

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE DEMPSTER-SHAFER PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO CLASIFICATORIO RESULTANTE DE LA INTEGRACIÓN DE IMÁGENES DE DIFERENTES FUENTES SATELITALES

Dr. Djamel Toudert

Instituto de Investigaciones Sociales
Universidad Autónoma de Baja California
Ed. Posgrado e Investigaciones. S/N
BLVD. Benito Juárez. Mexicali. Baja California. México
Tel: (52)-(686)-566-29-85 EXT: 131.
toudert@uabc.mx

Palabras claves: Fusión de imágenes satelitales, Teoría de Dempster-Shafer, Clasificación eficiente, método mixto.

RESUMEN

La integración de diferentes fuentes satelitales para maximizar los resultados de clasificaciones temáticas, constituye para la teledetección dedicada al inventario-diagnostico un interés que ha captado la atención de la investigación desde mucho tiempo. A las viejas metodologías de fusión de datos basadas en el análisis espectral y las transformaciones matemáticas de “ir y vuelta”, se buscan en la actualidad –entre otros- en el marco de las teorías probabilísticas instrumentos más precisos y eficientes.

El trabajo se enfoca de una manera estricta a encontrar una solución práctica para la fusión de datos provenientes de fuentes espectrales y radar con el apoyo de los fundamentos de la teoría de Dempster-Shafer. En el marco de la proposición anterior, nuestra búsqueda pretende solucionar la problemática de la cuantificación de la imprecisión en la metodología basada en una estructura de fusión mixta propuesta como alternativa a las imperfecciones detectadas en el método centralizado y descentralizado.

En la presente ponencia será cuestión de introducir los fundamentos teóricos y conceptuales a la base del método alternativo, como también algunos resultados preliminares que demuestran su pertinencia y efectividad en la fusión y el mejoramiento del rendimiento clasificatorio.

ABSTRACT

The integration of different satellite sources to maximize the results of thematic classification constitutes for the remote sensing dedicated to inventory and diagnose an interest that has caught the attention of the researches from long time. Beside the old methodologies on spectral and mathematical transformations analysis, we are looking for more precise and efficient instruments within the framework the probabilistic theories.

The work focuses in the strict way to find a practical solution for the fusion of spectral sources and radar with the support of Dempster-Shafer theory. Within the framework of the previous proposal, our search tries to solve the problematic of the imprecision quantification in the methodology based on a mixed fusion like alternative to the imperfections detected in the centralized and decentralized method.

In the present communication it will be question to introduce the theoretical and conceptual foundations to the alternative method and some preliminary results that demonstrate pertinence and effectiveness of the mixed fusion.

1. Introducción:

La fusión de datos generados a partir de fuentes satelitales y otros artefactos dedicados a la observación de la tierra, constituye hoy día una práctica común y en varios casos obligatoria. En efecto, aunque la oferta de imágenes de la tierra se ha visto mejorada en cantidad y calidad, sin embargo la misma, sigue todavía limitada en su apoyo a los diversificados campos de interés temático y aun más, cuando los interesados no posean los medios de acceso a fuentes homogenizadas de datos.

El usuario de las imágenes de la tierra en sus diferentes modalidades de percepción y registro, se encuentra a veces con la necesidad de hacer uso de diferentes fuentes de imágenes para cumplir con las condiciones de su protocolo de investigación. En este sentido, en casos específicos, el uso de fuentes cruzadas de datos constituye la única posibilidad de aproximación hacia el fenómeno estudiado, y en otros, la elección se encuentra normada por la falta de las fuentes necesarias y por lo tanto, se debe adecuarse -tan bien que mal- con lo disponible.

Los métodos de fusión de imágenes generadas por diferentes fuentes son aplicados generalmente para llevar a cabo dos objetivos. En primer lugar, el mejoramiento de la calidad de la percepción visual, estirando la capacidad de identificación y representación de rasgos de interés a través del manejo de fuentes de diferentes resoluciones radiométricas y espaciales. En segundo lugar, la aplicación de fuentes diferentes deja entrever, en varios casos, la búsqueda de un conocimiento sistemático a través de procesos automatizados o semiautomatizados como los procedimientos de clasificación y ordenamiento. El cumplimiento con los criterios del primer objetivo puede dar paso a las condiciones de realización del segundo objetivo, todo depende de la interpolabilidad de la de las imágenes resultantes y el grado de alteración de la información procesada para finalidades visuales.

El contexto analítico del presente estudio, enfoca la fusión de imágenes satelitales como un procedimiento para aprovechar la complementariedad de las diferentes fuentes de registro, reduciendo la redundancia de la información en una perspectiva que pretende maximizar la certidumbre y la precisión. Dentro del mismo campo de aplicación, existen varios planteamientos metodológicos basados en las teorías de la confiabilidad y otros sustentados en los planteamientos probabilísticos (Shafer, 1979; Smets, 1990; Mangaloni et al; 1993; Naceur et al; 2002). Desde la perspectiva de la aplicación de la teoría de Dempster-Shafer, se ha venido desarrollando enfoques relacionados con fusiones operadas al nivel píxel, al nivel de los atributos y otras en el ámbito de las decisiones (Véase los trabajos de Mangolini, 1994 y Naceur et al; 2002).

Globalmente, las metodologías que se encuentran en aplicación, fueron concebidas tomando en cuenta dos tipos de fusiones basados en esquemas polarizados y no polarizados. La necesidad de una metodología mixta encuentra su justificación en los límites conceptuales y redituables de la estructuración polarizada y no polarizada. En efecto, el método mixto, genera nuevas expectativas relacionadas con una mayor efectividad en la integración de la complementariedad y redundancia de la información en los procesos de segmentación y clasificación temática (Naceur et al; 1998 y 2002).

El presente trabajo, busca evaluar el desempeño del método mixto aplicado a una fusión de imágenes tomadas en el óptico y radar. Más allá de los conceptos algorítmicos puestos en marcha en el método de análisis, resulta quizás en todos los casos benéfico aprovechar los adelantos en la teoría probabilística aplicada a mejorar la credibilidad de los procedimientos de sistematización de la información, más aun cuando estos tratamientos se encuentran cada vez mas implementados en el software accesible para los usuarios comunes.

2. Material y método:

2.1. Imágenes analizadas:

Tratando de reproducir las condiciones óptimas del estudio realizado por Naceur et al; 2002, se utilizaron dos porciones de imágenes con fechas de toma casi iguales de una zona semiárida perteneciente a la delimitación litoral de la península de Baja California, México. Las imágenes en cuestión, fueron bajadas de una carpeta de ejercicio para alumnos en la Web y por lo tanto, no disponemos de los derechos necesarios para producir dichas imágenes en la presente publicación. Hay que decir que lo anterior, no constituye una limitación para la justificación y la comprensión del presente trabajo, de hecho, los procedimientos y los tratamientos operados son mas bien enfocados a la estructuración alfanumérica de las imágenes, en este sentido, el resultado es apreciable vía la comprobación del método cuantitativo y las matrices de confusión.

En el marco de los contextos enumerados interiormente, se uso para llevar acabo la investigación la banda "C" de una imagen RSO de Radarsat de 12.5 m de resolución espacial y un ancho de banda de 5.66 cm, en combinación con una imagen HRV-XS de Spot con una resolución espacial de 20 m.

2.2. Metodología de fusión e integración de la información

La metodología de fusión y integración de las imágenes utilizadas en la investigación se encuentra basada en la teoría de Dempster-Shafer y los adelantos del método mixto propuesto por Naceur et al; 2002. El esquema de tratamiento general se encuentra en la figura 1.

Figura 1: Estructuración del procedimiento metodológico



2.2.1. Adecuación geográfica y contextual

La adecuación de las dos imágenes utilizadas en el trabajo consiste en una etapa necesaria para la integración de dichas imágenes en un registro geográfico común, eliminando de paso, algunas

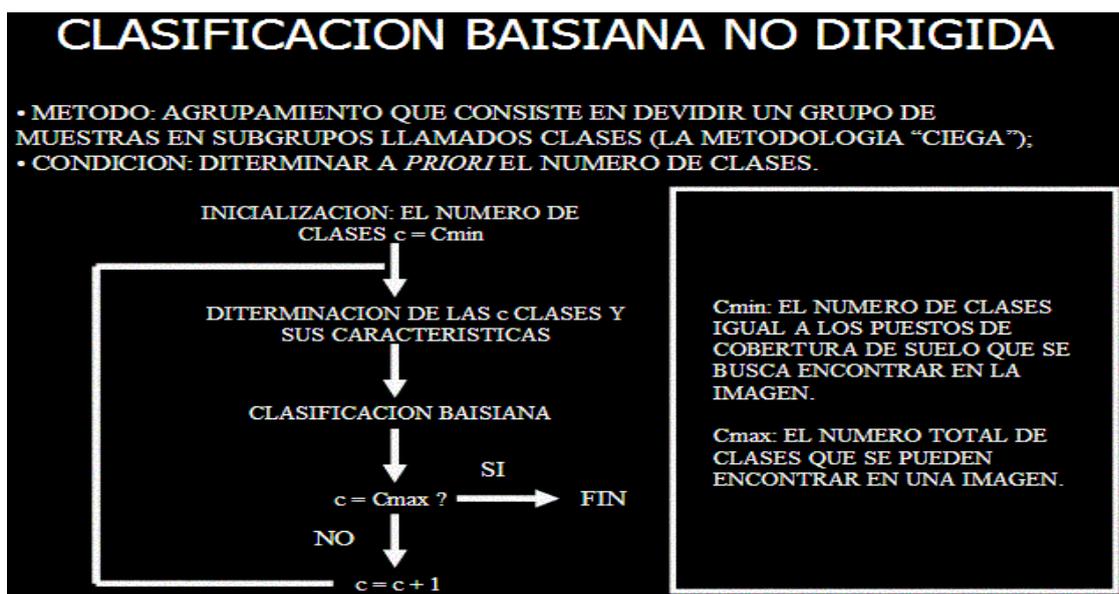
“imperfecciones” inherentes al registro de estas imágenes. En el caso de la imagen radar, además del proceso de corrección geométrica y geográfica se le aplicó un filtro para reducir el característico “ruido” en este tipo de información. Para la imagen SPOT se operaron además de la corrección geométrica y geográfica un remuestreo del tamaño de los píxeles, llevándolos a la misma medida de la imagen radar (12.5 m).

2.2.2. La segmentación bayesiana no dirigida

La segmentación bayesiana no dirigida permite generar los sitios de control que serán utilizados en la fusión según el método de Dempster-Shafer. El procedimiento en sí, permite operar una clasificación sin conocimiento previo, basándose en la distribución probabilística condicional y el conocimiento del número de clases temáticas presentes en las imágenes.

El procedimiento que fue utilizado para determinar el número de clases consiste en un agrupamiento basado en conjuntos homogéneos característicos de las clases, en estas condiciones, el píxel será afectado según una proporción calificadora de una clasificación aceptable. El esquema de la regla de decisión en materia de generación de clases se encuentra resumido en la figura 2.

Figura 2. La clasificación Bayesiana no dirigida



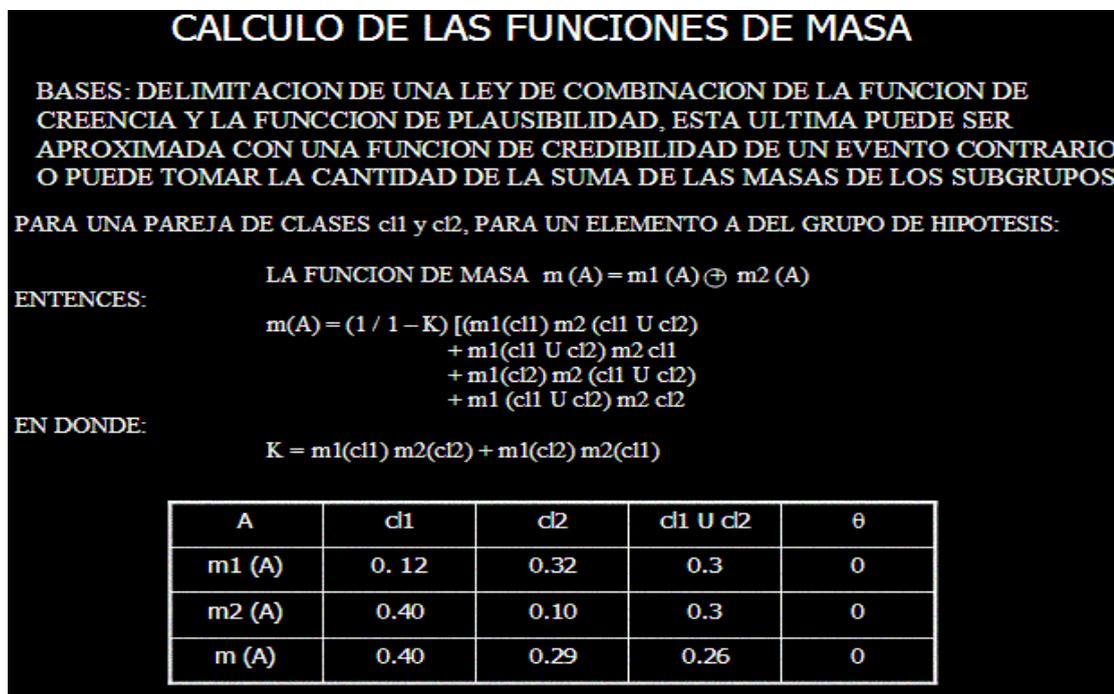
El método descrito anteriormente, fue aplicado a la imagen radar y SPOT y permitió generar un número de clases que fue juzgado como suficiente teniendo en cuenta la presencia de las clases temáticas en la zona de estudio. En el caso de Spot, las clases generadas con la clasificación bayesiana no dirigida fueron cuatro y en la imagen RSO fueron tres.

2.2.3. La fusión de la información

La fusión de datos según la teoría de Dempster-Shafer toma en cuenta las clases individuales y la unión de las clases que caracterizan un contexto periférico a estas mismas clases. El procedimiento, permite evaluar la imprecisión y la incertidumbre aproximadas a través de las funciones de la plausibilidad y la creencia que se encuentran generadas a través de las funciones de masa. En este sentido, la pertinencia de una clase a una hipótesis, se encuentra sujeta a un grado de incertidumbre definido por una masa. Así, cuando las hipótesis son consideradas como clases individualizadas, las tres funciones de masa, de plausibilidad et de creencia son iguales y por lo tanto, son similares a la probabilidad bayesiana.

En la lógica de fusión polarizada, el proceso de toma de la decisión se encuentra basado en el píxel, la imagen sirve entonces solo para la interpretación de la clasificación final. En la lógica de fusión no polarizada, el proceso se encuentra basado en un modelo final de salida compuesto por el resultado de varios procesos de fusión (ejemplo: detección de zonas de ocupación del suelo en una imagen). De cara a estas dos vertientes del análisis, el procedimiento mixto propuesto por Naceur et al (2002), consiste en el uso del procedimiento polarizado durante la primera fase (bayesiana) y para la resolución de las confusiones entre clases, se usa el procedimiento no polarizado. Dentro de esta lógica de integración mixta, las funciones de masa fueron calculadas según el procedimiento de la figura 3 y se procedió después a una integración basada operada por una celda de fusión que poseí las reglas de decisión por cada píxel candidato a una agregación a una clase determinada.

Figura 3. Determinación de las funciones de masa



La regla de decisión en la fusión consiste en elegir una primera celda dotada de un grado de certidumbre máximo traducido por el porcentaje de buena clasificación de la celda en cada canal de

la imagen. En este sentido, la regla de decisión se encuentra perfectamente modelizada en las funciones de masa, basándose en la selección de los vectores de información, los conflictos entre clases son también resueltos considerando la unión de las clases (Naceur et al; 1999). El procesamiento de la fusión es entonces operado según lo marca la figura 4

Figura 4. Fusión de la información y clasificación



3. Resultados y discusión

Los resultados de la clasificación bayesiana operada a las dos imágenes dieron como resultado un porcentaje de buena clasificación del 44 % en el caso de la imagen Spot y 59 % en la imagen RSO. Estos resultados traducen en gran medida la debilidad de la segmentación temática en los algoritmos basado en la detección automática de los ordenamientos radiométricos. Aun cuando el proceso de afectación de píxeles se encuentra sostenido por una regla de decisión probabilística, las clases que presentan una cercanía radiométrica son todavía propensas a generar confusiones. Lo anterior, deja en claro que la confiabilidad de las clases temáticas que se espera encontrar en las imágenes analizada debe mejorarse por medio de método más discriminatorios. Sin embargo, como tratamiento inicial, el método bayesiano permite reducir la problemática de la buena clasificación a casi la mitad, dejando así a los tratamientos posteriores la misión de afinar la afectación en medio de las confusiones.

Figura 5. Resultados de la clasificación baysiana no dirigida

MATRIZ DE OONFUSION DE LA IMAGEN HRV CLASIFICADA SEGUN EL METODO BAISIANO					
CLASES	ZONAS HUMIDAS	ZONAS AGRICOLAS	SUELOS DESNUDOS	VEGETACION	OTROS
1	0	31	100	0	0
2	2	24	0	75	0
3	21	40	0	25	2
4	77	3	0	0	98

% DE BUENA CLASIFICACION = 44 %

MATRIZ DE OONFUSION DE LA IMAGEN RSO CLASIFICADA SEGUN EL METODO BAISIANO					
CLASES	ZONAS HUMIDAS	ZONAS AGRICOLAS	SUELOS DESNUDOS	VEGETACION	OTROS
1	43	4	19	4	100
2	5	40	10	3	0
3	52	56	71	63	0

% DE BUENA CLASIFICACION = 59 %

La aplicación del método mixto permitió llevar el porcentaje de buena clasificación al 98.7 % logrando una total clasificación en la clase de vegetación y otros, con una dispersión en las zonas agrícolas y húmedas. Los resultados anteriores son globalmente fruto de la regla de decisión que permitió clasificar las zonas periféricas a cada clase de manera mas eficiente, además de lograr una cierta afectación de contexto en materia de asociación de clases. Lo anterior, seguramente, ha sido favorecido por el alto contraste temático característico de las zonas semiáridas.

Figura 6. Resultados de la clasificación según la teoría de Dempster-Shafer (%)

CLASES	ZONAS HUMIDAS	ZONAS AGRICOLAS	VEGETACION	OTROS
ZONAS HUMIDAS	97.7	0.15	0	0
ZONAS AGRICOLAS	0	97	0	0
VEGETACION	0.45	2.5	100	0
OTROS	1.85	0.35	0	100

% DE BUENA CLASIFICACION = 98.7 %

4.- Comentarios finales:

El método mixto en el marco del ejercicio desarrollado, consiste más bien en una alineación de dos conceptos probabilísticos con la finalidad de resolver confusiones temáticas de orden contextual. En medio de un tratamiento caracterizado por una ausencia explícita de un conocimiento previo, el método aplicado demuestra en la realidad, un consumo considerable de conocimientos implícitos de

la zona de estudio: En primer lugar para la determinación del número de clases esperadas y en segundo lugar para fijar y ajustar las funciones de masa. Con vista a lo anterior, el procedimiento de segmentación temática, posee varios rasgos de una clasificación controlada que debe apoyarse –al menos- con un trabajo previo de exploración geoestadística de la zona de estudio.

Desde otra perspectiva, existe la necesidad de comprobar la confiabilidad el procedimiento en zonas de bajo contraste temático y quizás también en zonas de alta frecuencia espacial como son las zonas urbanas, sin embargo, resulta en todo los casos obligatorio llevar acabo una visita de campo verdaderamente la pertinencia del método desarrollado.

Bibliografía

Mangaloni, M ; Ranchin, T; Wald, T. 1993. A new fusion method of multispectral multiresolution images : Application to Spot data. IGARSS'93. Agosto 18-19, Tokyo. pp : 199-209.

Mangolini, M. 1994. Apport de la fusion d'images satellitaires multicapteurs au niveau pixel en télédétection et photointerpretation. Thèse de doctorat. Université de Nice Sofia Antipolis. 173 p.

Naceur, M.S ; Riadh, A ; Boussema, M.R ; Albuisson, M. 1998. Extraction of soil moisture by fusion of remotely sensed data in semi-Agrid regions. In Retrieval of bio-and Geo-physical parametres fron SAR data for land application- ESTEC. European Space Agency. Noordwijk. Netherlands. 21-23 Octubre. pp : 13-19

Naceur, M.S ; Bousema, M.R. 1999. Extraction d'information par fusion de données basée sur la théorie de Dempster-Shafer. 8-ème journée Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUPELF-UREF. 11-14 de octobre. Lausanne. Suisse.

Naceur, M.S; Belhadj, Z ; Boussema, M.R. 2002. Fusion de données multicapteurs basée sur la théorie de Dempster-Shafer pour l'extraction des types d'occupation du sol en milieu semi-aride. Télédétection. Vol 2, num 3. pp : 213-223.

Shafer, G. 1979. A mathematical theory of evidence. Princeton University Press. Princeton, New Jersy. 235 p.

Smets, P. 1990. The combination of evidence in the transferable belief model. IEEE trasactions on pattern analysis and Machine Intelligence. Vol 2, num 5. pp: 447-457.