

ÍNDICE DE VEGETACIÓN. APLICACIÓN DEL NDVI

E.G.Manrique

manrique@uma.es

*Departamento de Geografía. Campus Universitario
Teatinos. Universidad de Málaga. 29071. Málaga*

Resumen:El trabajo aplica el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) del TM a diversos espacios del Sur y Sureste de Andalucía. Reducido el límite de los valores negativos y positivos a -1 y +1 se puede señalar, sobre la imagen las zonas de igual índice de vegetación. Se comparan las diferencias existentes entre los índices obtenidos del SPOT y los del TM sobre el mismo espacio.

Abstract:NDVI of TM is applied to several spaces with contrasted vegetal coverage of south and southeast of Andalucía. Contracted the values to -1 +1 limit, spaces with the same NDVI can be marked using color images. Differences existing between indexes obtained using SPOT and TM, applied to the same space, and compared.

Palabra clave: índice de vegetación.

Es básico en teledetección que la relación entre las bandas del Infra-rojo cercano y el rojo constituyen un test de comprobación del vigor de la vegetación o por el contrario, su débil vitalidad. La presente comunicación es parte de un proyecto más completo sobre la aplicación del índice de vegetación a un amplio espacio del sur de España. Además de conocer el vigor o debilidad de la vegetación, el índice puede ser un elemento de diferenciación de cultivos y lo mismo en vegetación natural, con una identificación en la imagen que se mantiene con toda nitidez. Además, ésta no pierde la respuesta espectral de cada pixel.

Lo usual para el índice de vegetación (aprovechando la alta absorción de las bandas del visible y la fuerte reflectancia del infrarrojo cercano) es buscar la relación entre la banda del infrarrojo cercano (700-1300 nm) y la banda del rojo (650 nm) lo que corresponde, en el TM, a la relación entre las bandas 4 y 3 y en el SPOT, entre las bandas 3 y 2. (TM4/TM3 o SPOT3/SPOT2).

La primera utilización (Jordan 1969) del índice de Vegetación fue simplemente la ratio del IR y el Rojo aunque no se le llamase índice de vegetación. Todavía se usa en muchas ocasiones. Presenta la dificultad de que el rango puede variar de 0 a infinito.

Por eso se suele utilizar y así lo hacemos en este trabajo el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Descrito por primera vez por Rouse et al. en 1973, tiene la ventaja de que solo varía de -1 a +1. La ecuación es Infrarrojo-rojo/infrarrojo+rojo. Es la que hemos utilizado por la ventaja de poder señalar sus pequeñas diferencia en la imagen.

Existe una gran variedad de modificaciones del NDVI. Hemos prescindido de esos diversos modelos y sólo hemos hecho en el sureste almeriense alguna prueba de corrección de la perturbación que puede causar el suelo en esas zonas de escasa cobertura vegetal. Se ha aplicado el SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) introducido por Huete (1988). Las fórmulas $((NR-red)/(NR+red+L))*(1+L)$ donde la L oscila entre 0 y 1. Sobre suelos que soportan alta densidad de vegetación $L = 0$ y en los de baja cobertura vegetal el factor L puede oscilar entre 0.3 y 0.9. La media es 0.5.

Igualmente hemos hecho alguna prueba del ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index) introducida por Kaufman y Tanre (1992) para el EOS-MODIS. El ARVI modifica la fórmula del NDVI y su cálculo es el siguiente:

$$\frac{NIR - (red - i.0 * (red - blue))}{NIR + (red - i.0 * (red - blue))}$$

Teniendo presente estos fundamentos, ya conocidos y frecuentemente utilizados, se han aplicado los modelos a varias zonas del sur español muy distintas por tipo de cultivo o de vegetación natural. Se han utilizado tres bandas, en RGB, en general las bandas 432 del TM y naturalmente la 321 del Spot. El color de la banda azul, sirve para recubrir con color azul en la imagen las zonas de igual índice de vegetación. Al tratarse de un índice normalizado, quedan corregidas las fuerte variaciones que existen, en una relación simple TM4/TM3, entre los pixels de las bandas 4 y 3 que aquí se reduce a unos límites de -1 a +1. Aplicada la fórmula del NDVI y obtenidos los límites de los valores negativos y positivos se pueden señalar en la imagen los de índice positivo o negativo y, dentro de cada uno, sus variantes. La fase final es el paso a un mapa.

En el análisis de los índices del espacio andaluz hay que tener presente que exceptuada la Campiña, predomina en la Andalucía montañosa el mosaico de cultivos aun en secano y en determinados casos, en cultivos arbóreos, donde la influencia del suelo es de gran importancia en la respuesta espectral.

De la gran variedad de espacios estudiados sólo presentamos algún ejemplo y de ellos alguna

imagen de valores positivos que nos indique el método de análisis. Pero en cada caso estudiado, pequeñas variaciones del índice dan por resultado nuevas imágenes de vegetación semejante.

En la imagen **n.1** presentamos en RGB las bandas 432 (15-VI-84) del valle medio del Guadalhorce, Montes de Málaga y el surco longitudinal al norte de los Montes de Málaga. A su lado, en la imagen **n.2** el color azul-morado (morado al superponerse sobre rojo) indica los valores positivos (>0) del índice: recubre todo el valle regado, la zona de cereal del surco longitudinal, donde el diferente color marca la separación de los dos tipos, uno de ciclo corto y otro de ciclo largo que madura más tardíamente. También tiene índice positivo el matorral denso y manchas de bosque que aparece al este. La mayor parte de los Montes de Málaga está cubierta por un mosaico de cultivos arbóreos de secano, donde se mezclan olivar-almendro y vegetación natural que tiene valores positivos fuera de las laderas bajas de erial por lo cual no aparecen coloreadas de azul, lo mismo que lo urbano (ciudad de Málaga).

Los valores negativos se mueven en límites muy pequeños: si se señalasen las zonas con índices menores que -0.2 solo aparecería lo urbano y algún retazo de erial. En los índices positivos, los valores superiores a 0.2 (imagen **n.3**) cubren los regadíos, los cereales todavía no maduros y el bosque-matorral denso. En los cultivos, los agrios del Guadalhorce (limoneros) alcanzan valores de hasta 0.6, los más vigorosos, y en los cereales, se llegan a límites de 0.9.

La diversidad de índices entre los cultivos (o dentro del mismo, sobre todo en los frutales riego, a causa del tipo de plantación) puede servir para delimitar en general tipos de cultivo. La imagen **n.4** (12-1-86) presenta una ventana del bajo Guadalhorce. Reproduce los espacios de índice >0.5 donde están representados con color morado-azul todos los cultivos regados. Con el 0.7 (imagen **n.5**) sólo están señalados los limoneros pues, en el delta, los cultivos de caña u hortalizas no alcanzan esos índices, mientras que algunos campos de limoneros alcanzan valores de 0.9.

Índices semejantes de frutales regados se encuentran en el valle del Guadalquivir, por ejemplo (XI- 84) entre Alcolea y Lora del Río, donde plantaciones de frutales riego bordean los cultivos hortícolas cercanos al río. Todos los frutales superan el índice 0.5. Entre 0.5-0.8 va disminuyendo el número de parcelas de modo que sólo un pequeño grupo alcanza valores de 0.9.

La comarca de Antequera suministra ejemplos de índices de cereal y olivar (15-junio-84). Tanto el

herbáceo -en esa fecha- como los olivares que bordean el centro de la depresión poseen índices positivos (>0). Solo lo urbano queda excluido. Valores >0.1 lo presenta todavía casi todo el olivar (en zonas de suelos rojos dan negativo). Con índice >0.2 sólo queda algún retazo de olivar y todo el herbáceo regado. Con índice >0.3 ha desaparecido el olivar y sólo quedan las manchas de herbáceo y bosque. Pero los índices del herbáceo no alcanzan aquí los valores máximos de los frutales riego. Superan en general el índice 0.4, pero sólo alguna parcela de riego alcanza el 0.5.

En el sureste almeriense se han comparado los índices que nos suministran las imágenes del SPOT con las del TM. En conjunto, los índices del SPOT casi coinciden, aunque en algunas zonas, como el valle medio del Andarax son ligeramente más bajos, en el mismo espacio, que los del TM. De hecho, allí los límites del NDVI del Spot oscilan entre -0.33 y +0.8, mientras que, sobre el mismo espacio, en el TM son de -1 y +1, ambas en el mes de septiembre, el momento donde la aridez es extrema en esta zona. Eso nos indica que los índices serán un poco mayores en el TM.

El valle medio del Andarax está situado entre las alineaciones de Sierra Nevada-Sierra de los Filabres al norte y Sierra de Gádor al sur. En ambos, en el SPOT (20-IX-94) y en el TM (1-IX-94) dan índices positivos (>0) gran parte de la Sierra de Gádor-Sierra Nevada y negativos sus bajas laderas orientales y el desierto de Tabernas al pie de S. de los Filabres. Estos valores negativos se sitúan entre 0 y -0.05. Para poder diversificar estos espacios hay que utilizar las centésimas en el índice. En los índices positivos la vegetación natural solo supera el 0.15 en pequeños retazos de bosque de la zona alta de Gádor-S.Nevada oriental y va disminuyendo en extensión hasta ser insignificante su presencia en el 0.2. En índices superiores sólo aparece el valle regado cubierto de parrales (en retroceso) y naranjos. A partir de 0.4 solo poseen índices superiores algunas parcelas del valle. El límite de separación entre los cultivos leñosos y los hortícolas del valle bajo se sitúa en el 0.3. Como hemos indicado, la imagen del SPOT da unos índices ligeramente inferiores. En la imagen de diciembre del TM (13-XII-94) aumenta algo el índice en la vegetación natural, (en el mes de noviembre recibieron varios días pequeñas precipitaciones) pero en los regadíos, el índice es el mismo.

En el sureste almeriense, limitándonos a sólo la vegetación natural, hemos analizado una ventana en el SPOT y en TM correspondiente a la Sierra Cabo de Gata y este del Campo de Níjar. En medio del Campo de Níjar hay una zona de cultivos bajo plástico, de la cual prescindimos, pues sólo dan índice negativo (aunque alguna parcela sin plástico da positivo).

La ventana del SPOT (20-IX-94) tiene por límite de sus índices, como en el TM de -1 y +1. En ambos, la mayor parte del espacio (si se exceptúan los cultivos bajo plástico) tienen índice >0, pero en el 0.1 solo aparecen las partes altas de la sierra (el levante lleva humedad a las partes altas). En el 0.15 solo se encuentran las cumbres de las alineaciones. Los índices del SPOT son aquí ligeramente superiores a los del TM. En el índice 0.2 solo quedan algunos picos de la sierra. En valores negativos ningún espacio alcanza -0.05

Por tratarse de suelos con escasa cobertura vegetal hemos aplicado el SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) con corrección de 0.3 y 0.7 a la ventana del Cabo de Gata de septiembre de 1994 en el TM y naturalmente ha aumentado el valor del índice positivo. Con la corrección del 0.3 los valores límites que en el NDVI eran -1 y +1 se han ampliado a -1.25 y +1.23 y en el índice 0.13 todavía aparecen las cumbres de las sierras, cuando en la relación 4/3 sólo aparecían picos dispersos. Con la corrección de 0.7 los límites pasaron a ser -1.57 y +1.52 y el índice 0.2 equivale al índice 0.15 de la relación 4/3.

En el TM (27-1-85, con algunas pequeñas lluvias en ese mes) se eleva excesivamente el índice de vegetación de modo que se llega a encontrar índice positivo de 0.4 en algunas zonas muy altas de la Sierra en zonas donde en el mes de septiembre (seco) daban 0.1 Aunque a mediados de enero había llovido varios días con precipitaciones débiles, el índice de enero del TM lo consideramos anormal.

Es conocido que cuando se trata de zonas de vegetación muy árida es poco aceptable la ratio TM4/TM3 y es preferible la ratio TM5/TM7, aunque ésta tiene el inconveniente de que resalta igualmente, los minerales del suelo. Aplicado NDVI con las bandas 5/7 del TM de Sierra Cabo de Gata, hay una modificación a la baja de los valores suministrados por la ratio 4/3. En la relación 5/7 el valor positivo 0.05 equivale al 0.1 del TM y SPOT, el 0.1 al 0.15 de las bandas 4/3. Superior a 0.15 no existe nada.

Al utilizar las bandas 5/7 han aparecido algunas zonas recubiertas de un halo de calina casi nubosa. Aunque el ARVI no fue introducido para el TM hemos probado aplicarlo y ver sus resultados con las bandas 5/7. Casi todo el espacio da un índice superior a 0. Pero rápidamente en el índice 0.04 solo aparecen las cumbres de la Sierra. Todavía en el 0.07 son positivos en alguna de las cumbres. El índice parece más atento al tipo de material de algunas rocas, que todavía aparecen en 0.1

La amplitud de valores positivos utilizando las

bandas 4/3 (3/2 del SPOT) en zonas de vegetación con extrema aridez es una anomalía que se necesita estudiar con más detalle para sacar conclusiones de los valores espectrales de esas bandas. La reflectancia que adquiere la banda 3 del TM en situaciones de extrema aridez y con alta influencia del suelo cubierto de una vegetación dispersa, no alcanza los valores de la banda 4, cuando en zonas de mayor humedad, esos eriales dan índices negativos. También, en zonas del interior, áridas, se reproduce el índice de vegetación negativo de los eriales, como por ejemplo, en el inmenso glacis que constituye el Altiplano de Baza, el corredor de los Vélez y las sierras de Orce-María y de las Estancias que lo encuadran. Los límites de los índices oscilan (septiembre) entre -0.12 y +0.80. Gran parte del Altiplano da índice negativo -con alguna excepción cerca de Baza- mientras que el corredor de los Vélez (1.000m.) y las sierras dan positivo. El corredor no alcanza el 0.1, que queda solo para las sierras, cuyas cumbres (2.000m.) superan el 0.3.

Bibliografía

Huete, A.R. 1988. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) *Remote sensing of Environment*, vol. 25, pp. 295-309.

Jordan, C.F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, vol. 50, pp.663-666.

Kaufman, Y.J., Tanre, D. 1992. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS, in *Proc.IEEE Int. Geosci. And Remote Sensing Symp.* 92.IEEE. New York, 261-270.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. *Third ERST Symposium*, NASA SP-351, vol.1, p.309-317.