

UTILIZACIÓN DE PRODUCTOS METEOROLÓGICOS OPERATIVOS EN ALGORITMOS DE TELEDETECCIÓN

E. López Baeza, A. Bodas, R. Irurzun(*) y J.C.
Fortea

Ernesto.Lopez@uv.es

Unidad de Investigación de Teledetección.
Departament de Termodinàmica.
Universitat de València. C/ Dr. Moliner 50.
Burjassot. 46100 Valencia.
(*) Ahora en ERICSSON (Madrid)

RESUMEN

Se muestra la utilidad de diversos productos meteorológicos operativos de los Servicios Meteorológicos incluidos en los algoritmos de teledetección, bien como datos de entrada en los códigos de transferencia radiativa para realizar la corrección atmosférica, o bien como datos de referencia para validar los resultados del algoritmo o del modelo. Los productos meteorológicos que se consideran pueden ser más o menos operativos, bien porque provengan de observaciones rutinarias, o porque se deduzcan más o menos directamente de los modelos de predicción numérica. Así, este trabajo se aplica al vapor de agua precipitable, a la irradiancia global, a la visibilidad y a la cobertura nubosa.

ABSTRACT

This work shows the utility of different operational meteorological products from the Meteorological Services included into the remote sensing algorithms, either as input data to the radiative transfer codes to perform the atmospheric correction, or as reference data to validate the algorithm or model results. The meteorological products considered may be more or less operational, either because they come from routine observations, or because they may be derived more or less directly from numerical prediction models. Thus, the work refers to precipitable water vapour, global irradiance, visibility and cloud cover.

Palabras clave: análisis ECMWF, cobertura nubosa, espesor óptico de los aerosoles, flujos de radiación solar, HIRLAM, modelos de predicción numérica, radiación solar neta, vapor de agua precipitable, visibilidad.

INTRODUCCIÓN

La aplicación del trabajo de teledetección es cada vez más ambiciosa al ir consiguiendo algoritmos más operacionales. Probablemente, la mayor dificultad es siempre la obtención de magnitudes físicas en superficie con suficiente precisión. La clave para realizar esta operación es, sin duda, la corrección atmosférica, cuya fiabilidad se sabe que depende más del conocimiento real de la atmósfera en el momento de la adquisición de la imagen que del código de transferencia utilizado, siempre que éste ofrezca un mínimo de garantías.

Durante un tiempo, se han utilizado valores climatológicos de los parámetros más significativos, atmósferas standard, modelos de aerosoles, etc. De este modo, la dificultad en la obtención de información sobre la atmósfera no impedía el desarrollo de los métodos de corrección. Esporádicamente, también se realizaban medidas simultáneas, por ejemplo, de la transmisividad de la atmósfera, radiosondeos, etc. Los experimentos de campo también produjeron un fuerte impulso en la elaboración de algoritmos de teledetección por la gran cantidad y calidad de datos colaterales que servían no sólo para el funcionamiento del modelo o algoritmo, sino también para la validación de sus resultados. Su organización es muy costosa porque los medios que usan son especiales, no los habituales, lo cual hace impensable la posibilidad de utilización rutinaria u operacional de sus productos.

La aplicación operacional de las técnicas de teledetección requiere procedimientos robustos para asimilar la información complementaria necesaria para obtener valores de magnitudes físicas en superficie, suficientemente precisos para poder detectar cambios en series largas de datos, cada vez más accesibles, y referidos a zonas muy extensas, donde cada vez se va centrando más el interés. Todavía se complica más el problema si se pide a los algoritmos que proporcionen valores acumulados o valores medios que muestren la evolución diaria de las magnitudes a partir de un número reducido de observaciones de teledetección.

El argumento fundamental del presente trabajo es que los productos meteorológicos son una ayuda muy conveniente para desarrollar el trabajo de teledetección en forma operacional con suficiente precisión (Meliá, López-Baeza et al., 1997). El trabajo se refiere a datos y productos obtenidos por los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMNs) de forma operativa, bien procedentes de observaciones rutinarias, o resultado de cálculos elaborados que, o bien proporcionan esos productos directamente, o

bien pueden deducirse en fases intermedias de los modelos numéricos de predicción. El enfoque del trabajo también recoge la doble perspectiva de que dichos productos meteorológicos pueden introducirse en los algoritmos de teledetección como datos de entrada o como datos de referencia en la calibración y validación de sus resultados.

CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA DE DATOS DE TELEDETECCIÓN

El primer paso para la estimación fiable de magnitudes físicas de la superficie a partir de observaciones de satélite adquiridas desde el techo de la atmósfera es la determinación precisa de los efectos atmosféricos. Esto implica, por una parte, el uso de un código de transferencia radiativa validado y, por otra, contar con información fiable sobre la atmósfera que pueda utilizarse como datos de entrada para dicho código. Es bien sabido que todos los códigos de transferencia radiativa comúnmente empleados son adecuados si se les proporciona información suficientemente precisa de los parámetros atmosféricos relevantes. En el dominio solar del espectro, nos referimos fundamentalmente al vapor de agua atmosférico y a los aerosoles, ya que el ozono, aunque variable, presenta una concentración bastante estable estacionalmente.

Vapor de Agua

El vapor de agua es el componente gaseoso de la atmósfera más importante desde el punto de vista de la absorción de la radiación, tanto solar como de onda larga. Su distribución en la atmósfera es altamente variable, tanto espacial como temporalmente, horizontal y verticalmente. Su concentración puede calcularse a partir de los radiosondeos operativos de los Servicios Meteorológicos (0:00 h y 12:00 h). Sería posible interpolar espacialmente estos datos integrados para cada columna atmosférica correspondiente y así obtener la distribución espacial del vapor de agua en ambos momentos del día. El procedimiento resulta ser muy limitado en el tiempo, no muy preciso por el limitado número de radiosondeos, muy laborioso en el cálculo y, como consecuencia, poco operativo.

Un procedimiento más operacional y fiable y que puede ir actualizándose cada 6 h consiste en obtener la cantidad de agua precipitable integrada sobre la columna donde los modelos de predicción numérica proporcionan valores de temperatura y humedad específica. En este sentido, se pueden presentar dos aplicaciones complementarias. La primera se refiere a la utilización del modelo HIRLAM/INM de 0.5° (ó 0.2°) de resolución en

latitud, proporcionando mapas de vapor de agua de alta resolución a nivel regional, y la segunda a la utilización de los análisis del ECMWF (European Center for Medium Weather Forecast), de 1° x 1° de resolución espacial, proporcionando mapas de vapor de agua precipitable de menor resolución espacial, pero de cobertura más global.

Mapas Regionales de Vapor de Agua Precipitable

En Junio de 1991, el modelo de predicción numérica operativo del Instituto Nacional de Meteorología era el LAM (Limited Area Model) de 0.91° de resolución en latitud. El modelo operativo actual es el HIRLAM/INM (High Resolution Limited Area Model del Instituto Nacional de Meteorología), de 0.5° de resolución en latitud. La necesidad de analizar datos de Junio de 1991 en el contexto del Proyecto RESMEDES (Remote Sensing of Mediterranean Desertification and Environmental Stability) (Meliá, López-Baeza, et al., 1997) motivó, por parte del INM (del Río, 1997), la conveniencia de programar una ejecución retrospectiva original del HIRLAM/INM para el 23 de Junio de 1991, en lugar de buscar en los archivos de análisis del LAM. Así, se realizó una integración 00Z para dicha fecha, a partir de la cual se pueden obtener predicciones de vapor de agua precipitable, cobertura nubosa y temperatura del techo de las nubes en los 31 niveles verticales del HIRLAM/INM, para las 06Z, 12Z y 18Z, con una rejilla de 194 columnas (longitud) y 100 filas (latitud, para barrer un área que se extiende desde -65.5 W a 30.0 E y desde 15.5 N a 65.0 N. La ejecución del modelo utilizó las observaciones necesarias y los análisis en 19 niveles en la vertical del ECMWF como condiciones de contorno. El campo previo fue la predicción H+6 de la ejecución del HIRLAM/INM correspondiente a las 18Z del 22 de Junio de 1991, que también se tuvo que hacer retrospectivamente.

La cantidad de vapor de agua precipitable integrada sobre toda la columna para cada una de las 19400 celdillas se calcula a partir de los valores puntuales de humedad específica correspondientes a los 31 niveles híbridos del modelo, hasta los 200 hPa donde la humedad específica es prácticamente 0 en todas las celdillas. La comparación del vapor de agua precipitable así obtenido con el que resulta de la integración de los radiosondeos operacionales del INM en la Península Ibérica para las 12:00 h es buena excepto en las estaciones donde los radiosondeos fueron deficientes o incompletos. Los valores que se obtienen sobre la península varían entre 1.2 y 2.6 g/cm².

Mapas de Vapor de Agua Precipitable para la Cuenca del Mediterráneo

Los análisis del ECMWF proporcionan datos globales de temperatura, humedad relativa, geopotencial y presión atmosférica en 14 niveles de la atmósfera con una resolución de $1^\circ \times 1^\circ$, para las 0:00 h, 6:00 h, 12:00 h y 18:00 h. Puede, pues, también obtenerse el vapor de agua precipitable integrando para cada columna. En este trabajo se ha seleccionado una ventana sobre el Mediterráneo que se ha remuestreado a la escala de METEOSAT-5.

Espesor Óptico de los Aerosoles

Una vez que se conoce la cantidad de vapor de agua contenida en la columna de atmósfera, puede entonces estimarse el espesor óptico de los aerosoles mediante la comparación de valores de irradiancia global medidos en superficie y calculados por simulación, utilizando el código de transferencia radiativa, con una entrada fija para el vapor de agua y variando las condiciones de visibilidad, o el espesor óptico de los aerosoles, o incluso el modelo de aerosoles en cuanto a distribuciones de tipos y tamaños. En este trabajo, se presenta una forma aproximada de acercarse a la solución del problema suponiendo un modelo determinado de aerosoles. Este método se ha empleado satisfactoriamente con dos sensores de tan distinta resolución espacial como son METEOSAT (Fortea et al., 1997) y LANDSAT-TM (Zahonero, 1998 y Zahonero et al., 1998).

Una forma alternativa más operativa aunque menos precisa de considerar el efecto de los aerosoles es produciendo mapas interpolados de visibilidad a partir de las medidas operativas que realizan los SMNs, por ejemplo, en las capitales de provincia a las 7:00, 13:00 y 18:00 h para el caso del Instituto Nacional de Meteorología en España.

VALIDACIÓN DE PRODUCTOS DE TELEDETECCIÓN

Los resultados obtenidos mediante los algoritmos de teledetección deben ser capaces de reproducir medidas simultáneas obtenidas sobre diferentes tipos de superficies para poder confiar en sus procedimientos. Lógicamente, debe tenerse en cuenta las diferentes escalas de ambos tipos de medidas para que la comparación tenga significado.

Una forma inmediata de llevar a cabo la validación de productos de teledetección es realizando medidas simultáneas de las magnitudes que se pretenden comparar. Una vez más, los

experimentos de campo han demostrado su eficacia en este contexto. De hecho, este es uno de sus objetivos fundamentales. Aunque sabemos que la realización práctica de los experimentos de campo es muy costosa, puede realmente considerarse como una inversión en el sentido de que la base de datos de gran calidad que puede conseguirse puede también utilizarse para la validación de algoritmos futuros.

Dependiendo de las magnitudes específicas que se consideren, es también conveniente poder utilizar las medidas operacionales de los SMNs como datos de referencia para comparar y validar los resultados de los algoritmos de teledetección.

En el contexto de este trabajo, se han comparado los resultados de las clasificaciones de nubes realizadas utilizando imágenes METEOSAT con las medidas rutinarias realizadas por el INM en las capitales de provincias. Pero también ha resultado muy conveniente la comparación con los campos de cobertura nubosa obtenidos a través del HIRLAM/INM. Similarmente, también se han utilizado los datos de radiación solar medidos en las capitales de provincia como referencia para los resultados del cálculo de la radiación solar desde satélites.

CONCLUSIONES

El vapor de agua precipitable, que se necesita conocer como datos de entrada de los códigos de transferencia radiativa, puede obtenerse de forma realista a partir de los datos de los análisis del ECMWF (globales, resolución 1°) o de las predicciones de Modelos de Predicción Numérica de alta resolución (por ejemplo, el HIRLAM/INM, de carácter regional y resolución 0.5°). Asimismo, el espesor óptico de los aerosoles, cuyo conocimiento también es fundamental, puede obtenerse ajustando simulaciones realizadas con el código de transferencia radiativa a medidas de radiación solar en superficie. Para ello, es necesario contar con medidas calibradas de dicha magnitud.

La validación de algunos productos de teledetección puede hacerse con medidas calibradas procedentes de las observaciones rutinarias de los Servicios Meteorológicos Nacionales, pero también conviene utilizar productos intermedios de los Modelos de Predicción Numérica. Aparte de algunos productos relativamente obvios, conviene investigar la posibilidad de deducir otros que de algún modo dependan de las parametrizaciones de diversos campos incluidos en dichos modelos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca específicamente dentro de los Proyectos RESMEDES (Remote Sensing of Mediterranean Desertification and Environmental Stability) y RESYSMED (Synthesis of Change Detection Parameters Into a Land-Surface Change Indicator for Long-Term Desertification Studies.), y también dentro del Proyecto Integración de Parámetros Climáticos y Medidas de Satélite para Estudios Regionales de la Cubierta Vegetal. Estudio del Impacto de la Degradación de los Cultivos Extensivos y de los Incendios Forestales del Programa Nacional de I+D sobre el CLIMA. J.C. Fortea, disfrutó de una beca de investigación dentro del marco de RESMEDES y A. Bodas dentro del de RESYSMED. Es importante reconocer la ayuda prestada por el Instituto Nacional de Meteorología, a través de P. del Río, del Servicio de Predicción Numérica, también por la provisión de datos de visibilidad, nubosidad, radiación solar y los productos intermedios derivados del HIRLAM/INM, cuya ejecución retrospectiva fue especial para la realización del trabajo. Similarmente, se reconoce la utilización de datos de análisis del ECMWF, conseguidos a través del Dr F. Olesen de la Universidad de Karlsruhe e imágenes METEOSAT procedentes de la Universidad Libre de Berlín. Dado el carácter de revisión de este trabajo, los autores quieren también agradecer la colaboración de J.A. Valiente, M.J. Zahonero, E. Marchuet, D. Ortolá, y Ramiro Palau.

REFERENCIAS

Fortea, J.C., Valiente, J.A. and López-Baeza, E. (1997): Surface albedo from METEOSAT-4 data. Accurate atmospheric correction using ground data. VII Congreso Nacional de Teledetección, Santiago de Compostela, 24-28 Junio 1997.

Melia, J., Lopez-Baeza, E., Fortea, J.C., Lanjeri, S., Moreno, J., Segarra, D. (1997): Surface albedo obtained by means of an accurate atmospheric correction that uses ground measurements of solar radiation. Application to METEOSAT-4 data to get the diurnal evolution of surface albedo and to LANDSAT-TM data to get high-resolution surface albedo maps. Contribution of the University of Valencia. Remote Sensing of Mediterranean Desertification and Environmental Stability (RESMEDES). Final Report. Contract No.: ENV4-CT95-0094.

Río, P. del (1997): Comunicación Personal.

Zahonero, M.J. (1988): Corrección Atmosférica de Imágenes LANDSAT para el Cálculo del Mapa de Albedo. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Junio 1998 (Director: Dr. E. Lopez-Baeza, Tutor en el Centro: Dr. J.M. Fuster).

Zahonero, M.J., Marchuet, E., Lopez-Baeza, E., Valiente, J.A. y Fuster, J.M. (1998): Corrección atmosférica precisa de imágenes LANDSAT-TM utilizando medidas en el suelo. Obtención de mapas de albedo de alta resolución espacial. En *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibericas e Iberoamericanas*, Editado por F. Fernández García, E. Galán Gallego y R. Cañada Torrecilla. Capítulo 4.5, 449-460.