonas de bajo relieve. Ejemplos
4. Proceso básico de corrección. Consideraciones cromáticas, radiométricas y geométricas en el remuestreo de la imagen: vecino más cercano, interpolación bilineal y bicúbica. Consideraciones sobre la dimensión del píxel de salida
5. Fuentes de puntos de control. Colocación automática de puntos de control
6. Aspectos básicos de los modelos físicos. Necesidad de la consideración del relieve
7. Aspectos básicos de los modelos semi-empíricos:
 - 7.1. Modelos polinómicos de 1º y 2º grado. Casos de aplicación
 - 7.2. Modelos polinómicos grado superior. Casos de aplicación
 - 7.3. Modelos polinómicos con consideración del relieve
 - 7.4. Modelos de funciones racionales
 - 7.5. Triangulación de Delaunay
8. Modelos mixtos: teoría y ejemplos en ASTER, MODIS, SSM / I y SMOS.
9. Estimación del error de la corrección geométrica. Interpretación estadística del RMS
10. Mosaicos y geometría de imágenes

CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA DE IMÁGENES

Temario (espectro solar)

1. Necesidad de efectuar correcciones radiométricas. Calibración de los sensores. Fuentes de distorsión de la señal. Conversión de DN a radiancia. Interés y obtención de reflectancias.
2. Formulación de correcciones en el visible e infrarrojo no térmico.
 - 2.1. Papel del Sol y de la atmósfera. Radiancia exoatmosférica, Transmitancia. Variación a lo largo del año. Variación espectral. Radiación atmosférica difusa.

2.2. Papel del relieve: Ángulo de incidencia, autosombras, sombras proyectadas. Bóveda celeste visible. Radiación reflejada vecina.

2.3. Problemática de la mezcla de sensores en un mismo estudio. Posibilidades de uso para la deducción de áreas pseudoinvariantes (PIA) que ayuden en el ajuste de los parámetros atmosféricos y en la utilización de datos provenientes de sondas atmosféricas.

2.4. Uso combinado de sensores in situ como espectroradiómetros de mano o fotómetros solares.

3. Alternativas a las correcciones basadas en más riqueza multispectral por disponibilidad de más imágenes en diferentes fechas: ventajas y limitaciones.

Metodología

En este módulo se realizan 3 grupos de actividades de aprendizaje:

Las actividades dirigidas consisten en clases de teoría y prácticas que se realizarán en un aula de informática especializada. Al inicio de cada una de las materias que forman el módulo los docentes explicarán la estructura de los contenidos teórico-prácticos, así como el método de evaluación.

Las actividades supervisadas consisten en prácticas de aula que permitirán elaborar los trabajos y ejercicios de cada materia, así como sesiones de tutorías con los docentes en caso de que los estudiantes lo soliciten.

Las actividades autónomas son el conjunto de actividades relacionadas con la elaboración de trabajos, ejercicios y exámenes, como por ejemplo el estudio de diferente material en forma de artículos, informes, datos, etc., definidas según las necesidades de trabajo autónomo cada estudiante.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de resolución de ejercicios	8	0,32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7
Clases magistrales / expositivas	27	1,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7
Tipo: Supervisadas			
Prácticas de aula	34	1,36	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7
Tutorías	4	0,16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7
Tipo: Autónomas			
Elaboración de trabajos	58	2,32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7
Estudio personal	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7
Lectura de artículos e informes de interés	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7

Evaluación

La evaluación de esta asignatura consta del siguiente sistema:

a) La realización de 2 exámenes, que valdrán entre un 60 % y un 70 % de la nota final y que incluirán la

materia teórica y práctica realizada. El examen que no haya alcanzado la nota mínima de 5 sobre 10 deberá ser repetido el día asignado por el docente de la asignatura.

b) La realización de diferentes trabajos prácticos propuestos a lo largo de la docencia del módulo y entregados dentro del plazo fijado, que valdrán entre un 30 % y un 40 % de la nota final. Se valorará una presentación formal correcta y una elaboración cuidada.

Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Examen teórico y práctico	60 % - 70 %	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7
Trabajos prácticos	40 % - 60 %	0	0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 8, 7

Bibliografía

PRINCIPIOS

FÍSICOS

Bibliografía (general y de espectro solar y térmico)

- Adams, J. (1974) Visible and near-infrared diffuse reflectance spectra of pyroxenes as applied to remote sensing of solid objects in the solar system, *Journal of Geophysical Research*, 79(32): 4829-4836.
- Baig, M. (2002) "Òptica atmosfèrica. La física del paisatge" in Jou, D.; Llebot, J.E., (eds) "Física de la quotidianitat". Edicions Caixa de Sabadell, ISBN: 84-95166-42-9. P. 115-127.
- Baldrige, A. M., S.J. Hook, C.I. Grove i G. Rivera (2009) The ASTER Spectral Library Version 2.0, *Remote Sensing of Environment*, 113: 711-715. <http://speclib.jpl.nasa.gov/> [pàgina visitada el dia 15 de novembre de 2016 a les 10:39]
- Bariou, R., D. Lecamus i F. Le Henaff (1985b) "L'atmosphère." Presses Universitaires de Rennes 2. Rennes. 77 pàgs.
- Bariou, R., D. Lecamus i F. Le Henaff (1985c) "Le rayonnement electromagnetique." Presses Universitaires de Rennes 2. Rennes.
- Barsi, J.A., J.L. Barker, i J.R. Schott. (2005) An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band Earth-sensing instrument, IGARSS03, 21-25 July 2003, Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, France. <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> [pàgina visitada el dia 15 de novembre de 2016 a les 10:40].
- Bunnik, N.J.J. (1984) in P.N. Slater (Ed.) "SPIE Critical review of remote sensing." *Proceedings SPIE*, 475: 2-11.
- Caselles, V., i Sobrino, J. A. (1989) Determination of frosts in oranges groves from NOAA-9 AVHRR data, *Remote Sensing of Environment*, 29: 135-46.
- Chance, K. i Kurucz, R.L. (2010) An improved high-resolution solar reference spectrum for earth's atmosphere measurements in the ultraviolet, visible, and near infrared. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 111: 1289-1295.
- Chen, H. S. (1985) *Space remote sensing systems: an introduction*. Academic Press. Orlando. 257 p.
- Dozier, J. (1989) Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper, *Remote Sensing of Environment*, 28: 9-22.
- Elachi, C. i van Zyl, J.J. (2006) "Introduction to the physics and techniques of remote sensing", John Wiley & Sons. N.Y. 584 p. 2^a edició.
- Emery, W. i A. Camps (2017) "Introduction to Satellite Remote Sensing. Atmosphere, Ocean, Land and Cryosphere Applications". Elsevier. 860 pàgs.
- Guyot, G. (1989) "Signatures spectrales des surfaces naturelles", Paradigme. Caen. pp. 59-112.
- Van de Griend, A. A., i Owe, M. (1993) On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces, *International Journal of Remote Sensing*, 14: 1119-1131.
- Kopp, G., i Lean, J.L. (2011) A new, lower value of total solar irradiance: evidence and climate significance, *Geophysical Research Letters*, 38, L01706, doi:10.1029/2010GL045777.
- Liu, B.Y.H. i Jordan, R.C. (1960) The Interrelationship and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse and Total Solar Radiation. *Solar Energy*, 4(3):1-19.
- Li, S., Zhou, X., i Morris, K. (1999) Measurement of snow and sea ice surface temperature and emissivity in

the Ross sea, IEEE 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Hamburg Germany, 28 June - 02 July, 1999.

Melià, J. (1991) "Fundamentos físicos de la teledetección: leyes y principios básicos", in Gandía, S. i J. Melià (eds.) "La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: Agricultura." Departament de Termodinàmica. Universitat de València. pp. 51-83.

Milton, E.J., Schaepman, M.E., Anderson, K., Kneubühler, M. i Fox, N. 2009 Progress in field spectroscopy, Remote Sensing of Environment: 113 (1), S92-S109.

McCoy, R.M. (2005) "Field methods in remotesensing", The Guilford Press, New York. 159 p.

Milman, A.S. (1999) "Mathematical principles of remote sensing", CRC Press. 406 p.

Pons, X., i Arcalís, A. (2012) "Diccionari terminològic de teledetecció", Enciclopèdia Catalana i Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona. 597 pàgs. També a http://www.termcat.cat/ca/Diccionaris_En_Linia/197/Cerca/ [pàgina visitada el dia 15 de novembre de 2016 a les 10:42].

Rees, W.G. (2001) "Physical principles of remote sensing", Cambridge University Press. Cambridge. 2ª edició. 372 pàgs.

Rees, G. (1999) "The Remote Sensing Data Book", Cambridge, Cambridge University Press.

Rees, G. (2006) "Remote Sensing of Snow and Ice", CRC Press, Taylor & Francis Group: New York. 285 pàgs.

Rubio, E., Caselles, V., i Badenas, C. (1997) Emissivity measurements of several soils and vegetation types in the 8-14 µm wave band: analysis of two field methods, Remote Sensing of Environment, 59: 490-521.

Schaepman-Strub, G., Schaepman, M.E., Painter, T.H., Dangel, S. i Martonchik, J.V. (2006) Reflectance quantities in optical remote sensing-definitions and case studies. Remote Sensing of Environment, 103: 27-42.

Salisbury, J. W., i D'Aria, D. M. (1992) Emissivity of terrestrial materials in the 8-14 µm atmospheric window, Remote Sensing of Environment, 42: 83-106.

Singh, D., Srivastava, V.K., Bhatt, J. i Bhattacharya, S. (2011) Mineralogical mapping of lunar orbits of Chandrayaan - 1 Mission using Hyper Spectral Imaging Camera (HySI) and Terrain Mapping Camera (TMC) data, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 77(1):6-12.

Slater, P.N. (1985) "Radiometric considerations in Remote Sensing", Proceedings of the IEEE, 73:997-1011.

Smith, J.A. (1983) in Colwell, R.N. (Ed.) "Manual of Remote Sensing." American Society of Photogrammetry. Falls Church. Virginia. Pàgs.:62-114.

Sobrino, J. A. (Ed.) (2000). "Teledetección", València, Servei de Publicacions, Universitat de València.

Sobrino, J.A., i Raissouni, N. (2000) Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco, International Journal of Remote Sensing, 21: 353-366.

Sobrino, J. A., J. C. Jiménez-Muñoz, G. Sòria, M. Romaguera, L. Guanter, J. Moreno, A. Plaza i P. Martínez (2008) Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46(2): 316-327. doi: 10.1109/TGRS.2007.904834.

Thuillier, G., M. Hersé, D. Labs, T. Foujols, W. Peetermans, D. Gillotay, P.C. Simon, i H. Mandel (2003) The solar spectral irradiance from 200 to 2400 nm as measured by the SOLSPEC spectrometer from the Atlas and Eureka missions, Solar Physics, 214(1):1-22

Valor, E. i Caselles, V. (1996) Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African and South American areas, Remote Sensing of Environment, 57: 167-184.

Valor, E. i Caselles, V. (2005) Validation of the vegetation cover method for land surface emissivity estimation. A Caselles, Valor i Coll (2005). Recent research developments in Thermal Remote Sensing. Research Signpost, India.

Van de Griend, A. A. i Owe, M. (1993) On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces, International Journal of Remote Sensing, 14: 1119-1131.

Wittich, K.P. (1997) Some simple relationships between land-surface emissivity, greenness and the plant cover fraction for use in satellite remote sensing, International Journal of Biometeorology, 41: 58-64

Wolfe, W. L. (1998) Introduction to radiometry. Tutorial texts in Optical Engineering. Vol. TT29. SPIE. Washington.

Zhang, Y. (1999) MODIS UCSB Emissivity Library. <http://www.icess.ucsb.edu/modis/EMIS/html/em.html>. [pàgina visitada el dia 15 de novembre de 2016 a les 10:34].

Bibliografia (microondas activas y pasivas)

F.T. Ulaby, D.G. Long (Eds.) (2014), "Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing", Univ. Michigan Press.

C.Oliver, S.Quegan (2004), "Understanding Synthetic Aperture Radar Images", SciTech Publishing.
 I.C. Cumming, F.H.Wong (2005), "Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data: Algorithms and Implementation", Artech House, Norwood, MA-USA.
 C. Elachi (1988) "Spaceborne Radar Remote Sensing: Applications and Techniques", IEEE Press.
 Elachi, C. i van Zyl, J.J. (2006) "Introduction To The Physics and Techniques of Remote Sensing." John Wiley & Sons. N.Y. 584 p. 2^a edició.
 Curlander, McDonough, "Synthetic Aperture Radar", John Wiley, 1991
 Radar Polarimetry for Geoscience Application, Fawwaz T. Ulaby, C. Elachi; 1990
 Skou, "Microwave Radiometer Systems: Design & Analysis", Artech House, 1989
 Janssen, "Atmospheric Remote Sensing by Microwave Radiometry", John Wiley, 1993
 Sharkov, "Passive Microwave Remote Sensing of the Earth. Physical Foundations", Springer-Praxis, 2003

RECTIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE IMÁGENES

Abdullah, Q.A. (2010) "Mapping Matters" Photogram. Engineering & Remote Sensing, 76(8): 885,893.
 Aguilar, M.A., F.J. Aguilar, F. Agüera, and Jaime A. Sánchez (2007) Geometric Accuracy Assessment of QuickBird Basic Imagery Using Different Operational Approaches. Photogram. Engineering & Remote Sensing, 73 (1 2) : 1 3 2 1 - 1 3 3 2
 Ardizzone, J., A. Arozarena, J. Delgado, M. Herrero, G. Villa and P. Vivas (1993), Análisis estadístico para la corrección geométrica de imágenes de satélite. Proceedings of the IV Reunión Científica dela Asociación Española de Teledetección, Sevilla, Spain (November 1991), pp.:78-85.
 Bayer, T. (2014), Estimation of an unknown cartographic projection and its parameters from the map. Geoinformatica, 18:621-669.
 Beyer, E.P. (1983), Thematic Mapper Geometric Correction Processing. Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of the Environment, Ann Arbor, Michigan, pp.:319-334.
 Billingsley, F.C. (1983), Data Processing and Reprocessing. in Colwell, R.N. (ed.) Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, pp.719-792.
 Blanc, P. and L. Wald (1998), Validation protocol applied to an automatic co-registration method based on multiresolution analysis and local deformation models, Proceedings of the ISPRS Commission II, Cambridge,England, 13-17 July 1998, 2:11-19.
 Chen, L.-C., Teo, T.-A., Liu, C.-L. (2006) "The Geometrical Comparisons of RSM and RFM for FORMOSAT-2 Satellite Images" PE&RS 72(5):573-579
 Cristóbal, J., Pons, X., Serra, P. (2004) " Sobre el uso operativo de Landsat-7 ETM+ en Europa" Revista de Teledetección, 21: 55-59.
 Cumming, I.G., Wong F.H., "Digital processing of Synthetic Aperture Radar Data", Artech House, Norwood U S A , 2 0 0 5 .
 Curlander, J.C. and R.N. McDonough (1991) "Synthetic Aperture Radar", John Wiley & Sons, New York.
 D'Souza, G. and T. D. G. Sandford, (1996) 'Techniques for geometric correction of NOAA AVHRR imagery' in Advances in the Use of AVHRR Data for Land Applications, D'Souza, G., A. S. Belward and J.-P. Malingreau (Eds.), Euro Courses: Remote Sensing 5, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 153-193.
 Emery, W. and A. Camps (2017) "Introduction to Satellite Remote Sensing.Atmosphere, Ocean, Land and Cryosphere Applications". Elsevier. 860 pàgs.
 Greve, C. (1997) Digital Photogrammetry: An Addendum to the Manual of Photogrammetry. American Society for Photogrammetry & Remote Sensing. Falls Church, Virginia
 Gagan, D.J. (1987) Practical aspects of topographic mapping from SPOT imagery. Photogrammetric Record, 12 (6 9) : 3 4 9 - 3 5 5 .
 Hu, Y. V. Tao and A. Croitoru (2004) Understanding the rational function model: methods and applications, http://www.geoict.net/Resources/Publications/IAPRS2004_RFM2394.pdf (pàgina visitada 10-Nov-2007)
 ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya) (2005) Sistemes de captura primària de dades http://www.icc.es/pdf/ca/common/icc/publicacions_icc/dcomercial/dcomercial_captura_camera_digital.pdf (explica la càmera DMC ICC) (pàgina visitada 10-Nov-2008)
 Konecny, G., P. Lohmann, H. Engel and E. Kruck (1987) Evaluation of SPOT Imagery on Analytical Photogrammetric Instruments. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 53(9):1223-1230.
 Kratky, V. (1988) Rigorous stereophotogrammetric treatment of SPOT images. Colloque International SPOT-1: Utilisation des images, bilan, résultats, Paris, France, pp.1281-1288.
 Kraus, K. (1993) Photogrammetry. Vol. 1 Dummlers Verlag. Bonn
 Labovitz, M.L. and J.W. Marvin (1986) Precision in Geodetic Correction of TM Data as a Function of the Number, Spatial Distribution, and Succes in Matching of Control Points: A Simulation. Remote Sensing of the

- Light, D.L. (1986) Satellite Photogrammetry. in Slama, C.C. (ed.) Manual of Photogrammetry. American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, pp. 883-977.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer (2003) Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, New York, 784 pàgs. 5^a edició.
- McGlone, J.C. (2004) The ASPRS Manual of Photogrammetry, 5th Edition, 1168 p. (1^a edició 1940, 4^a edició 1986 [Slama]).
- Marvin, J.W., M.L. Labovitz and R.E. Wolfe (1987) Derivation of a Fast Algorithm to Account for Distortions Due to Terrain in Earth-Viewing Satellite Sensor Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, GE-25 (2):244-251.
- Minnesota Planning (1999) Positional Accuracy Handbook: Using the National Standard for Spatial Data Accuracy to measure and report geographic data quality. Minnesota Planning, St. Paul, MN. 33 p.
- Novak, K. (1992) Rectification of Digital Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 58(3):339-344.
- NSIDC (National Snow and Ice Data Center) (2008) DMSP SSM/I Daily Polar Gridded Brightness Temperatures http://nsidc.org/data/docs/daac/nsidc0001_ssmi_tbs.gd.html. (pàgina visitada 17-Nov-2008)
- OGC (2006), Image Geopositioning proposed Discussion Papers. Open Geospatial Consortium PPT document.
- Palà, V. and X. Pons (1995) Incorporation of relief into geometric corrections based on polynomials. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 61(7):935-944
- Padró, J.-C., F.-J. Muñoz, J. Planas and X. Pons (2019) Comparison of four UAV georeferencing methods for environmental monitoring purposes focusing on the combined use with airborne and satellite remote sensing platforms. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 75:130-140. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.10.018>
- Palenichka, R.M. and M.B Zaremba, (2010) Automatic Extraction of Control Points for the Registration of Optical Satellite and LiDAR Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 48(7):2864-2879.
- Pons, X., G. Moré and L. Pesquer (2010) "Automatic matching of Landsat image series to high resolution orthorectified imagery" Proceedings of the ESA Living Planet Symposium. CD-ROM edition. ESA reference document: SP-686.
- Pons, X. and A. Arcalís. (2012) "Diccionari terminològic de teledetecció" Enciclopèdia Catalana i Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona. 597 pàgs. També a http://www.termcat.cat/ca/Diccionaris_En_Linia/197/Cerca/
- Priebsenow, R. and E. Clerici (1988) Cartographic Applications of SPOT Imagery. Colloque International SPOT-1: Utilisation des images, bilan, résultats, Paris, France, pp.1189-1194.
- Rodríguez, V., P. Gigord, A.C. de Gaujac and P. Munier (1988) Evaluation of the Stereoscopic Accuracy of the SPOT Satellite. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 54(2):217-221.
- Salamonowicz, P.H. (1986) Satellite Observation and Position for Geometric Correction of Scanner Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 52(4):491-499.
- Schreier, G. (Ed.) (1993) SAR Geocoding: Data and Systems, Wichmann, Karlsruhe. 435 pp.
- Shen, X., Liu, B, Li, Q.-Q. (2017) Correcting bias in the rational polynomial coefficients of satellite imagery using thin-plate smoothing splines. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 125:125-131
- Slama, C.C. (ed.) (1986) Manual of Photogrammetry, 4th edition. American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, 1056 pp.
- Toutin, P. and P. Cheng (2002) QuickBird - A Milestone for High-Resolution Mapping, Earth Observation Magazine, Abril 2002 <http://www.eomonline.com/Common/currentissues/Apr02/cheng.htm> (pàgina visitada 10 - Nov - 2007)
- Ulaby, F. T., R. K. Moore, and A.K. Fung (1981) Microwave Remote Sensing: Active and Passive, Vol. I -- Microwave Remote Sensing Fundamentals and Radiometry, Addison-Wesley, Advanced Book Program, Reading, Massachusetts, 456 pp.
- Wong, K.W. (1986) Basic Mathematics of Photogrammetry. in Slama, C.C. (ed.) Manual of Photogrammetry. American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, pp. 37-101.

CORRECCIÓ

RADIOMÉTRICA

DE

IMÁGENES

- Bacour, C., F.M. Breon, (2006) "Variability of biome reflectance directional signatures as seen by POLDER" Remote Sens. Environ. 98(1):80-95
- Badescu V. (2002) "3D isotropic approximation for solar diffuse irradiance on tilted surfaces" Renewable

- Baraldi, A., M. Girona i D. Simonetti "Operational Two-Stage Stratified Topographic Correction of Spaceborne Multispectral Imagery Employing an Automatic Spectral-Rule-Based Decision-Tree Preliminary Classifier" IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 48:112-146.
- Baret, F., G. Guyot, J.M. Teres i D. Rigal (1988) "Profil spectral et estimation de la biomasse." Proc. of the 4th International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing, pàgs.:93-98. Aussois, France. 18-22 gener. (ESA SP-287, abril 1988).
- Bariou, R., D. Lecamus i F. Le Henaff (1985b) "L'atmosphère." Presses Universitaires de Rennes 2. Rennes. 77 pàgs.
- Bariou, R., D. Lecamus i F. Le Henaff (1985c) "Le rayonnement electromagnetique." Presses Universitaires de Rennes 2. Rennes. 41 pàgs.
- Bariou, R., D. Lecamus i F. Le Henaff (1985d) "Albedo, Reflectance." Presses Universitaires de Rennes 2. Rennes. 16-20 Des. (ESA SP-247).
- Chander, G. i B. Markham (2003) "Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges" IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41:2674-2677.
- Chander, G., D. L. Helder, B. Markham, J. D. Dewald, E. Kaita, K. J. Thome, E. Micijevic, i T. A. Ruggles (2004) "Landsat-5 TM reflective-band absolute radiometric calibration" IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 42:2746-2760.
- Chander, G., B. Markham, J. A. Barsi (2007) "Revised Landsat 5 Thematic Mapper radiometric calibration" IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45:490-494.
- Chander G., B. Markham, D. Helder (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. Remote Sensing of Environment, 113: 893-903.
- Chander G, Haque O, Micijevic E, Barsi J (2010) A procedure for radiometric recalibration of Landsat 5 TM reflective-band data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 48(1): 556-574.
- Chavez, P.S. (1975) "Atmospheric, Solar, and M.T.F. Corrections for ERTS Digital Imagery." Proc. of Phoenix Meeting. American Society of Photogrammetry.
- Chavez, P.S. (1988) "An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data." Remote Sensing of Environment 24:459-479.
- Emery, W.; Camps, A. (2017) "Introduction to Satellite Remote Sensing. Atmosphere, Ocean, Land and Cryosphere Applications". Elsevier. 860 pàgs.
- Feng, M.; Huang, C.; Channan, S.; Vermote, E; Masek, J.G. Townshend, J.R.; (2012) "Quality assessment of Landsat surface reflectance products using MODIS data." Computers & Geosciences, 38:9-22.
- Feng, M., Sexton, J.O., Huang C., Masek, J.G., Vermote, E.F., Gao, F., Narasimhan, R., Channan, S., Wolfe, R.E., Townshend J.R., (2013) "Global surface reflectance products-from Landsat-Assessment using coincident MODIS observations." Remote Sensing of Environment, 134:276-293.
- Feng, M., Huang, C., Channan, S., Vermote, E.F., Masek, J.G., Townshend, J.R. (2012) "Quality assessment of Landsat surface reflectance products using MODIS data" Computers & Geosciences, 38: 9-22.
- Forster, B.C. (1984) "Derivation of atmospheric correction procedures for LANDSAT MSS with particular reference to urban data." International Journal of Remote Sensing, 5:799-817.
- Freemantle, J. R., R. Pu, J. R. Miller (1992) "Calibration of Imaging spectrometer Data to Reflectance Using Pseudo-Invariant Features", Proceedings of the 15th Canadian Symposium on Remote Sensing, Toronto, Ontario, June 1-4th, pp. 452-455.
- Gao, M, H Gong, W Zhao, B Chen, Z Chen, M Shi (2016) "An improved topographic correction model based on Minnaert", GIScience & Remote Sensing, 53: 247-264
- Goel, N.S. (1988) "A perspective on vegetation canopy reflectance models." Proc. of the 4th International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing, pàgs.:77-85. Aussois, France. 18-22 gener. (ESA SP-287, abril 1988).
- Goel, N.S. i R.L. Thompson (1984) "Inversion of vegetation canopy models for estimating agronomic variables. V. Estimation of leaf area index and average leaf angle using measured canopy reflectances." Remote Sensing of Environment, 16:69-85.
- Guanter, L., R. Richter, H. Kaufman (2009) "On the application of the MODTRAN4 atmospheric radiative transfer code to optical remote sensing" International Journal of Remote Sensing, 30:1407-1424.

Gu, D., Gillespie, A., 1998. Topographic normalization of Landsat TM images of forest based on 469 subpixel sun-canopy-sensor geometry. *Remote Sens. Environ.*: 64, 166-175.

Haque, O., J.A. Barsi, E. Micijevic, D.L. Helder, K.J. Thome, D.Aaron i J.S. Czapla-Myers (2012) "Landsat-7 ETM+: 12 Years On-Orbit Reflective-Band Radiometric Performance." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50(5):2056-2062.

Holben, B.N. i C.O. Justice (1980) "The topographic effect on spectral response from nadir-pointing sensors." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46:1191-1200.

Horn, B.K.P. i R.W. Sjöberg (1979) "Calculating the reflectance map." *Applied optics*, 11:1770-1779.

Hadjimitsis, D.G.; Clayton, C.R.I.; Retalis, A. (2009). "The use of selected Pseudoinvariant targets for the application of atmospheric correction in multi-temporal studies using satellite remotely sensed imagery". *International Journal of Applied Earth Observation Geoinformation*, 11:192-200.

Kotchenova, S.Y., E.F. Vermote, R. Matarrese i F.K. Klemm (2006) "Validation of a vector version of the 6S radiative transfer code for atmospheric correction of satellite data. Part I: Path radiance." *Applied optics*, 45(26):6762-6774.

Lenot, X., Achard, V. i Poutier, L. (2009) "SIERRA: A new approach to atmospheric and topographic corrections for hyperspectral imagery". *Remote Sensing of Environment* 113:1664-1677

Li, F., D.L.B. Jupp, M. Thankappan, L. Lymburner, N. Mueller, A. Lewis, A. Held (2012) "A physics-based atmospheric and BRDF correction for Landsat data over mountainous terrain" *Remote Sensing of Environment*, 124:756-770

Liang, S., H. Fang i M. Chen, (2001), Atmospheric Correction of Landsat ETM+ Land Surface Imagery-Part I: Methods, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39:2490-2498.

Liang, S., H. Fang, J.T. Morisette, M. Chen, C. J. Shuey, C.L. Walthall, i C.S.T. Daughtry (2002) Atmospheric Correction of Landsat ETM+ Land Surface Imagery-Part II: Validation and Applications, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(12):2736-2746.

López, M.J. i V. Caselles (1987) "Un método alternativo de corrección atmosférica." *Comunicaciones de la 2ª Reunión Nacional del Grupo de Trabajo en Teledetección*, pàgs.:165-175. València. 17-18 desembre.

Loew, A., R. Bennartz, F. Fell, A. Lattanzio, M. Doutriaux-Boucher, i J. Schulz (2016) "A database of global reference sites to support validation of satellite surface albedo datasets (SAVS 1.0)" *Earth Syst. Sci. Data*, 8:425-438.

McCoy, R.M. (2005) "Field Methods in Remote Sensing". The Guilford Press, New York. 159 p.

Markham, B. L. i J. L. Barker (1986) "Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectance and at-satellite temperatures" *EOSAT Landsat Technical Notes* 1:3-8.

Markham, B.L. i J.L. Barker (1987) "Thematic Mapper bandpass solarexatmospheric irradiances." *International Journal of Remote Sensing*, 8:517-523.

Markham, B.; Barsi, J.; Kvaran, G.; Ong, L.; Kaita, E.; Biggar, S.; Czapla-Myers, J.; Mishra, N.; Helder, D. (2014). "Landsat-8 Operational Land Imager Radiometric Calibration and Stability." *Remote Sensing*, 6:12275-12308;

Melià, J. (1991) "Fundamentos físicos de la teledetección: leyes y principios básicos." in Gandía, S. i J. Melià (eds.) "La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: Agricultura." Departament de Termodinàmica. Universitat de València. Pàgs.:51-83.

Minnaert, M. (1941) "The reciprocity principle in lunar photometry" *Astrophysics Journal* 93:403-410.

Mobley, C.D. (1999) "Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements" *Applied Optics*, 38(36):7442-7455.

Moran, M.S., R.D. Jackson, P.N. Slater i P.M. Teillet (1992) "Evaluation of Simplified Procedures for Retrieval of Land Surface Reflectance Factors from Satellite Sensor Output." *Remote Sensing of Environment*, 41:169-184.

Mueller, J.L., G.S. Fargion i C.R. McClain (Eds) (2003) "Ocean Optics Protocols For Satellite Ocean Color Sensor Validation, Revision 4, Volume III: Radiometric Measurements and Data Analysis Protocols." Goddard Space Flight Space Center Greenbelt, Maryland. 84 pàgs.

Naugle, B.I. i J.D. Lashlee (1992) "Alleviating Topographic Influences on Land-Cover Classifications for Mobility and Combat Modeling." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58(8):1217-1221.

Neville, R.A., Sun, L. i Staenz, K. (2008) "Spectral calibration of imaging spectrometers by atmospheric absorption feature matching." *Can. J. Remote Sens.*, 34(1):S29-S42.

Nicodemus, F.E., J.C. Richmond, J.J. Hsia, I.W. Ginsberg i T. Limperis (1977) "Geometrical Considerations and Nomenclature for Reflectance." U.S. Department of Commerce. National Bureau of Standards. Washington.

Padró, J.C., Pons X., Aragonés D., Díaz-Delgado R., García D., Bustamante J., Pesquer L., Domingo-Marimon C., González-Guerrero O., Cristóbal J., Doktor D. i Lange M. (2017) "Radiometric Correction of Simultaneously

Acquired Landsat-7/Landsat-8 and Sentinel-2A Imagery Using Pseudoinvariant Areas (PIA): Contributing to the Landsat Time Series Legacy." *Remote Sensing*, 9(12):1319. <http://dx.doi.org/10.3390/rs9121319>

Padró, J.C., Muñoz F.J., Ávila L.A., Pesquer L. i Pons X. (2018) "Radiometric Correction of Landsat-8 and Sentinel-2A Scenes Using Drone Imagery in Synergy with Field Spectroradiometry". *Remote Sensing*, 10(11):1687. <https://doi.org/10.3390/rs10111687>

Paolini, L, F. Grings, J.A. Sobrino, J. Jiménez Muñoz, H. Karszenbaum (2006) "Radiometric correction effects in Landsat multi-date/multi-sensor change detection studies." *International Journal of Remote Sensing*, 27 (4) : 685 - 704

Pons, X. i L. Solé (1994) "A Simple Radiometric Correction Model to Improve Automatic Mapping of Vegetation from Multispectral Satellite Data." *Remote Sensing of Environment*, 47:1-14.

Pons X, Cristóbal J, Pesquer L, Moré G, González O (2010) "Fully automated and coherent radiometric (atm+top) correction of Landsat tm images through pseudoinvariant areas" In: Proc. 2010 ESA Living Planet Symposium, ESA, Bergen, Norway.

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

Pons, X., L. Pesquer, J. Cristóbal i O. González-Guerrero (2014) "Automatic and improved radiometric correction of Landsat imagery using reference values from MODIS surface reflectance images", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33: 243-254,

Price, J.C. (1987) "Calibration of Satellite Radiometers and the Comparison of Vegetation Indices." *Remote Sensing of Environment*, 21:15-27.

Price, J.C. (1988) "An Update on Visible and Near Infrared Calibration of Satellite Instruments." *Remote Sensing of Environment*, 24:419-422.

Proy, C. i C. Leprieur (1985) "Influence de la topographie et de l'atmosphère sur les mesures radiométriques en région montagneuse - Test d'un modèle d'inversion du signal sur des données TM." Proc. of the 3rd International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing, pàgs.:191-197. Les Arcs, France. 16-20 Des. (ESA SP-247).

Proy, C., D. Tanré i P.Y. Deschamps (1989) "Evaluation of Topographic Effects in Remotely Sensed Data." *Remote Sensing of the Environment*, 30:21-32.

Riaño, D., E. Chuvieco, J. Salas, I. Aguado (2003) "Assessment of different topographic corrections in Landsat-TM Data for mapping vegetation types" *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41 (5) : 1056 - 1061.

Richter, R., F. Lehmann i S. Tischler (1991) "Corrections of Atmospheric and Topographic Effects in Landsat TM Images." Proc. of the 5th International Colloquium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, pàgs.:69-71. Courchevel, France. 14-18 Gener. (ESA SP-319).

Salvador, R., X. Pons i F. Diego (1996) "Validación de un método de corrección radiométrica sobre diferentes áreas montañosas". *Revista de Teledetección*, 7:21-25

Saunier, S. i Y. Rodríguez (2006). "Landsat Product Radiometric calibration. Technical note" ESA. Available in http://earth.esa.int/pub/ESA_DOC/GAEL-calibration-proceeding.pdf

Schaepman-Struba, G., M.E. Schaepman, T.H. Painter, S. Dangel i J.V. Martonchik (2006) "Reflectance quantities in optical remote sensing-definitions and case studies" *Remote Sens. Environ.* 103 (1): 27-42.

Schroeder, T.A., W.B. Cohen, C. Song, M.J. Canty i Zhiqiang Yang (2006) "Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon" *Remote Sens. Environ.* 103(1):16-26

Slater, P.N. (1985) "Radiometric considerations in Remote Sensing." *Proceedings of the IEEE*, 73:997-1011.

Smith, J.A., T.L. Lin i K.J. Ranson, (1980) "The Lambertian Assumption and Landsat Data" (Technical Note), *Photogram. Eng. and Remote Sensing*, 46(9):1183-1189.

Smith, G.M. and Milton, E.J., (1999) "The use of the empirical line method to calibrate remotely sensed data to reflectance" (Technical Note), *International Journal of Remote Sensing*, 20(13) : 2653 -2662.

Soenen, S.A., Peddle, D.R., Coburn, C.A., (2005) "SCS + C: a modified sun-canopy-sensor topographic correction in forested terrain" *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 43 (9): 2148-2159.

Song, C, CE Woodcock, KC Seto, MP Lenney, SA Macomber (2001) "Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?" *Remote Sens. of Env.* 75(2): 230 - 244.

Teillet, P.M., Guindon, B., Goodenough, D.G. (1982). On the slope-aspect correction of multispectral scanner data. *Canad. J. Remote Sens.* 8:84-106.

Teillet, P. M. i G. Fedosejevs (1995) "On the dark target approach to atmospheric correction of remotely sensed data" *Canadian Journal of remote Sensing*, 21:374-387.

United States Geological Survey. Product guide: Landsat climate data record (CDR). Surface reflectance.

Department of the Interior U.S. Geological Survey. Version 3.4, December 2013. The Internet: http://landsat.usgs.gov/documents/cdr_sr_product_guide.pdf (accessed on 2-Jan-2014).

United States Geological Survey. (2016). "Provisional Landsat 8 Surface Reflectance Code (LaSRC) product. Version 3.0" Department of the interior.

Vanonckelen, S., S. Lhermitte, A. Van Rompaey (2013). "The effect of atmospheric and topographic correction methods on land cover classification accuracy" *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 24: 9 - 21

Vermote, E., D. Tanre, J.L. Deuze, M. Herman and J.J. Morcrette (1997), Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S) : an overview, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35(3) 675 - 686. El programa 6S pot ser descarregat de <http://6s.ltdri.org/> (validat el 10-11-2016).

Vermote, E.; Justice, C.; Claverie, M.; Franch, B. (2016). "Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product." *Remote Sensing of Environment*, 185:46-56.

Vidal-Macua JJ, Zabala A, Ninyerola M, Pons X (2017) "Developing spatially and thematically detailed backdated maps for land cover studies". *International Journal of Digital Earth* 10(2): 175-206. <http://dx.doi.org/10.1080/17538947.2016.1213320>

Vicente-Serrano, S., F. Pérez-Cabello i T. Lasanta (2008) "Assessment of radiometric correction techniques in analyzing vegetations variability and change using time series of Landsat images" *Remote Sensing of Environment*, 112: 3916 - 3934.

Whitworth, Malcolm (1997) "A physically-based model to correct atmospheric and illumination effects in optical satellite data of rugged terrain" *IEEE Trans. Geosc. Remote Sens.*, Vol. 35, No. 3, pp. 708-717

Yang, C. i A. Vidal (1990) "Combination of Digital Elevation Models with SPOT-1HRV Multispectral Imagery for Reflectance Factor Mapping." *Remote Sensing of Environment*, 32:35-45.

Zhang, Z., G. He i X. Wang (2010) "A practical DOS model-based atmospheric correction algorithm" *International Journal of Remote Sensing*, 2837-2852.

Zhang, Z, G He, X Zhang, T Long, G Wang i M. Wang (2017) "A coupled atmospheric and topographic correction algorithm for remotely sensed satellite imagery over mountainous terrain" *GIScience & Remote Sensing*, <https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1382066>

Software

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