

---

---

## XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.

---

---

### Diferenciación de clases de ocupación del suelo según su multiangularidad.

P. Arrogante-Funes<sup>\*a</sup>, C.J. Novillo<sup>a</sup>, R. Romero-Calcerrada<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos*

---

#### Resumen

Desde los años 70 se conoce que la reflectancia de las distintas ocupaciones del suelo varía según los ángulos de observación e iluminación, es decir, las cubiertas son anisotrópicas. Por tanto, la geometría de captación es un condicionante importante a tener en cuenta a la hora de analizar las imágenes captadas, pero al mismo tiempo se podría aprovechar lo que tal anisotropía nos infiere. A este respecto, existen varios trabajos que hablan de la capacidad de estimar características estructurales de la vegetación y caracterizar distintas ocupaciones del suelo, utilizando variables multiangulares. El objetivo del presente trabajo es evaluar la posibilidad en primera instancia, de poder diferenciar distintas ocupaciones del suelo a partir de la información multiangular que nos proporciona el sensor Multi Angle Spectro Radiometer (MISR) a bordo del satélite TERRA. Para ello se ha trabajado con el producto elaborado MISR L2 Land Surface de 1.1 km de pixel, que proporciona los parámetros  $\rho$ ,  $\Theta$  y  $k$  para cuatro bandas, azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, del modelo RPV, un modelo semiempírico de factor de reflectancia bidireccional (BRF). Los datos utilizados son de fecha 21/7/2005, para píxeles puros de CORINE Land Cover 2006 de la España peninsular. Los resultados muestran que las clases agrícolas tienen medias significativamente más bajas para el parámetro  $\rho$  y más altas para los parámetros  $\Theta$  y  $k$  que las clases forestales para todas las bandas. Tales resultados invitan a pensar que la multiangularidad puede ayudar a la hora de mejorar las clasificaciones de imágenes y determinar estructuras en las ocupaciones del suelo.

---

<sup>\*</sup> E-mail: [patricia.arrogante.funes@gmail.com](mailto:patricia.arrogante.funes@gmail.com)

Palabras clave: Anisotropía; BRF (Factor de Reflectancia Bidireccional); CORINE Land Cover; MISR (Multi Angle Spectro Radiometer); Modelo RPV; Multiangularidad.

---

## 1. Introducción

La teledetección hoy en día es una de las herramientas de mayor interés en campos que estudian los recursos naturales, seguimiento de las coberturas del suelo, estimación de variables físicas, atmosféricas, fisiológicas o ecológicas.

La reflectancia de las cubiertas terrestres varía en función de la longitud de onda y los ángulos acimutales y cenitales de iluminación y observación. Esta variación supone que las cubiertas terrestres son anisotrópicas (Nicodemus, Richmond, Hsia, Ginsberg y Limperis 1977) y por tanto la geometría de captación es un condicionante a tener en cuenta a la hora de analizar imágenes. Se define geometría de captación como la situación de la fuente de iluminación y la del sensor en el momento de la toma de los datos.

La radiación solar es reflejada en parte por la atmósfera y en parte por la vegetación y el suelo. Según se sitúe la cámara con respecto al foco de iluminación, se van a captar más o menos sombras. Se darán un máximo de reflectancia cuando las sombras sean mínimas y un mínimo de ésta cuando las sombras sean máximas. La anisotropía no solo ha de tenerse en cuenta en el análisis de la información, sino, como fuente de información adicional a la hora de diferenciar distintos usos de suelo o inferir propiedades estructurales de la vegetación.

Hasta la fecha se ha estudiado la multiangularidad para: caracterizar y cuantificar nubes (Zhao y Di Girolamo 2004), en la caracterización y diferenciación de cubiertas terrestres (Selkowitz 2010) y en la obtención de datos de fracción de cubierta de arbolado o biomasa (Chopping et al. 2008).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la posibilidad de diferenciar distintas ocupaciones del suelo a partir de la información multiangular que nos proporciona el sensor Multi Angle Spectro Radiometer (MISR), a bordo del satélite TERRA. Dicho sensor tiene nueve cámaras dispuestas en distintos ángulos hacia delante y atrás de la cenital. Fue diseñado para sacarle partido a la información multiangular. Presenta una resolución espectral de cuatro bandas en el azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, una resolución espacial de 275 a 1100 metros de pixel y una resolución temporal que oscila entre 2 y 9 días (Diner et al. 1998).

## 2. Metodología, materiales, datos y herramientas.

En el presente trabajo se toma una imagen con fecha 21/Julio/2005 y órbita 29738 (se puede observar en la figura 1) del producto elaborado MISR L2 Land Surface. Este producto proporciona imágenes de 1.1 km de pixel y los parámetros  $\rho$ ,  $\Theta$  y  $k$  para cuatro bandas, azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, del modelo RPV. Se trata de un modelo semiempírico de factor de reflectancia bidireccional (BRF), propuesto por Rahman, Pinty y Verstraete (1993). El factor de reflectancia bidireccional es un factor que, teniendo en cuenta una geometría de captación, considera la energía que le llega a la cubierta y la que es reflejada por ésta. Además la compara con lo que reflejaría un cuerpo lambertiano, es decir, un cuerpo que no absorbe y además refleja igual en todas direcciones (Schaeppman-Strub G. 2004).

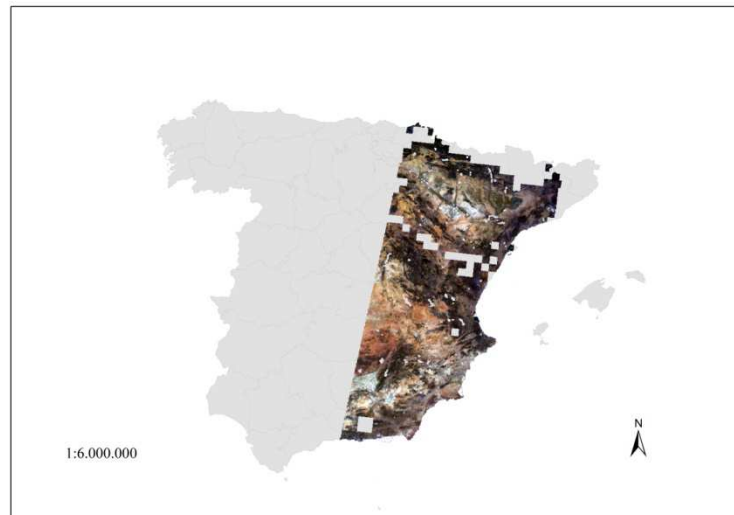


Fig. 1. (a) Zona de estudio. Imagen MISR L2 Land Surface con fecha 21/Julio/2005.

El parámetro  $\rho$  modifica la amplitud de la gráfica de BRF, gráfica que muestra la relación entre BRF y los distintos ángulos del sensor con respecto al cenital. Mientras que  $\Theta$  representa la asimetría en la gráfica de BRF y  $k$  está más relacionado con la proporción de vegetación y suelo descubierto.

La imagen MISR presenta zonas en las que no hay dato. Esto se debe a que se eliminan píxeles con cierta cantidad de nubes. Además, le aplicamos una máscara de nubes realizada de forma manual (Novillo 2012).

Mediante el uso de un software GIS, se ha cruzado dicha imagen con la cartografía CORINE Land Cover 2006, a la que se le ha realizado un buffer de 500 metros para conseguir píxeles prácticamente puros de clases CORINE. Dicha cartografía se ha usado en formato vectorial y presenta una escala de 1:100.000.

Se realizan promedios por clases CORINE y se eligen las que tienen más de 30 puntos o píxeles. Se trabaja con 6 clases, ver Tabla 1. También se realizan análisis estadísticos inferenciales para observar si las clases tienen medias significativamente distintas entre sí. Los estadísticos aplicados son Test Anova y Kruskal-Wallis, con Post-Hoc Games-Howell. Para la elección nos basamos, entre otros, en el trabajo sobre inferencia estadística de Casas Cardoso y Veitía (2008).

Tabla 1. Clases CORINE Land Cover 2006, consideradas en este trabajo.

Código clase	Nombre clase
211	Tierras de labor en secano
212	Tierras permanentemente regadas
244	Sistemas Agroforestales
311	Coníferas
312	Fronosas
321	Pastos naturales

### 3. Resultados y discusión

De los gráficos de caja y bigotes representados en la figura 2 y realizados con los datos relativos a los parámetros  $\rho$ ,  $\Theta$  y  $k$  del modelo RPV, en las cuatro bandas en las que toma dato este sensor, azul, verde, rojo e infrarrojo cercano se observa:

- La varianza (dispersión) de los valores que toma el parámetro  $\rho$  es menor para las bandas del rojo y el infrarrojo cercano que para las del verde y azul. Dichas bandas son las que se ven más influenciadas por el factor atmosférico. El equipo de MISR proporciona el producto MISR L2 Land Surface con corrección atmosférica. Dicha corrección se hace para un producto L1 (anterior) a 17,6 km de pixel. Es posible que esa mayor varianza en los valores del parámetro  $\rho$  en la banda azul y verde esté relacionada con la corrección atmosférica que presenta el producto.
- La varianza del parámetro  $\Theta$  en los canales rojo e infrarrojo cercano es mayor que en las bandas del verde y el azul.
- La varianza del parámetro  $k$  es mayor en el canal del azul que en rojo, infrarrojo y verde. Similar en verde y rojo y la menor en el infrarrojo cercano.
- Atendiendo a cada combinación parámetro-banda y comparando dentro de esta cada clase con las demás, observamos los siguientes detalles. Las clases con menor varianza en cualquier combinación parámetro-banda, son las agrícolas. Esto es más destacado en el parámetro  $k$ , en el que el contraste entre las varianzas de clases forestales contra agrícolas es mayor que en los otros dos parámetros. Esto explica el hecho de que dicho parámetro se vea más influenciado por la estructura de las masas vegetales tal como apuntan Widlowski, Pinty, Gobron, Verstraete y Davis (2001). Las estructuras de las clases agrícolas son más homogéneas y por ello también lo son los valores que toma el parámetro  $k$ .
- Atendiendo a la diferenciación entre clases decir que las cajas de las clases 211 y 212 siempre solapan excepto en el caso del parámetro  $\Theta$  en todos los canales. Lo mismo ocurre con las clases 311 y 312 pero solo parámetro  $\Theta$  banda del IRC. Se trata de una fecha de verano y por tanto los cultivos de secano están presentes y no los de regadío. El hecho de que esto se perciba en  $\Theta$  y no en los otros dos parámetros podría estar relacionado con que  $\Theta$  sea más dependiente de las orientaciones internas de la vegetación. Precisamente para medir esta propiedad existe un índice llamado *cumpling index* (Pisek et al., 2013) que tiene directa dependencia con la BRF. Dicho índice percibe diferencias entre orientaciones de las hojas y presenta un valor distinto en coníferas y frondosas. En las clases 211,212 y 321 existe mayor cantidad de suelo descubierto que en las clases 311 y 312 en nuestra imagen. Los resultados muestran que los valores que toma el parámetro  $\Theta$  son mayores en las primeras que en las segundas. Por tanto nuestros resultados guardan relación con los obtenidos por Sedano, Lavergne, Ibanez y Gong (2008) en los que se muestran altos valores de dicho parámetro para suelos descubiertos

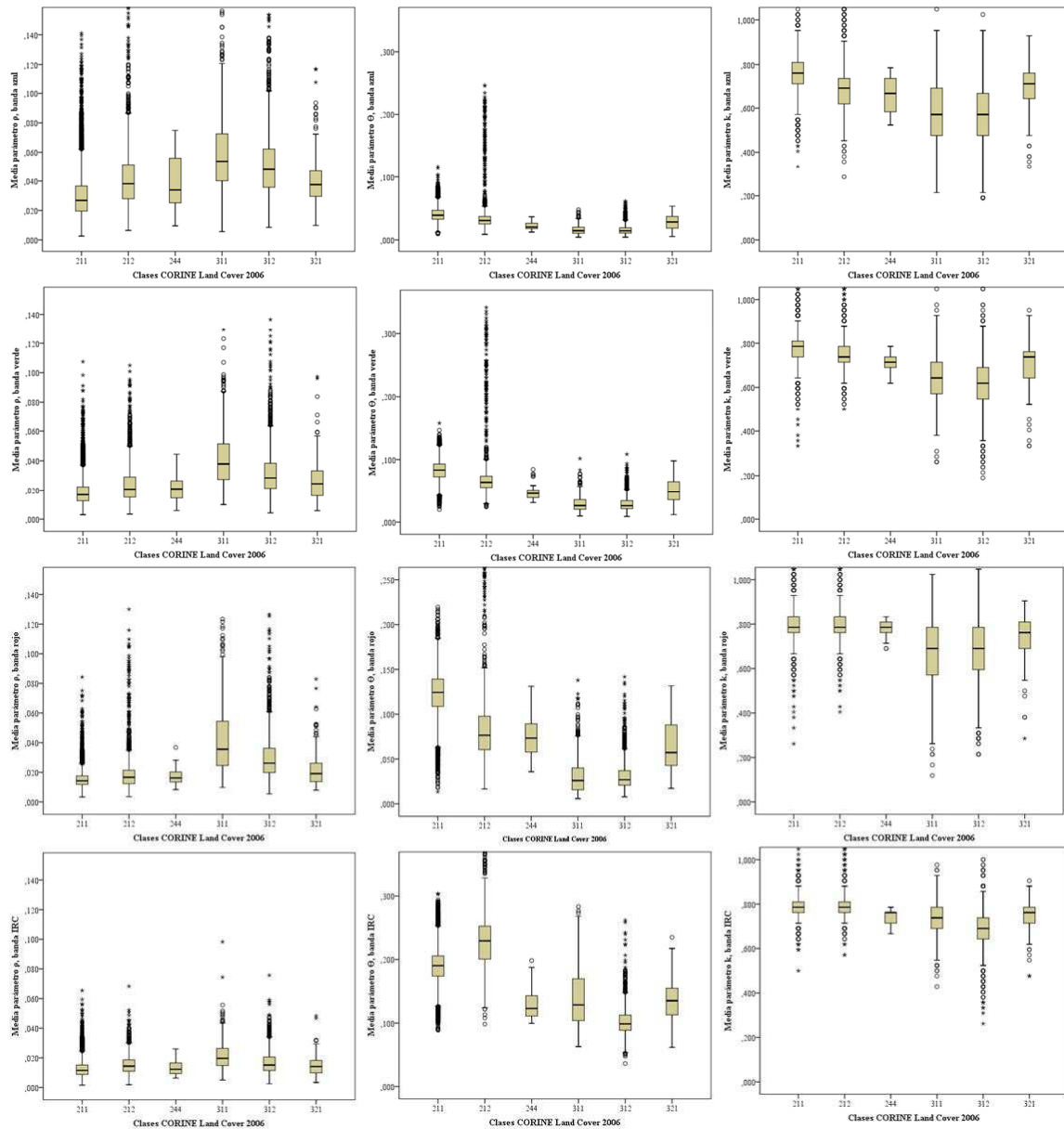
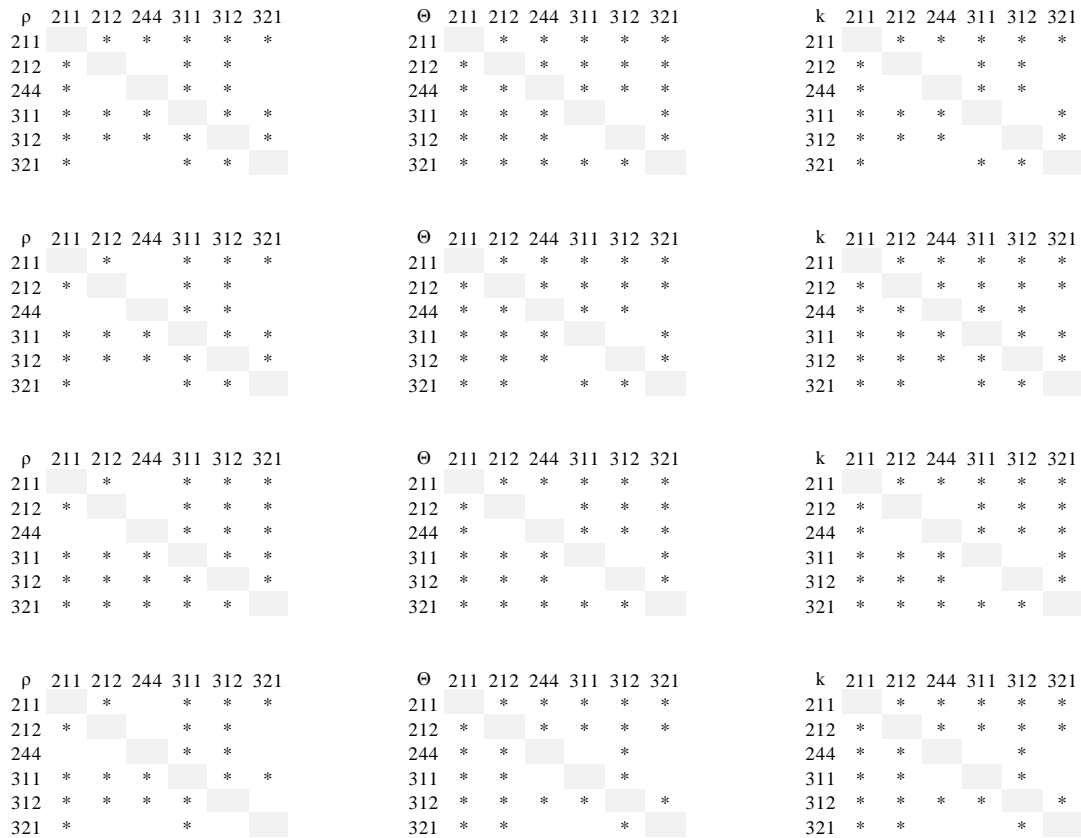


Fig. 2. (a) gráfico caja y bigotes clases parámetro p banda del azul; (b) gráfico caja y bigotes clases parámetro  $\theta$  banda del azul; (c) gráfico caja y bigotes clases parámetro k banda del azul; (d) gráfico caja y bigotes clases parámetro p banda del verde; (e) gráfico caja y bigotes clases parámetro  $\theta$  banda del verde; (f) gráfico caja y bigotes clases parámetro k banda del verde; (g) gráfico caja y bigotes clases parámetro p banda del rojo; (h) gráfico caja y bigotes clases parámetro  $\theta$  banda del rojo; (i) gráfico caja y bigotes clases parámetro k banda del rojo; (j) gráfico caja y bigotes clases parámetro p banda del infrarrojo cercano; (k) gráfico caja y bigotes clases parámetro  $\theta$  banda del infrarrojo cercano; (l) ) gráfico caja y bigotes clases parámetro k banda del infrarrojo cercano.

En cuanto a los resultados obtenidos tras los estadísticos ANOVA y Kruskal-Wallis: teniendo en cuenta que los grupos observados son las seis clases de la tabla 1 y que la variable independiente es cada uno de los tres parámetros para cada banda y parámetro se infiere que existen al menos un par de medias y medianas distintas significativamente.

Del cálculo de los estadísticos Post-Hoc, en este caso estadístico Games-Howell, se presenta la figura 3. Lo más predominante es que las medias son significativamente distintas entre clases. Hecho que no ocurre para el parámetro  $\rho$  en las clases 212 y 244 ni entre estas mismas clases en el parámetro  $k$  en la banda azul o en parámetro  $\Theta$  y banda del rojo.

No se da la significancia entre diferencia de medias para las clases 321, 212 y 244 para el  $\rho$  azul, verde e IRC, para el  $\Theta$  IRC ni el  $k$  azul. Esto puede estar relacionado con el hecho de que el fondo introduzca ruido a los resultados y por ello al ser éste muy parecido en las tres clases no se observen diferencias significativas.



\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fig. 3. (a) diferencia de medias  $\rho$  banda del azul; (b) diferencia de medias  $\Theta$  banda del azul; (c) diferencia de medias  $k$  banda del azul; (d) diferencia de medias  $\rho$  banda del verde; (e) diferencia de medias  $\Theta$  banda del verde; (f) diferencia de medias  $k$  banda del verde; (g) diferencia de medias  $\rho$  banda del rojo; (h) diferencia de medias  $\Theta$  banda del rojo; (i) diferencia de medias  $k$  banda del rojo; (j) diferencia de medias  $\rho$  banda del infrarrojo cercano; (k) diferencia de medias  $\Theta$  banda del infrarrojo cercano; (l) ) diferencia de medias  $k$  banda del infrarrojo cercano.

#### 4. Conclusiones

Con el presente trabajo hemos evaluado la posibilidad de diferenciar entre distintas ocupaciones del suelo a partir de información multiangular. Tras el análisis de las distintas clases en nuestra zona de estudio se infiere que sí hay diferencias en la respuesta media de dichas clases para un gran número de combinaciones parámetro-banda.

Yendo al detalle observamos que en el parámetro  $k$  se denotan más las características estructurales de la vegetación que en el resto de parámetros (menor varianza entre clases más homogéneas). En el parámetro  $\Theta$  se dan pocos solapes entre clases en la figura 2 y además los valores medios de las clases son significativamente distintos para casi todas ellas. Por lo que este parámetro podría ser idóneo para diferenciar entre clases de usos de suelo. Los valores que toma el parámetro  $\rho$  en las bandas azul y verde parecen estar más viciados por la corrección atmosférica con la que se nos proporciona el producto.

Los resultados tras este trabajo animan a seguir investigando en estos parámetros y en su aplicación directa para la diferenciación de usos de suelo.

#### Referencias

- Chopping, M., et al. (2008). Remote sensing of woody shrub cover in desert grasslands using MISR with a geometric-optical canopy reflectance model. *Remote Sensing of Environment* 112(1): 19-34.doi:10.1016/j.rse.2006.04.023
- Diner, D. J., et al. (1998). Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) instrument description and experiment overview. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on* 36(4): 1072-1087.doi:10.1109/36.700992
- Casas Cardoso, G. and Veitía, N. (2008). Aplicación de métodos de comparaciones múltiples en Biotecnología Vegetal. *Biotecnología Vegetal*. 8: 67 - 71.
- Nicodemus, F. E., J. C. Richmond, J. J. Hsia, I. W. Ginsberg and T. Limperis (1977). Geometrical considerations and nomenclature for reflectance. *Radiometry. B. W. Lawrence, A. S. Steven and H. Glenn, Jones and Bartlett Publishers, Inc.:* 94-145.
- Novillo, J., C (2012). Aplicaciones de Interés Forestal de las imágenes obtenidas con el sensor Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR). Ingeniería Forestal. Madrid, Escuela Técnica superior de ingenieros de montes y escuela universitaria de ingeniería técnica forestal.
- Pisek, J., Ryu, Y., Sprintsin, M., He, L., Oliphant, A., J., Korhonen, L., Kuusk, J., Kuusk, A., Bergstrom, R., Verrelst, J., Alikas, K (2013). Retrieving vegetation clumping index from Multi - angle Imaging SpedtroRadiometer (MISR) data at 275 m resolution. *Remote Sensing of Environment- 138:* 126-133
- Rahman, H., B. Pinty and M. M. Verstraete (1993). Coupled Surface-Atmosphere Reflectance (CSAR) Model 2. Semiempirical Surface Model Usable With NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer Data. *J. Geophys. Res.* 98(D11): 20791-20801.doi:10.1029/93JD02072
- Schaepman-Strub G., P., T., Huber, S. Dangel, S., Schaepman, M. E., Martonchik, J. and F. Berendse (2004) (2004). About the importance of the definition of reflective quantities - results of case studies. *Proceedings of the XXth ISPRS congress: Geo-imagery bridging continents, Istanbul, Turkey, .*
- Sedano, F., T. Lavergne, L. M. Ibanez and P. Gong (2008). A neural network-based scheme coupled with the RPV model inversion package. *Remote Sensing of Environment* 112(7): 3271-3283.doi:10.1016/j.rse.2008.04.003
- Selkowitz, D. J. (2010). A comparison of multi-spectral, multi-angular, and multi-temporal remote sensing datasets for fractional shrub canopy mapping in Arctic Alaska. *Remote Sensing of Environment* 114(7): 1338-1352.doi:10.1016/j.rse.2010.01.012
- Widlowski, J. L., B. Pinty, N. Gobron, M. M. Verstraete and A. B. Davis (2001). Characterization of Surface Heterogeneity Detected at the MISR/TERRA Subpixel Scale. *Geophysical Research Letters* 28(24): 4639-4642.doi:10.1029/2001GL013490
- Zhao, G. Y. and L. Di Girolamo (2004). A cloud fraction versus view angle technique for automatic in-scene evaluation of the MISR cloud mask. *Journal of Applied Meteorology* 43(6): 860-869.doi:10.1175/1520-0450.