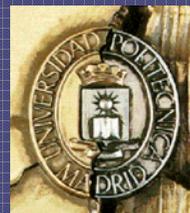




TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Consuelo Gonzalo Martín (UPM)

María González-Audicana



Madrid, 23 Abril 2007

1.- Introducción

2.- Algoritmos de fusión basados en la ponderación de la información

3.- Algoritmos de fusión basados en bancos de filtros

3.- Algoritmos de fusión basados en la respuesta espectral del sensor

4.- Conclusiones

5.- Bibliografía

Introducción

Motivación

✧ Diferentes algoritmos de fusión proporcionan imágenes con diferentes características espaciales y espectrales

✧ La calidad de una imagen depende de su aplicación final

✧ Necesidad de algoritmos que permitan controlar el compromiso entre la calidad espacial y espectral de las imágenes fusionadas

✧ Necesidad de algoritmos de bajo coste computacional para aplicaciones que requieran fusionar un número elevado de imágenes.

Algoritmos de fusión con control de la calidad espacial-espectral de las imágenes fusionadas

✧ Algoritmos de fusión basados en la ponderación de la información

- × Mediante valores estadísticos de las imágenes fuente
- × Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial-espectral de la imagen fusionada
- × Mediante la optimización de un índice global de la imagen fusionada

✧ Algoritmos de fusión basados en la sintonización de bancos de filtros

- × Transformada de Fourier
- × Representaciones conjuntas (wavelets, counterlet, ...)

Introducción

ponderación

bancos de filtros

computación

Algoritmo de fusión de bajo coste computacional

✧ Algoritmos de fusión basados en la respuesta espectral del sensor

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

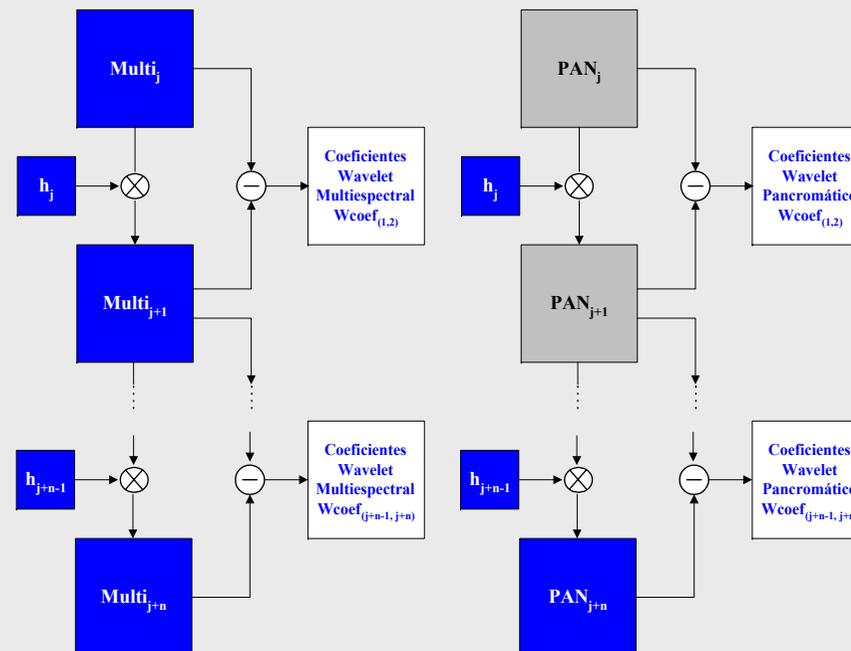
Jornadas de
Fusión

Introducción

os de filtros computac

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral

- ✧ Algoritmo de fusión: transformada wavelet-à trous
- ✧ Definición de un parámetro de ponderación.
- ✧ Búsqueda del equilibrio entre la calidad espacial ($ERGAS_{\text{espacial}}$) y espectral ($ERGAS_{\text{espectral}}$)



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

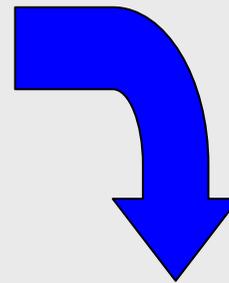
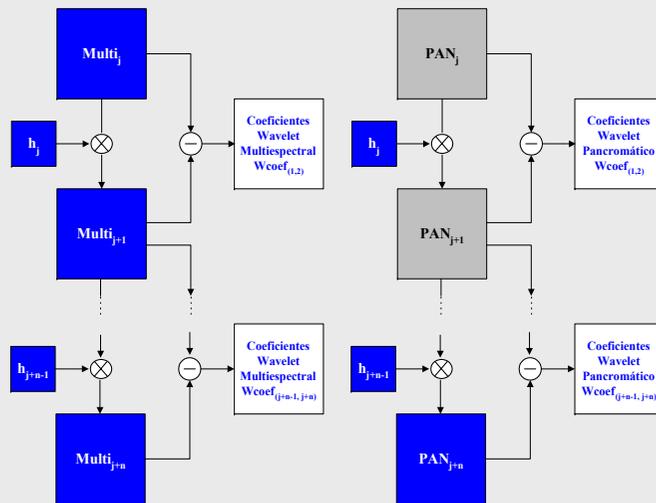
Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

os de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral



$$\text{Fused Image Banda}_i = \text{MULTI}_{j+n} + \alpha^i \cdot \left[\begin{array}{c} \text{Wcoef}_{(1,2)} \\ \text{PAN} \end{array} + \dots + \begin{array}{c} \text{Wcoef}_{(j+n-1,j+n)} \\ \text{PAN} \end{array} \right]$$

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

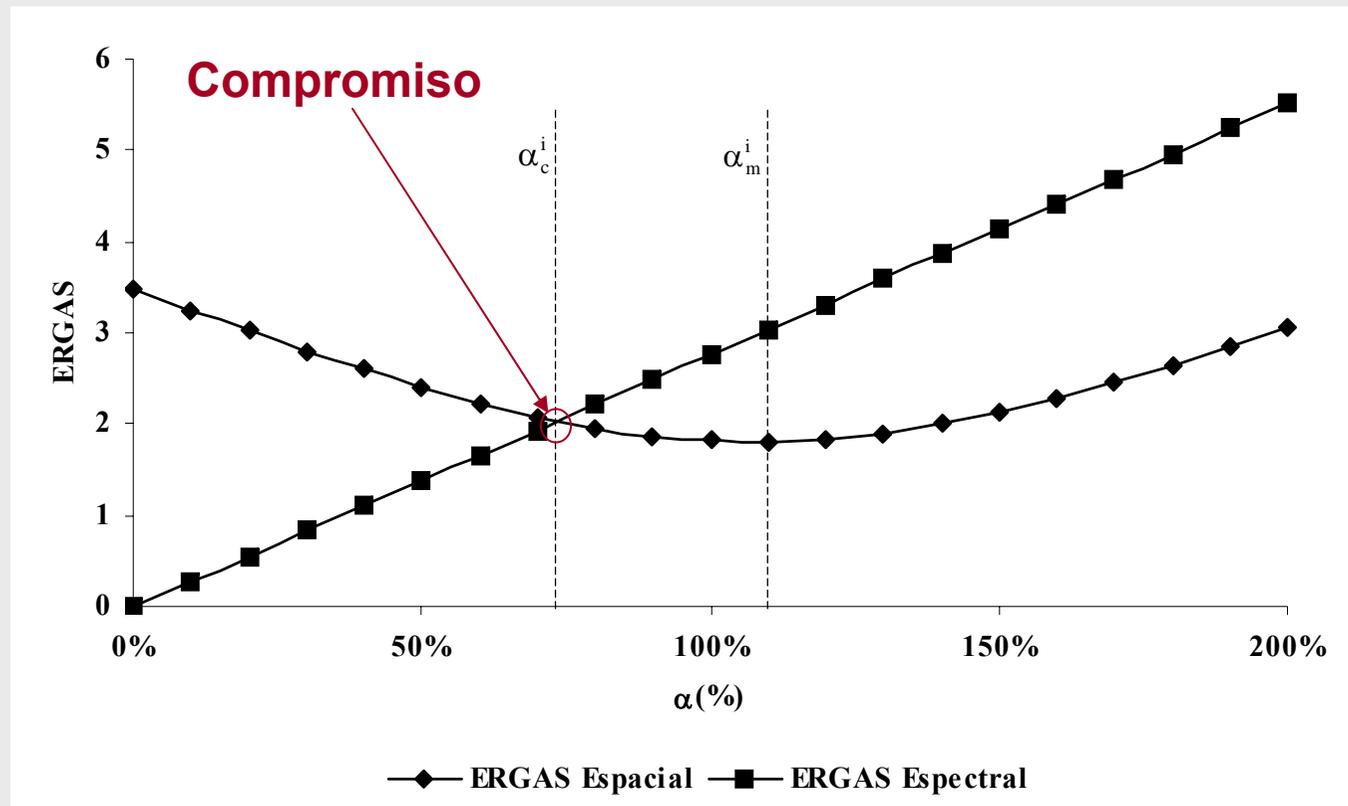
Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral

Uso de los índices de calidad ERGAS



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

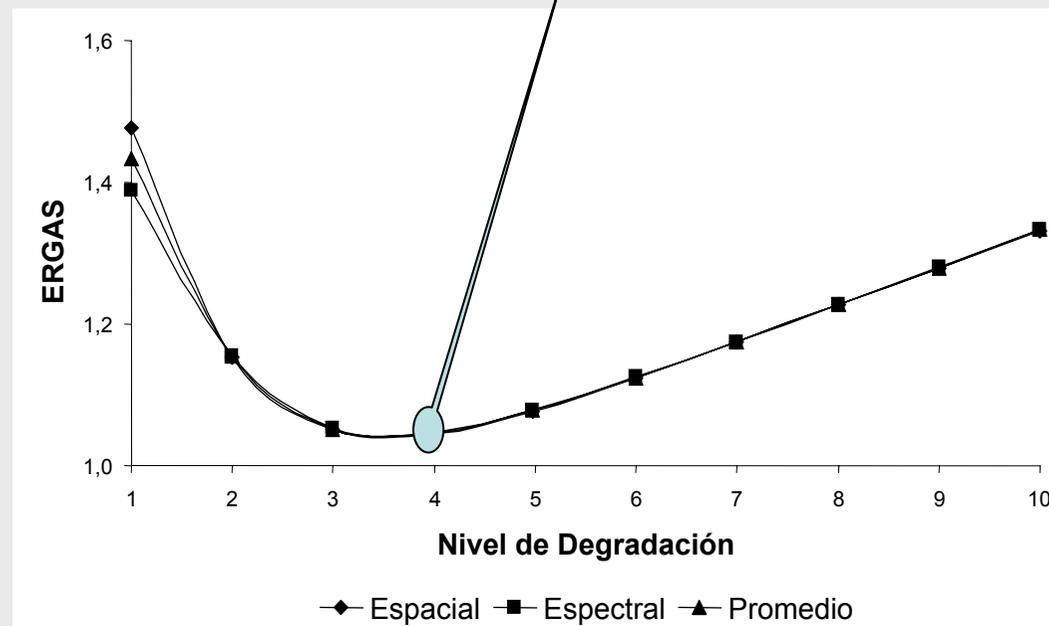
Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral

* Estudio de la variación de la calidad espacial-espectral con el nivel de descomposición

$$\text{ERGAS}_{\text{espectral}}(n) \approx \text{ERGAS}_{\text{espacial}}(n)$$



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral



NGB Original



Pancromática



**NGB Fusionada
n=2**

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral

	B1	B2	B3	B4
α	0.8375	0.6827	0.6760	0.6216



NGB Original



Pancromática



NGB fusionada

$ERGAS_{spatial}$	$ERGAS_{spectral}$	$ERGAS_{average}$	Dev.(σ)	Q4
1.8756	1.8756	1.8756	0.0000	0.7091

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral



NGB Original



Pancromática



**NGB Fusionada
n=3**

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral

	B1	B2	B3	B4
α	0.7793	0.6186	0.5853	0.6590



NGB Original



Pancromática



NGB fusionada

ERGAS_{spatial}
1.7231

ERGAS_{spectral}
1.7231

ERGAS_{average}
1.7231

Dev.(σ)
0.0000

Q4
0.8208

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización de un índice global (Q4)

- ✧ Algoritmo de fusión: transformada wavelet-à trous
- ✧ Definición de un parámetro de ponderación.
- ✧ Optimización del índice global Q4 mediante algoritmos genéticos.

$$C_{FUS_j}^i(x, y) = g_i (C_{PAN_j}^i(x, y) - \bar{C}_{PAN_j}^i(x, y)) + C_{MUL_j}^i(x, y)$$

$C_{FUS_j}^i(x, y)$ Coeficientes de la transformada wavelet de la banda i-ésima de la imagen fusionada

$C_{PAN_j}^i(x, y)$ Coeficientes de la transformada wavelet de la banda i-ésima de la imagen PAN

$\bar{C}_{PAN_j}^i(x, y)$ Valor medio de los coeficientes de la transformada wavelet de la imagen PAN

$C_{MUL_j}^i(x, y)$ Coeficientes de la transformada wavelet de la banda i-ésima de la imagen MULTI

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización de un índice global (Q4)



NGB Original



Pancromática



NGB Fusionada

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral

	B1	B2	B3	B4
g	0.3945	0.9793	0.8500	0.8365



RGB Original



Pancromática



RGB fusionada

$ERGAS_{spatial}$	$ERGAS_{spectral}$	$ERGAS_{average}$	Dev.(σ)	Q4
2.5610	1.4579	2.0095	0.7800	0.8936

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

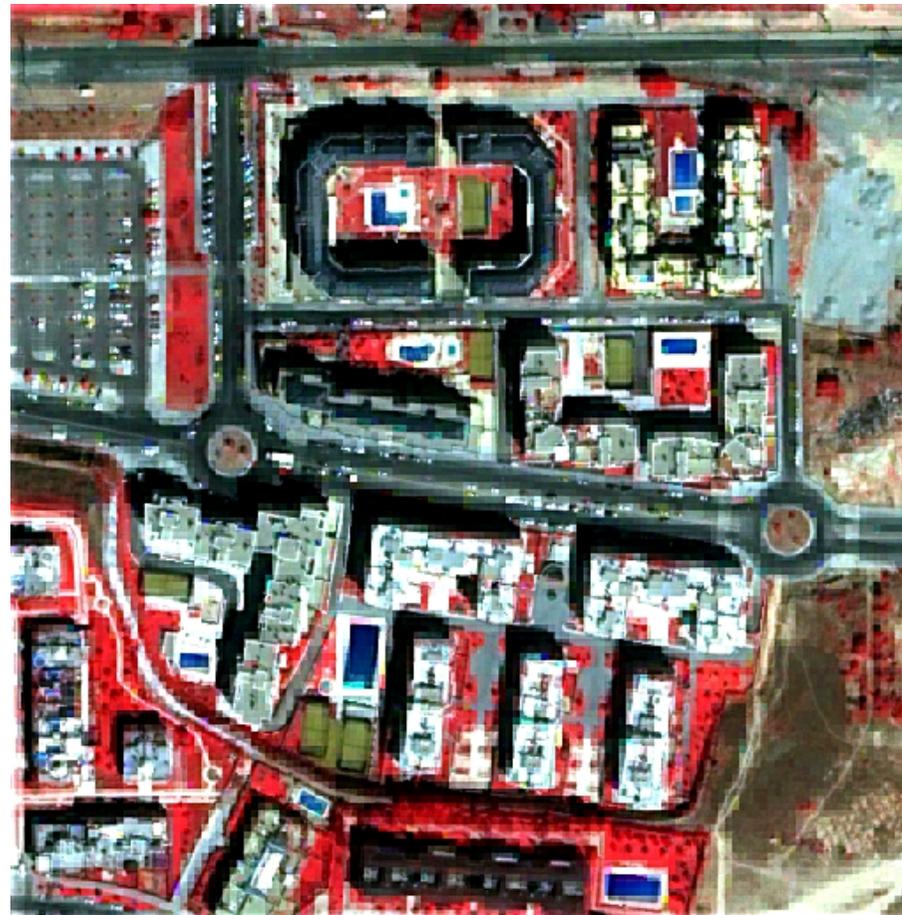
Mediante la optimización de un índice global (Q4)



NGB Original



Pancromática



NGB Fusionada

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización de un índice global (Q4)

	B1	B2	B3	B4
ξ	0.4160	1.0665	0.8641	0.9123



NGB Original



Pancromática



NGB fusionada

ERGAS_{spatial}	ERGAS_{spectral}	ERGAS_{average}	Dev.(σ)	Q4
2.2913	1.4824	1.8869	0.5720	0.9319

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Introducción

de info

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

del sensor

Jornadas de
Fusión

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

* Motivación: necesidad de nuevos algoritmos altamente anisotrópicos que permitan una selección adecuada de los detalles de las imágenes fuente



**Transformada
Contourlet**

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

Jornadas de
Fusión

Introducción

de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

✳ **Contourlet** : presenta algunas ventajas respecto a sus predecesoras (Wavelet).

**Transformada
Contourlet
(TC)**

Originalmente definida en un dominio discreto, mediante el uso de un banco de filtros.

Capacidad de detectar bordes de forma correcta, debido a su naturaleza 2D.

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados en bancos de filtros

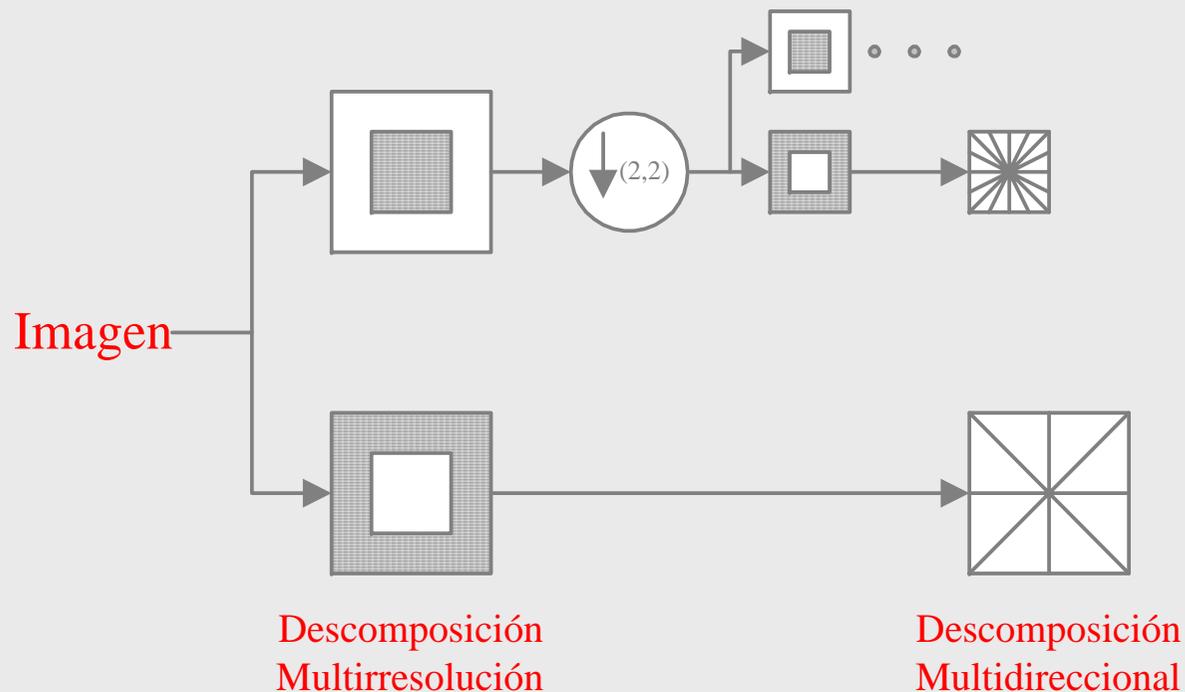
Jornadas de Fusión

Introducción de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

* **TC**: implica una transformada multirresolución que permita detectar los bordes, seguida de una transformada local direccional que permita detectar los segmentos de los contornos presentes en la imagen.



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados en bancos de filtros

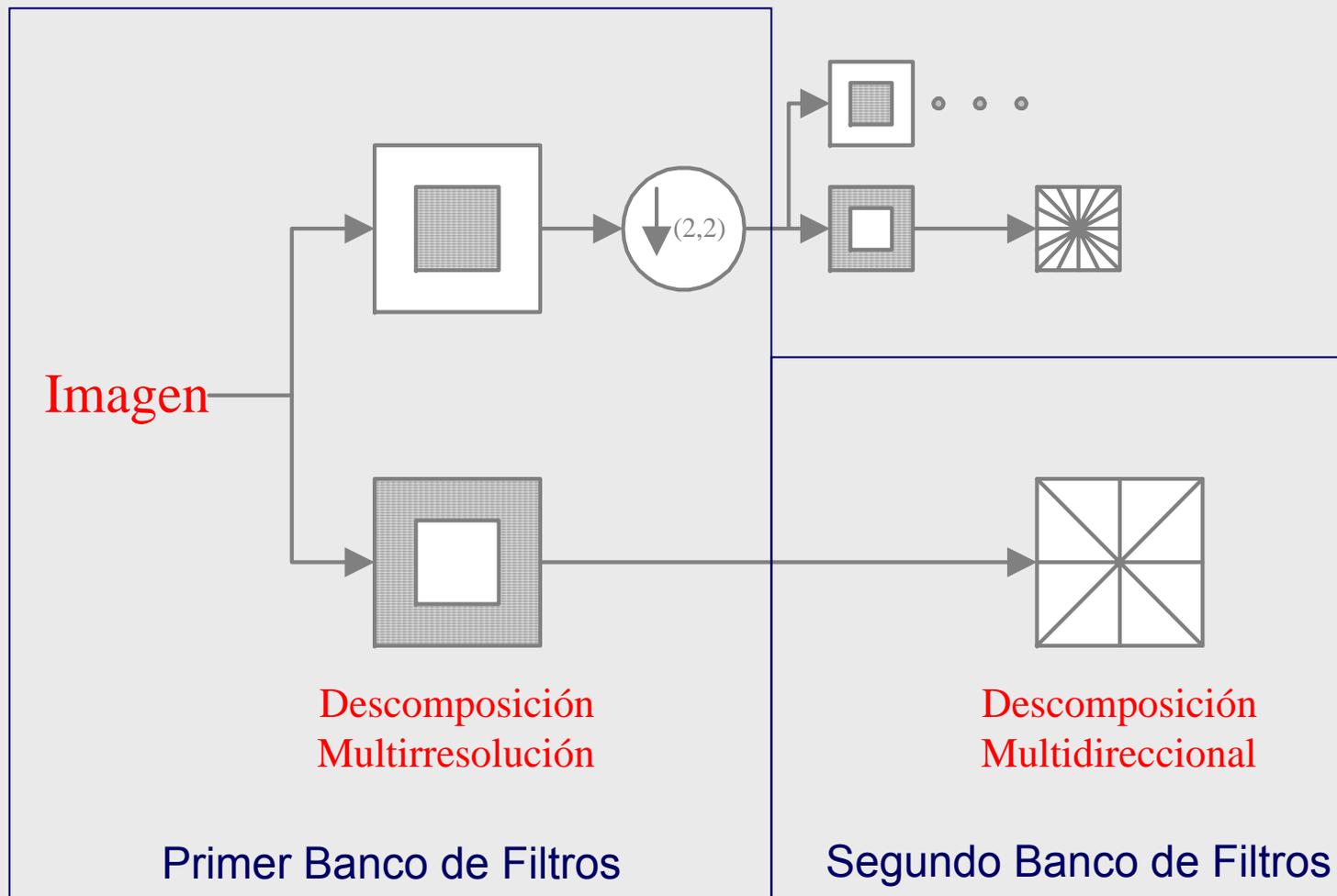
Jornadas de Fusión

Introducción

de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

Jornadas de
Fusión

Introducción

de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

* Nueva representación conjunta multiresolución-multidireccional

$$\text{Imagen}^{j+n}(x, y) = \text{FFT}^{-1}(\text{FFT}(\text{Imagen}^{j+n-1}(x, y)) \cdot H(u, v, \theta_n))$$

Imagen en el dominio de Fourier
en el nivel previo a aplicar la transformada

Imagen degradada en
la dirección θ_n

Banco de filtros de
paso bajo direccional
(dirección θ_n)

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

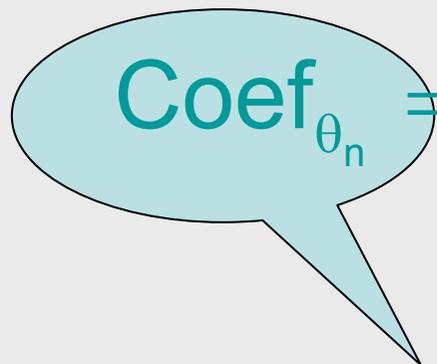
Jornadas de
Fusión

Introducción de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

* Nueva representación conjunta multiresolución-multidireccional


$$\text{Coef}_{\theta_n} = \text{Imagen}^{j+n} - \text{Imagen}^{j+n-1}$$

Contenido de bordes
(alta frecuencia)

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados en bancos de filtros

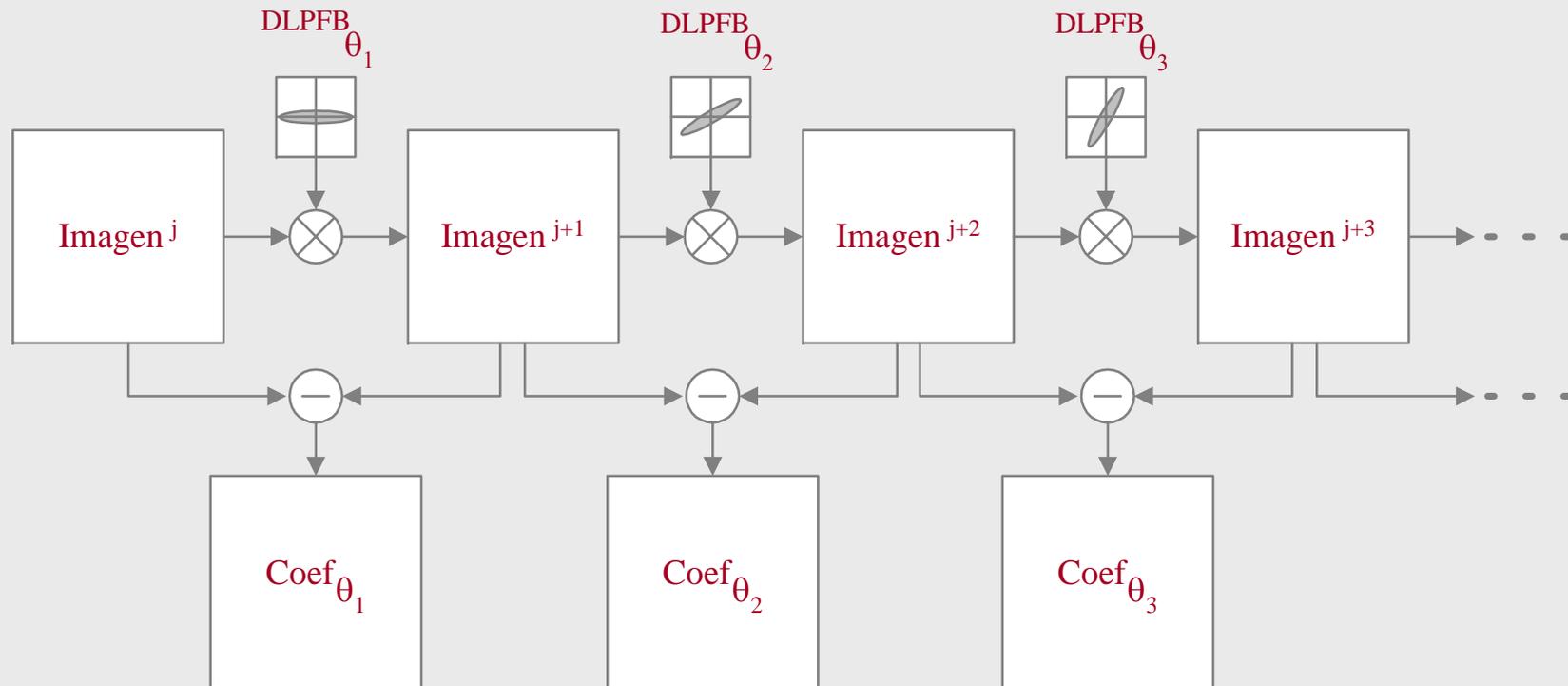
Jornadas de Fusión

Introducción de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

✳ Nueva representación conjunta multiresolución-multidireccional



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Introducción

de info

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

del sensor

Jornadas de
Fusión

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

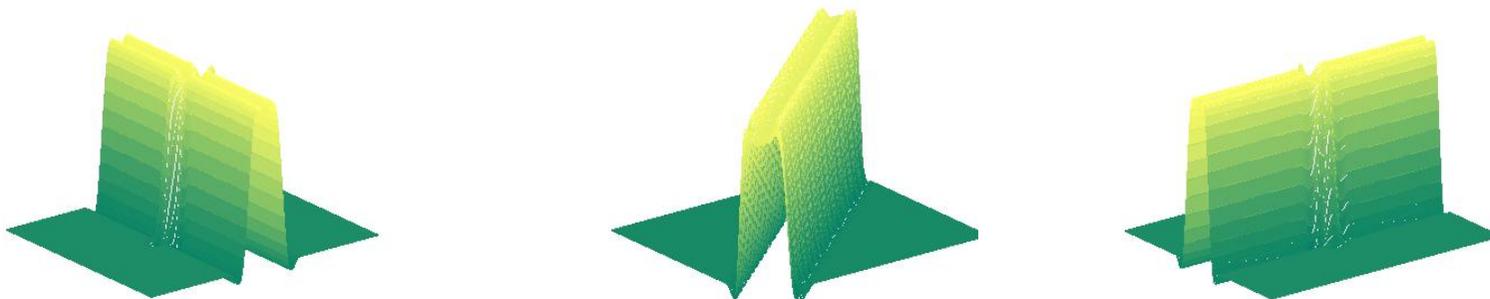
* Síntesis de la imagen

$$\text{Imagen}^j = \text{Imagen}^{j+k} + \sum_{n=1}^k \text{Coef}_{\theta_n}$$

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

- * Diseño de los filtros direccionales:
 - × Los parámetros a y b determinan la elongación del filtro.
 - × θ determina la dirección de filtrado en el dominio de Fourier

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{si } \frac{(u \cos \theta - v \sin \theta)^2}{a^2} + \frac{(u \sin \theta + v \cos \theta)^2}{b^2} \leq 1 \\ 0 & \text{en otros casos} \end{cases}$$



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

Jornadas de
Fusión

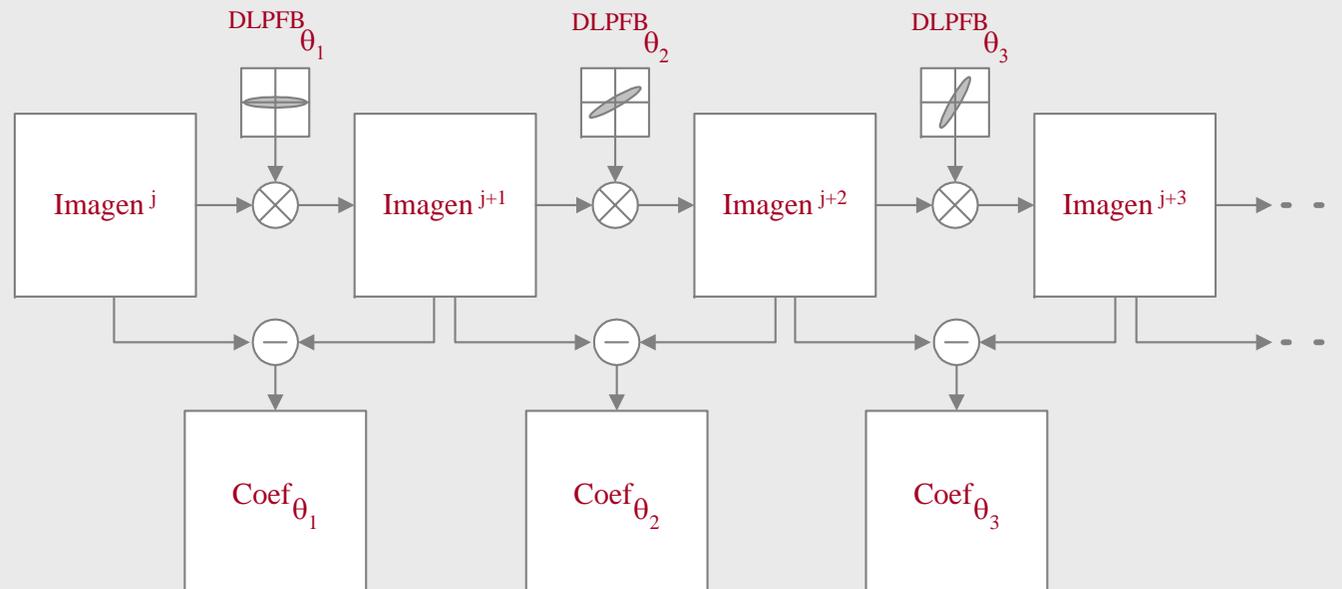
Introducción de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

* Estrategia de fusión

$$FUS_i(x, y) = MULTI_i^{j+k} + \sum_{n=1}^k Coef_{\theta_n}^{PAN}$$



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

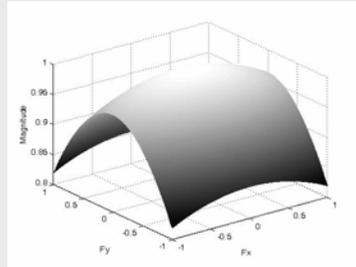
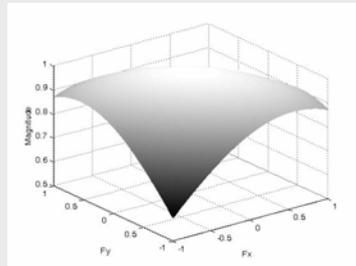
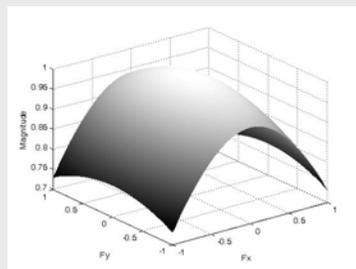
Jornadas de
Fusión

Introducción de info

del sensor

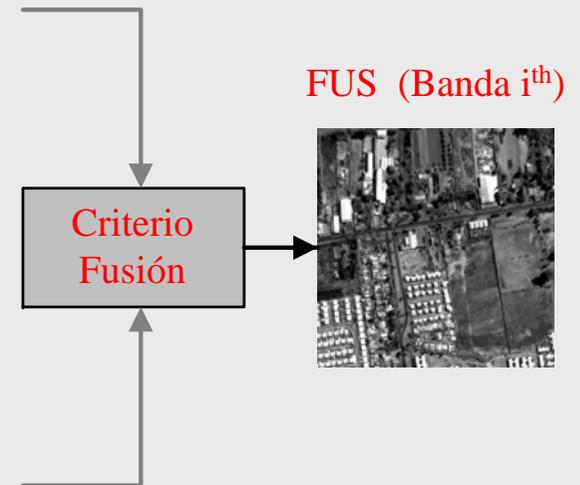
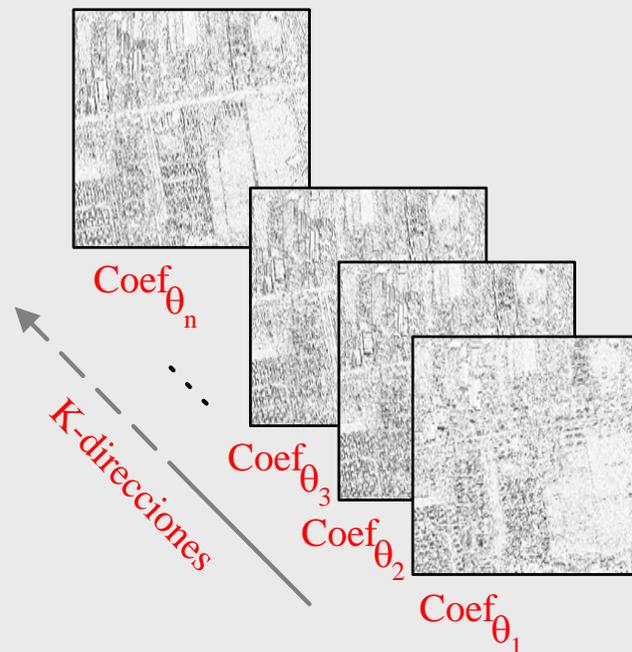
Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

✧ Estrategia de fusión



Kernels de la transformada
para $\theta=0^\circ, 45^\circ$ y 90°

MULTI (Banda i^{th})



FUS (Banda i^{th})



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Introducción de info

Algoritmos de fusión basados en bancos de filtros

del sensor

Jornadas de Fusión

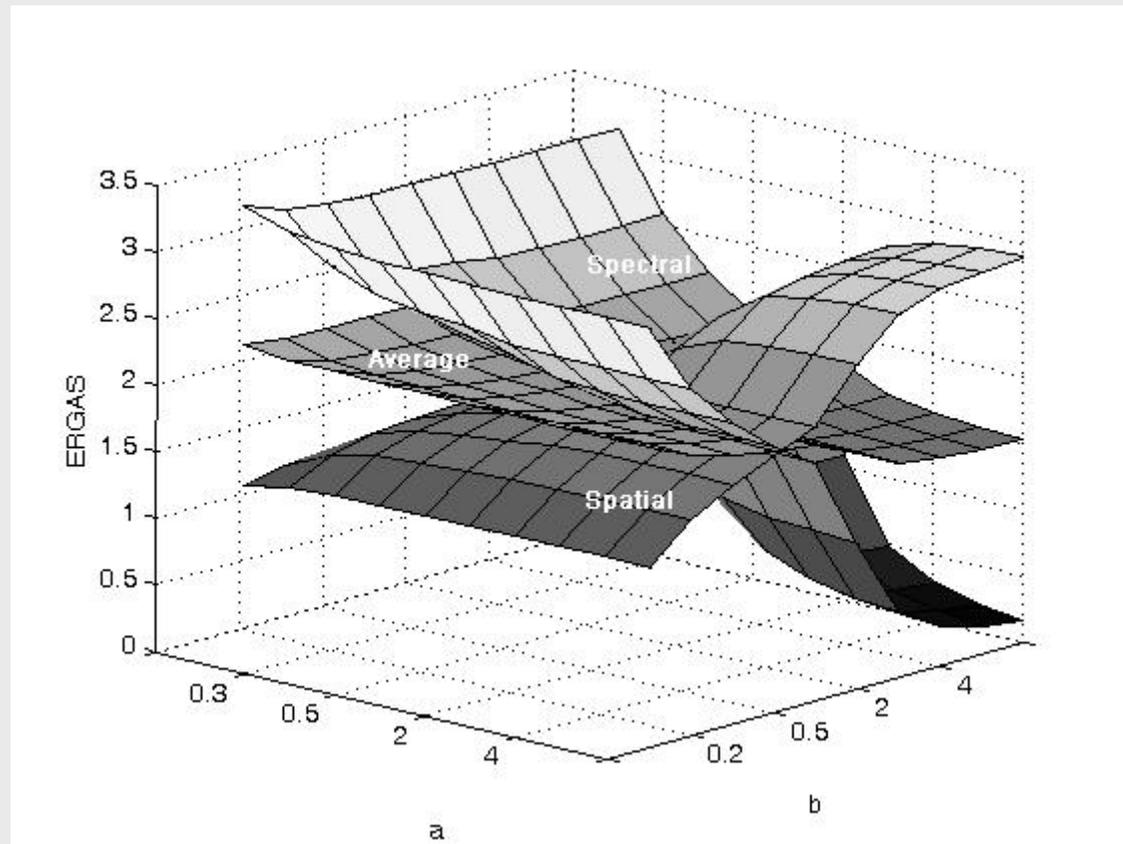
Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

* Compromiso calidad espacial-espectral

Parámetros de los filtros

a: escala

b: elongación



TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Introducción de info

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

del sensor

Jornadas de
Fusión

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución



NGB Original



Panromática



NGB Fusionada

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en la ponderación de la
información

Jornadas de
Fusión

Introducción

Tipos de filtros del sensor

Mediante la optimización del compromiso entre la calidad espacial y espectral

	B1	B2	B3	B4
a	0.7035	0.8848	0.8833	0.8380
b	1.4081	1.9519	1.9199	1.8354



NGB Original



Pancromática



NGB fusionada

ERGAS_{spatial}	ERGAS_{spectral}	ERGAS_{average}	Dev.(σ)	Q4
1.9226	1.9226	1.9226	0.000	0.8843

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Introducción de info

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

del sensor

Jornadas de
Fusión

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución



NGB Original



Pancromática



NGB Fusionada

TÉCNICAS AVANZADAS DE FUSIÓN DE IMÁGENES

Algoritmos de fusión basados
en bancos de filtros

Jornadas de
Fusión

Introducción de info

del sensor

Sintonización de bancos de filtros multidirección-multirresolución

	B1	B2	B3	B4
a	0.5670	0.7973	0.8240	0.7014
b	1.7205	1.8117	2.0493	1.5462



NGB Original



Pancromática



NGB fusionada

$ERGAS_{spatial}$
1.7627

$ERGAS_{spectral}$
1.7627

$ERGAS_{average}$
1.7627

Dev.(σ)
0.0000

Q4
0.8993

Basados en las SRF de los sensores

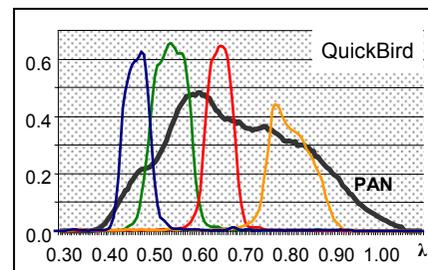
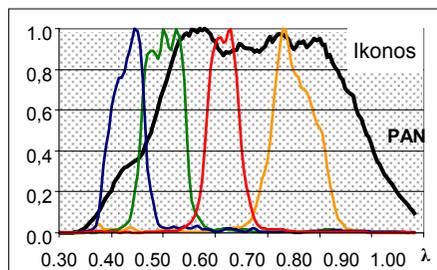
Algoritmo eFIHS, propuesto por Tu *et al.* 2001.

$$\begin{bmatrix} X1_{fus} \\ X2_{fus} \\ \dots \\ Xn_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X1 + \delta \\ X2 + \delta \\ \dots \\ Xn + \delta \end{bmatrix}$$

$$\delta = PAN - I \quad I = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \right)$$

Cuanto mayor es la diferencia espectral entre PAN e I, mayor es la distorsión espectral de la imagen fusionada

Teniendo en cuenta las SRF de QuickBird, Ikonos:



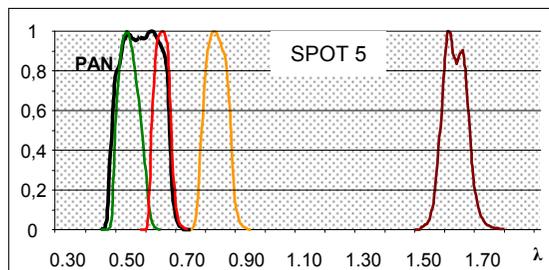
$$\begin{bmatrix} B_{fus} \\ G_{fus} \\ R_{fus} \\ NIR_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B + \delta \\ G + \delta \\ R + \delta \\ NIR + \delta \end{bmatrix}$$



$$\delta = PAN - I$$

$$I = \frac{B + G + R + NIR}{4}$$

Teniendo en cuenta las SRF de SPOT 5:



$$\begin{bmatrix} G_{fus} \\ R_{fus} \\ NIR_{fus} \\ MIR_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G + \delta \\ R + \delta \\ NIR + \delta \\ MIR + \delta \end{bmatrix}$$



$$\delta = PAN - I$$

$$I = \frac{G + R}{2}$$

Basados en las SRF de los sensores

Problema del algoritmo eFIHS: diferencia en la radiometría de la imagen PAN e I → Baja calidad espectral de las imágenes fusionadas resultantes.

Posibles soluciones:

- **S.1.** Extraer, de la imagen PAN, el detalle espacial que le falta a la imagen Intensidad mediante el algoritmo TWD á trous:

$$\delta = (I_{fus})_{HR} - I_{LR} = (I_{LR} + \sum_i w_{PAN}) - I_{LR} = \sum_i w_{PAN} \longrightarrow \delta = \sum_i w_{PAN}$$

- **S.2.** Emplear la información contenida en las SRF de los sensores para obtener una imagen Intensidad similar a la que obtendría el sensor MULTI si trabajase a la resolución del PAN (I_{HR}):

$$\delta = I_{HR} - I_{LR} \quad I_{HR} \longrightarrow \text{A partir de PAN}$$

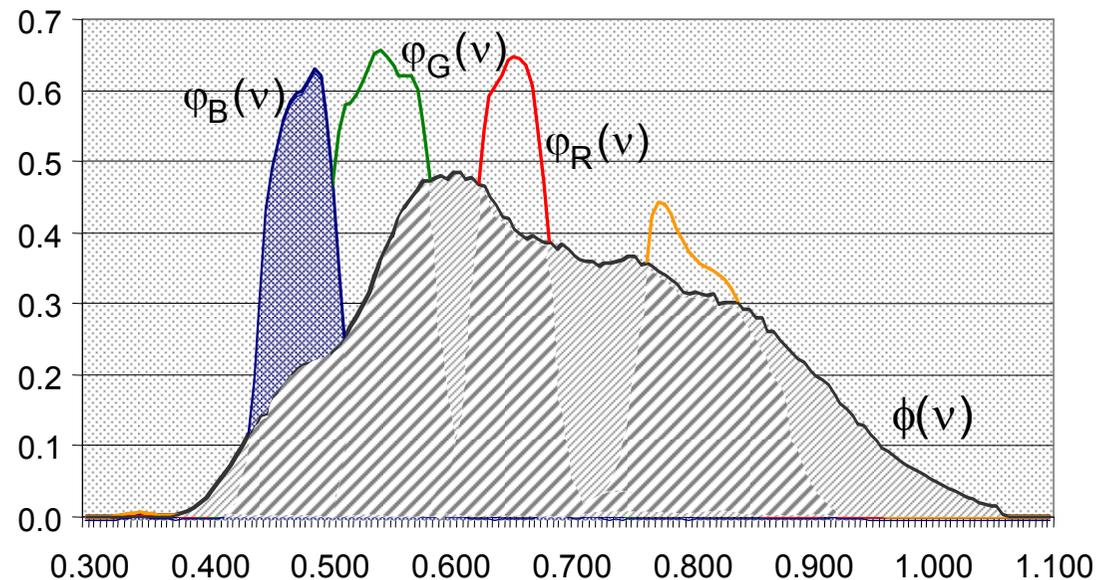
- **S.3.** Emplear la información contenida en las SRF de los sensores para obtener una imagen similar a la que obtendría el sensor PAN si trabajase a la resolución del MULTI (PAN_{LR}):

$$\delta = PAN_{HR} - PAN_{LR} \quad PAN_{LR} \longrightarrow \text{A partir de MULTI} \longrightarrow \delta \approx \sum_i w_{PAN}$$

Equivalente a S1, pero sin necesidad de aplicar TWD.

Basados en las SRF de los sensores

Base teórica del empleo de las SRF para la fusión de imágenes:



SRF: probabilidad de que un fotón, emitido o reflejado a una frecuencia ν , sea detectado por el sensor.

$\phi(\nu)$: FRS del sensor PAN

$\phi_i(\nu)$: FRS de la banda i del sensor MULTI.

La **probabilidad** de que un fotón, de frecuencia ν , sea detectado por el sensor **PAN**: $P(p) = \int \phi(\nu) d\nu$

La **probabilidad** de que un fotón, de frecuencia ν , sea detectado por el sensor **MULTI** $_i$: $P(m_i) = \int \phi_i(\nu) d\nu$

La **probabilidad** de que un fotón, de frecuencia ν , detectado por el sensor **PAN** sea también detectado por el sensor **MULTI**: $P(p_m) = \int \min(\phi, \max(\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)) d\nu = \int \phi_m(\nu) d\nu$

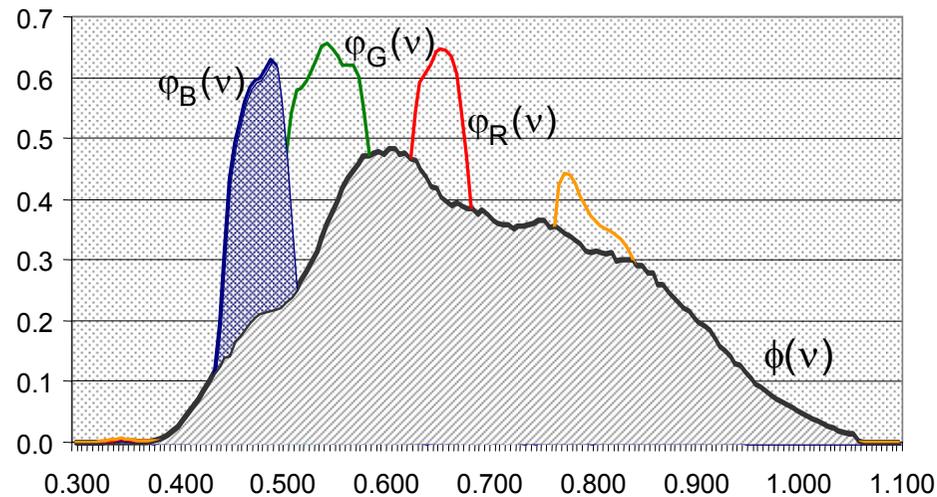
Basados en las SRF de los sensores

La **probabilidad** de que un **fotón detectado** por el **sensor PAN** sea también detectado por el **MULTI_i** es:

$$P(m_i|p) = \frac{P(m_i \cap p)}{P(p)} \quad \text{donde} \quad P(m_i \cap p) = \int \min(\varphi_i, \phi) dv$$

La **probabilidad** de que un **fotón detectado** por el **sensor MULTI_i** también sea detectado por el **sensor PAN** es:

$$P(p|m_i) = \frac{P(m_i \cap p)}{P(m_i)} \quad \text{donde} \quad P(m_i \cap p) = \int \min(\varphi_i, \phi) dv$$



n_p : fotones detectados por PAN

n_i : fotones detectados por MULTI_i

$n_{p,i}$ fotones simultáneamente detectados por MULTI_i y PAN

$$n_{p,i} = P(m_i|p) \cdot n_p \quad \mathbf{1}$$

$$n_{p,i} = P(p|m_i) \cdot n_i \quad \mathbf{2}$$

Basados en las SRF de los sensores

- 1 Existen fotones **detectados por el sensor PAN** que **no son detectados** por el sensor **MULTI**, \Rightarrow Factor α_p : representa la fracción de fotones detectada por el sensor PAN que también puede ser detectada por el sensor MULTI

$$\alpha_p = \frac{\int \min(\phi, \max(\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)) dv}{\int \phi(v) dv} \implies n_{p,i} = P(m_i|p) \cdot n_p \cdot \alpha_p$$

- 2 Existen fotones **detectados simultáneamente** por **dos bandas MULTI_i adyacentes**. \Rightarrow Factor $\beta_{i,j}$: representa la fracción de fotones detectada simultáneamente por el sensor MULTI_i y su adyacente MULTI_j, que también puede ser detectada por el sensor PAN

$$\implies n_{p,i} = P(p|m_i) \cdot n_i \cdot \left(1 - \frac{\beta_{i,j}}{2}\right)$$

$$n_{p,i} = P(m_i|p) \cdot \alpha_p \cdot n_p$$

$$n_{p,i} = P(p|m_i) \cdot \left(1 - \frac{\beta_{i,j}}{2}\right) \cdot n_i$$

Conocido n_p , es posible obtener $(n_i)_{HR}$ y por lo tanto I_{HR}

Conocido n_i , es posible obtener $(n_p)_{LR}$ y por lo tanto PAN_{LR}

$$P(m_i|p) \cdot \alpha_p \cdot n_p = P(p|m_i) \cdot \left(1 - \frac{\beta_{i,j}}{2}\right) \cdot n_i \implies$$

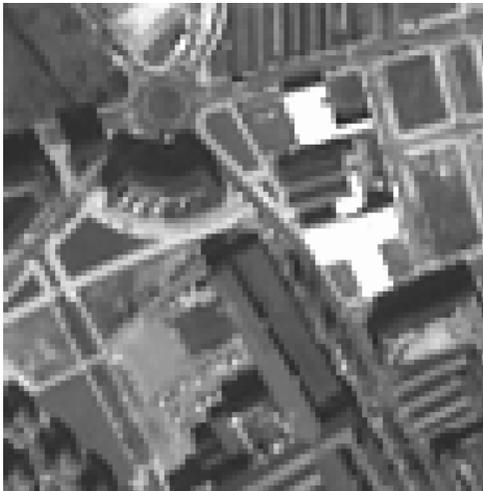
Directamente de las SRF de los sensores

Basados en las SRF de los sensores

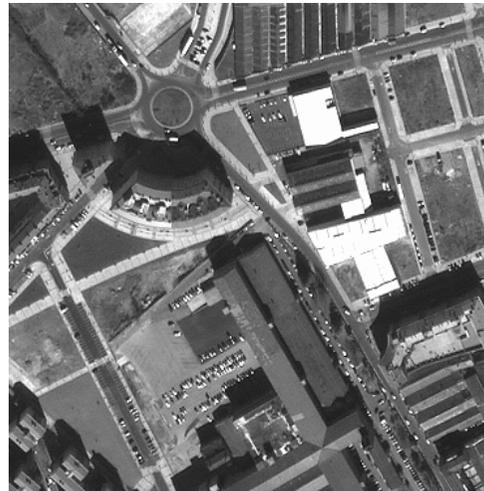
$$P(m_i|p) \cdot \alpha_p \cdot n_p = P(p|m_i) \cdot \left(1 - \frac{\beta_{ij}}{2}\right) \cdot n_i \longrightarrow \text{Directamente de las SRF de los sensores}$$

- **S.2.** Emplear la información contenida en las SRF de los sensores para obtener una imagen Intensidad similar a la que obtendría el sensor MULTI si trabajase a la resolución del PAN (I_{HR}):

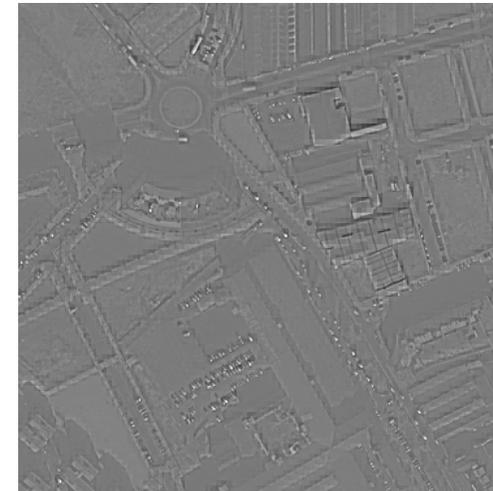
$$\delta = I_{HR} - I_{LR} = \text{detalle espacial} \quad I_{HR} \longrightarrow \text{A partir de PAN} \quad I_{LR} = \frac{B + G + R + NIR}{4}$$



IKONOS, imagen I_{LR}



IKONOS, imagen I_{HR} ,
a partir de PAN



δ , Detalle espacial

Basados en las SRF de los sensores

$$P(m_i|p) \cdot \alpha_p \cdot n_p = P(p|m_i) \cdot \left(1 - \frac{\beta_{ij}}{2}\right) \cdot n_i \longrightarrow \text{Directamente de las SRF de los sensores}$$

- **S.3.** Emplear la información contenida en las SRF de los sensores para obtener una imagen similar a la que obtendría el sensor PAN si trabajase a la resolución del MULTI (PAN_{LR}):

$$\delta = PAN_{HR} - PAN_{LR} = \text{detalle espacial} \quad PAN_{LR} \longrightarrow \text{A partir de MULTI} \longrightarrow \delta \approx \sum_i w_{PAN}$$

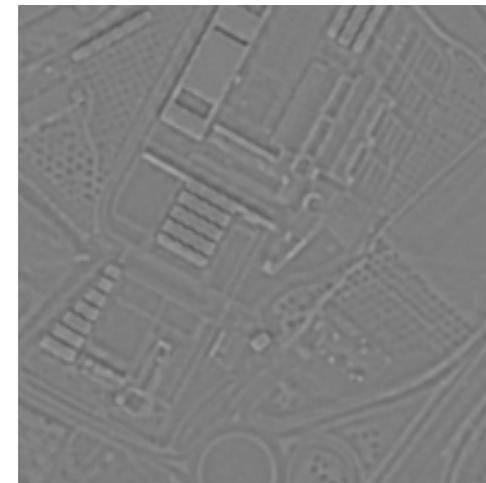
Equivalente a S1, pero sin necesidad de aplicar TWD.



SPOT 5, imagen PAN_{HR}



SPOT 5, imagen PAN_{LR} ,
a partir de MULTI (G,R)



δ , Detalle espacial

Basados en las SRF de los sensores

S.3. Aplicado a la fusión de imágenes SPOT 5



MULTI, 10m 0.5km por 0.5km

FAST SRF (S.3)



PAN, 2.5m 0.5km por 0.5km



FUSIONADA, 2.5m 0.5km por 0.5km

ERGAS_{spectral} : 1.742
ERGAS_{spatial} : 2.141
ERGAS_{aver.} : 1.941
CC : 56N²

Basados en las SRF de los sensores

S.3. Aplicado a la fusión de imágenes SPOT 5



FUSIONADA AW, 2.5m



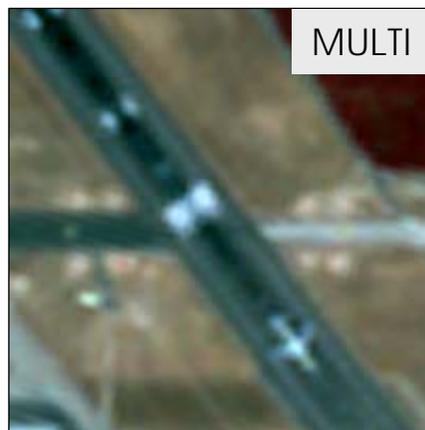
FUSIONADA FAST-SRF, 2.5m

Algoritmos de fusión de bajo coste computacional

Basados en las SRF de los sensores

- Bajo coste computacional
- Imágenes de alta calidad espectral
- Imágenes de mayor calidad espacial que las obtenidas mediante métodos TWD
- El método empleado para el remuestreo de la imagen MULTI no influye en la calidad espacial final de las imágenes fusionadas (S.3.)
- Ausencia de “artefactos” en las imágenes fusionadas cuando existe un desfase temporal en la adquisición de las imágenes MULTI y PAN

Ejemplo: SPOT-5 MULTI, PAN and fused images corresponding to an area of Barajas AIRPORT.



- ✧ Garzelli, A., and Nencini, F., 2006, PAN-Sharpening of very high resolution multispectral images using genetic algorithms, *International Journal of Remote Sensing*, 27 (15): 3273-3292.
- ✧ González-Audicana, M., Saleta, J. L., García Catalán, R. y García, R., 2004, Fusion of multispectral and panchromatic images using improved IHS and PCA mergers based on Wavelet decomposition, *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 42 (6): 1291-1297.
- ✧ Lillo-Saavedra, M., Gonzalo, C., Arquero, A. and Martinez, E., 2005, Fusion of multispectral and panchromatic satellite sensor imagery based on tailored filtering in the Fourier domain, *International Journal of Remote Sensing*, 26, pp. 1263-1268.
- ✧ X. Otazu, M. González-Audicana, O. Fors, 2005, Introduction of sensor spectral response into image fusion methods: application to wavelet-based methods, *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 43 (10): 2376-2385.

- ★ Lillo-Saavedra, M., Gonzalo, C., 2006. Spectral or spatial quality for fused satellite imagery? A trade-off solution using the wavelet à *trous* algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, 27(7), 1453-1464.
- ★ Lillo-Saavedra, M., Gonzalo, 2007. Multispectral Images Fusion by a Multidirectional and Multiresolution Image Transforms. *International Journal of Remote Sensing* (in press).
- ★ Yunhao, Ch., Lei, D., Jing, L. Xiaobing, L., Peijun, Sh., 2006. A new wavelet-based image fusion method for remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 1465-1476.
- ★ González-Audicana, X. Otazu, O. Fors and J. Alvarez-Mozos, 2006, A low computational-cost method to fuse IKONOS images using the SRF of its sensors, *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 44 (6): 1683-1691.



¡ Gracias por su atención !