

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Consuelo Gonzalo Martín (UPM)



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE
TELEDETECCIÓN



Madrid, 23 Abril 2007

1.- Introducción

2.- Definición de calidad de imágenes fusionadas

3.- Índices de calidad para imágenes fusionadas

4.- Conclusiones

5.- Bibliografía

Introducción

Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Definición de calidad de imágenes digitales

¿Qué entendemos por
calidad de una imagen?



Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Definición de calidad de imágenes digitales

- * Factores de los que depende la calidad de una imagen
 - × Subjetivos
 - × Cantidad de detalle (resolución)
 - × Nivel de contraste
 - × Otros ...

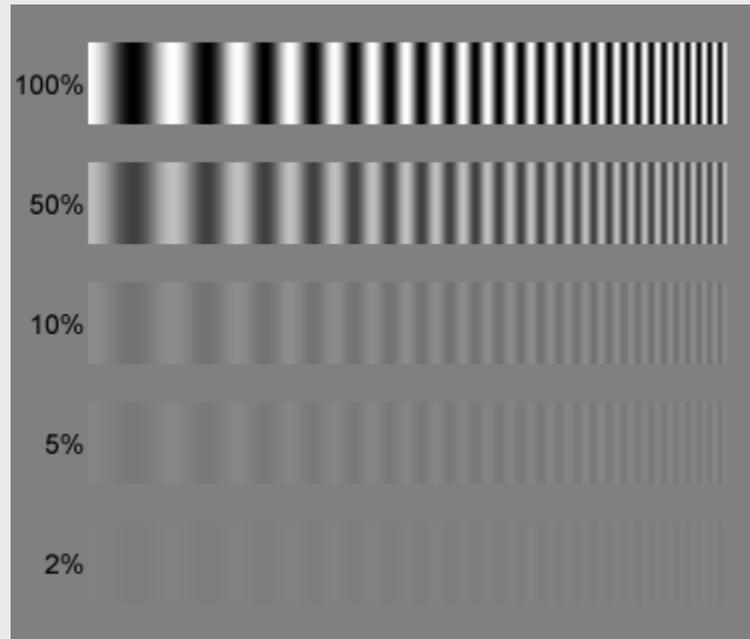
Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Definición de calidad de imágenes digitales

* **Contraste:** Diferencia de tonalidad con la que se capta o reproduce un par de líneas negra-blanca



* **Resolución:** viene determinada por el número de píxeles en dirección horizontal y vertical y el tamaño de los píxeles

Introducción

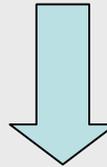
Definición de calidad ...

Índices

Definición de calidad de imágenes digitales

" I can't describe it, but I know it when I see it."

Don Williams, Image Scientist, Image Engineering and Simulation Lab,
Image Science Division, Eastman Kodak Company



La definición depende de la aplicación y del usuario final

Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Métricas de calidad de imágenes digitales

* Métricas subjetivas:

- × Basadas en medias de opinión
- × Lentas y caras

* Métricas objetivas basadas en el sistema visual humano:

- × Modelos conceptualmente complejos

* Métricas objetivas basadas en medidas de error

- × Necesidad de una imagen de referencia

Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Caracterización de una imagen multi-espectral

Resolución radiométrica: viene determinada por el número de bits utilizados para codificar el nivel de gris asociado a cada uno de los píxeles.



256 niveles (8 bits)



16 niveles (4 bits)



4 niveles (2 bits)

Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Caracterización de una imagen multi-espectral

Resolución espacial: Distancia mínima entre dos rasgos próximos distinguibles o tamaño mínimo de un rasgo que puede ser detectado por un sistema formador de imágenes remoto → Muestreo de la imagen.



512 X 512
262144 pixeles



256 X 256
65536 pixeles



128 X 128
16384 pixeles

Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Caracterización de una imagen multi-espectral

Resolución espacial: Distancia mínima entre dos rasgos próximos distinguibles o tamaño mínimo de un rasgo que puede ser detectado por un sistema formador de imágenes remoto → Muestreo de la imagen.



512 X 512
262144 pixeles



256 X 256
65536 pixeles



128 X 128
16384 pixeles

Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Caracterización de una imagen multi-espectral

Resolución espectral: viene determinado por el número y anchura de las bandas espectrales que un sistema formador de imágenes proporciona



B4(757,3 – 852,7 nm)



B3 (631,9 – 697,7 nm)



B2 (506,4 – 595,0 nm)



B1(444,7 – 516,0nm)

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

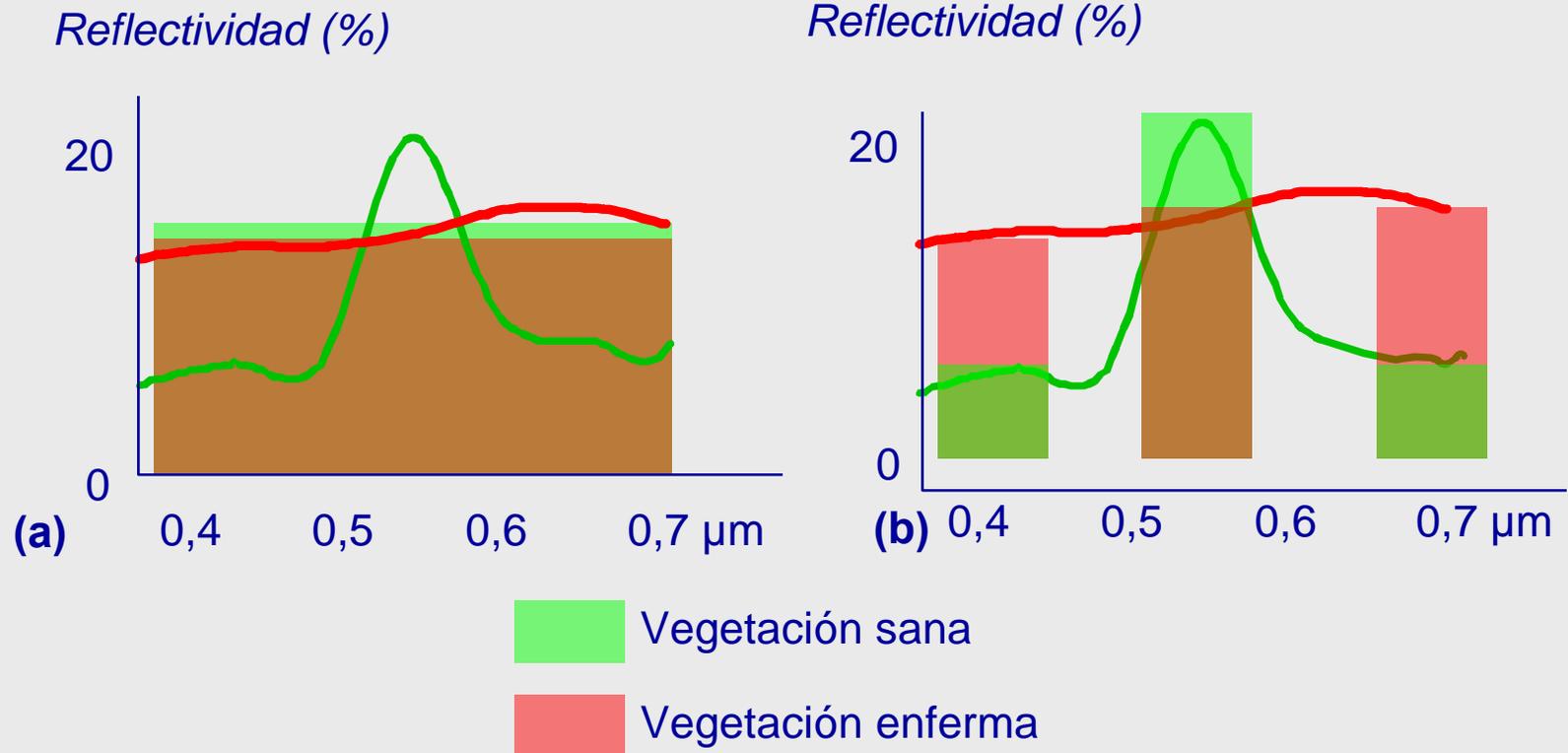
Introducción

Definición de calidad ...

Índices

Jornadas de
Fusión

Efecto de la resolución espectral



Definición de calidad de imágenes fusionadas



MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

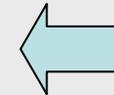
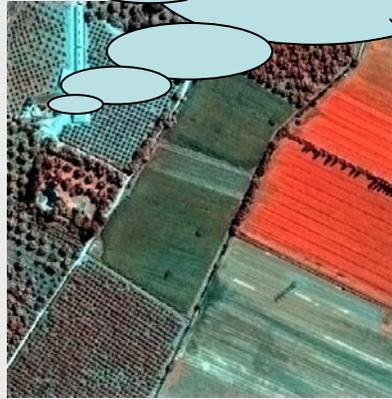
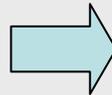
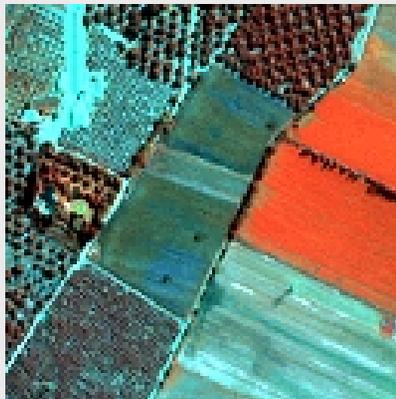
Definición de calidad de imágenes fusionadas

Índices

Jornadas de Fusión

Planteamiento del problema

Multiespectral Original
(NGB)



QUÉ SE ENTIENDE POR CALIDAD DE LA IMAGEN FUSIONADA



MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

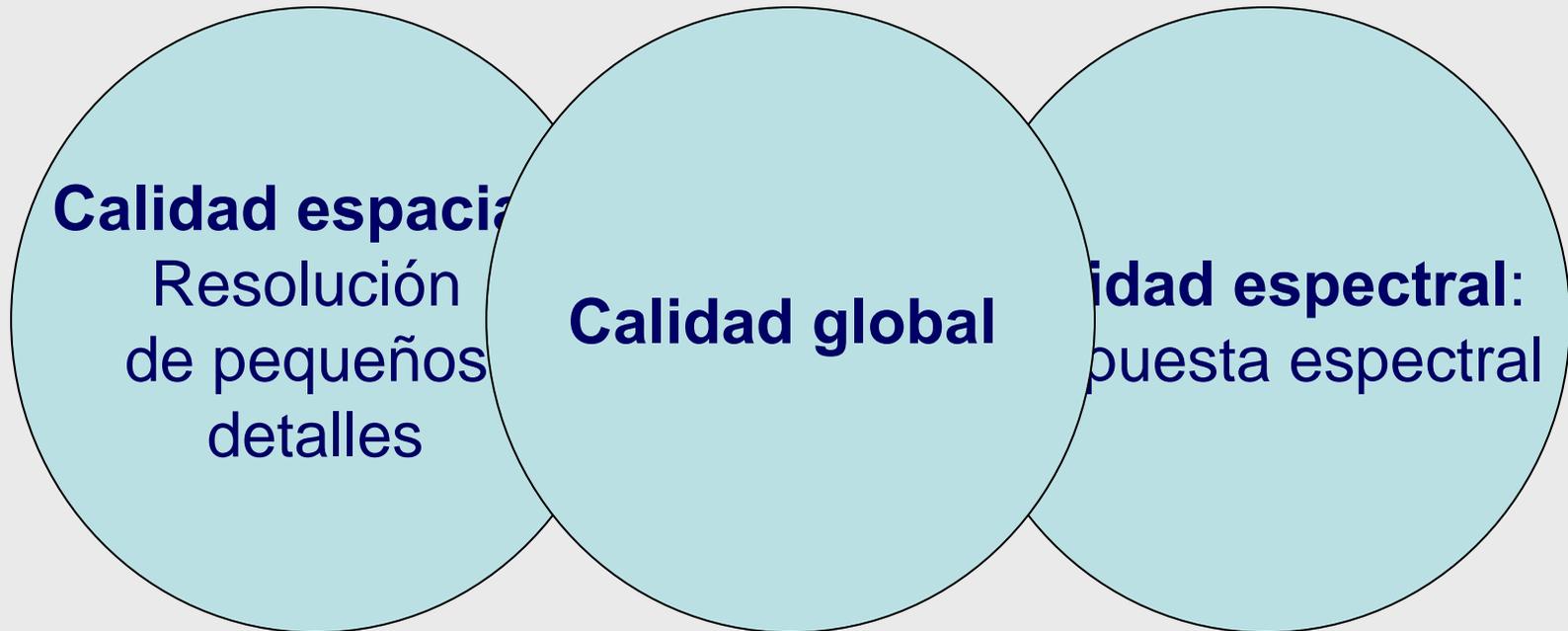
Introducción

Definición de calidad de imágenes fusionadas

Índices

Jornadas de Fusión

Planteamiento del problema



MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

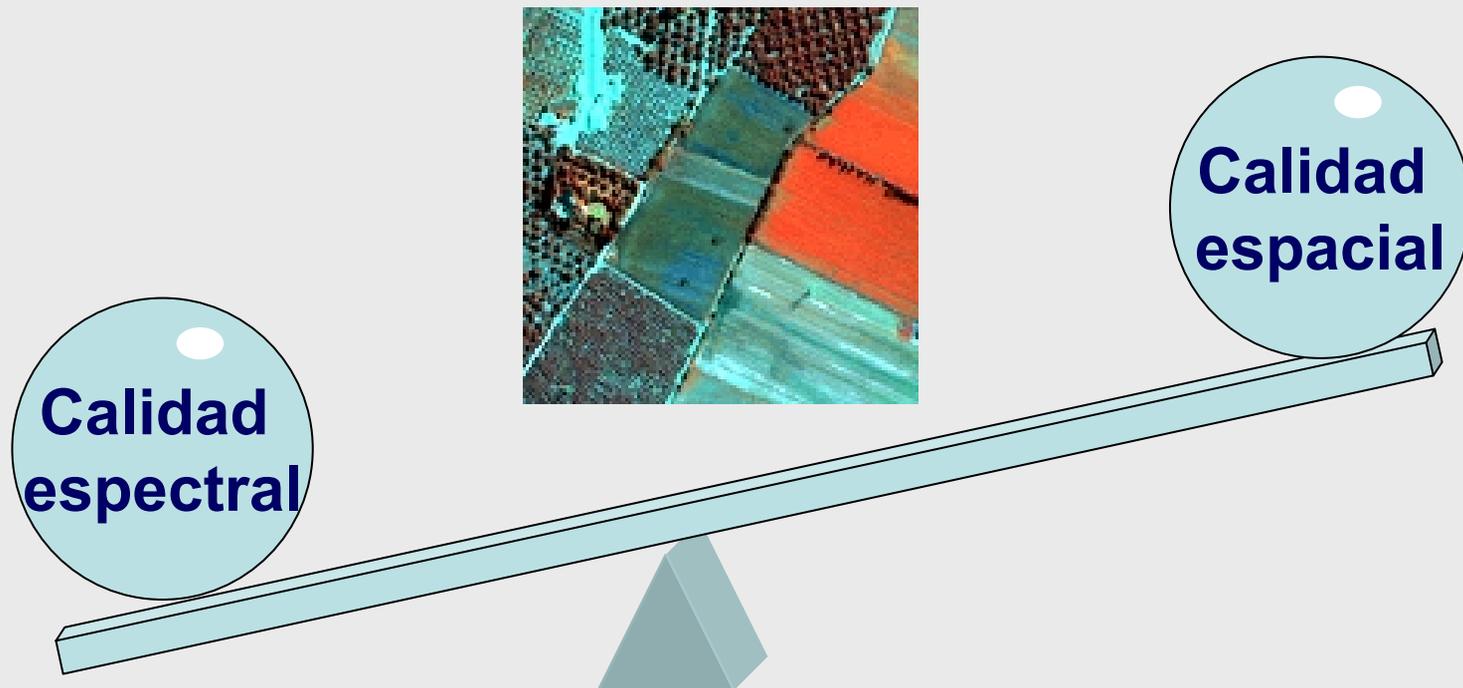
Definición de calidad de imágenes fusionadas

Índices

Jornadas de Fusión

Planteamiento del problema

Imagen fusionada=Imagen Multiespectral



MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad de imágenes fusionadas

Índices

Jornadas de Fusión

Planteamiento del problema

Imagen Fusionada

Calidad espectral



Calidad espacial

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad de imágenes fusionadas

Índices

Jornadas de Fusión

Planteamiento del problema

Imagen fusionada=Imagen Pancromática

**Calidad
espectral**



**Calidad
espacial**

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

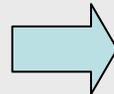
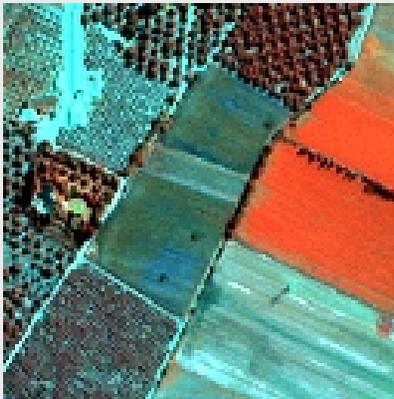
Definición de calidad de imágenes fusionadas

Índices

Jornadas de Fusión

Planteamiento del problema

Multiespectral Original
(NGB)



Fusionada
(NGB)



SE PUEDEN OBTENER
IMÁGENES FUSIONADAS
CON UNA DETERMINADA
CALIDAD



MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad de imágenes fusionadas

Índices

Jornadas de Fusión

Definición de imagen fusionada ideal

Aquella registrada por un sensor “ficticio” con la resolución espacial del sensor A y la resolución espectral del sensor B.

Aquella que conservase las características espectrales de la imagen de alta resolución espectral, en cuanto al contenido espectral banda a banda y que tuviese la misma resolución espacial que la imagen de alta resolución espacial.

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Necesidad de una imagen referencia

✳ **Imágenes fuente → Solo mide la calidad de los algoritmos**

✳ **Imagen multiespectral remuestreada → ¿para qué queremos fusionar?**

✳ **Comparación de valores estadísticos → dependen mucho de la resolución espacial**

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Propuesta de un protocolo para la medida de la calidad de las imágenes fusionadas (Thomas & Wald 2005)

✧ **Objetivo**: establecer un conjunto de reglas y criterios que sea reconocido por la comunidad científica como necesarios y suficientes para medir la calidad y que simultáneamente sea lo suficientemente sencillo para ser aceptado, implementado y utilizado por los profesionales.

✧ **Propiedad de consistencia**: Cualquier imagen multiespectral fusionada y posteriormente degradada a la resolución de la imagen multiespectral original debería ser “muy” parecida a dicha imagen original

✧ **Propiedad de síntesis**: Cualquier imagen fusionada debería ser “muy” parecida a la imagen pancromática original

Propuesta de un protocolo para la medida de la calidad de las imágenes fusionadas (Thomas & Wald 2005)

★ Protocolo:

1. Obtener la imagen fusionada (FUS_i^H) a partir de las imágenes fuente (MUL_i y PAN).
2. Remuestrear la imagen FUS_i^H a la resolución de la imagen MUL_i y comprobar que se cumple la propiedad de consistencia.
3. Remuestrear las imágenes MUL_i y PAN a una resolución inferior y fusionarlas (FUS_i^L)
4. Comprobar que se cumple la propiedad de síntesis.
5. Asumiendo que la calidad estimada para FUS_i^L es equivalente a la de FUS_i^H se completa la estimación de la calidad.

Índices de calidad de imágenes fusionadas



Requisitos de los índices de calidad de imágenes fusionadas (Wald 2002)

- ✧ **Ser independiente de las unidades, y por consiguiente de los coeficientes de calibración de los instrumentos y de sus valores de ganancia.**
- ✧ **Ser independiente del número de bandas espectrales consideradas.**
- ✧ **Ser independiente de la relación entre las resoluciones espaciales de las imágenes fuente.**

Índices estadísticos

* Correlaciones entre la imagen fusionada y las imágenes fuente

Correlación
Espectral

$$\longrightarrow SC = \frac{1}{N_{\text{Bands}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{Bands}}} \text{Corr}^i (\text{MULTI}^i, \text{FUS}^i)$$

Correlación
Espacial
(Zhou)

$$\longrightarrow I_Z = \frac{1}{N_{\text{Bands}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{Bands}}} \text{Corr}^i (\text{PAN}_{\text{high_pass}}, \text{FUS}_{\text{high_pass}}^i)$$

Índices estadísticos

✧ **Correlaciones entre la imagen fusionada y las imágenes fuente**

Presentan baja sensibilidad
a las variaciones de calidad.

No cumplen los requisitos de Wald

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Índices ERGAS (*Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse*)

ERGAS
Espectral

$$100 \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N_{\text{Bandas}}^{\circ}} \sum_{k=1}^{N_{\text{Bandas}}^{\circ}} \left(\frac{\text{RMSE}(\text{Banda}_k)^2}{(\text{MULTI}_k)^2} \right)}$$

$$\frac{1}{NP} \sqrt{\sum_{i=1}^{NP} (\text{MULTI}_k(i) - \text{FUS}_k(i))^2}$$

ERGAS
Espacial

$$100 \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N_{\text{Bandas}}^{\circ}} \sum_{k=1}^{N_{\text{Bandas}}^{\circ}} \left(\frac{\text{RMSE}(\text{Banda}_k)^2}{(\text{PAN}_k)^2} \right)}$$

$$\frac{1}{NP} \sqrt{\sum_{i=1}^{NP} (\text{PAN}_k(i) - \text{FUS}_k(i))^2}$$

Índices ERGAS (*Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse*)

Cumplen los requisitos de Wald
Su definición en un dominio común
permite su comparación

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Índices globales

*Q4

$$Q4 = \frac{4|\sigma_{z_1 z_2}| \cdot |\overline{z_1}| \cdot |\overline{z_2}|}{(\sigma_{z_1}^2 + \sigma_{z_2}^2) \left(|\overline{z_1}|^2 + |\overline{z_2}|^2 \right)}$$

- ⇒ $|\overline{z_1}|$ y $|\overline{z_2}|$ Imágenes multiespectral original y fusionada expresadas como quaterniones
- ⇒ σ_{z_1} y σ_{z_2} Covariancia hipercompleja entre sus variancias hipercomplejas

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Índices globales

*Q4

Solo se puede aplicar a imágenes
de 4 bandas

Índices globales

✧ Basados en los índices ERGAS

$$\bar{E} = \frac{ERGAS_{\text{espacial}} + ERGAS_{\text{espectral}}}{2}$$

$$\sigma = ERGAS_{\text{espacial}} - ERGAS_{\text{espectral}}$$

$$\mu = \sigma \cdot \bar{E}$$

Índices globales

✦ **Basados en los índices ERGAS**

No presentan problemas de saturación
Han mostrado un comportamiento robusto

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

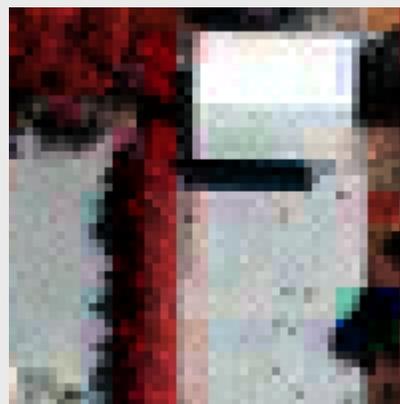
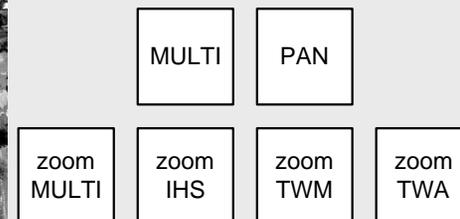
Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Ejemplos prácticos: Escena IKONOS



MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Ejemplos prácticos: Escena IKONOS

| METODO | I. espaciales | | I. espectrales | | I. globales | | | |
|--------|-----------------------|--------|------------------------|--------|-------------|------------------|--------------------|--------|
| | E_{espacial} | Zhou | $E_{\text{espectral}}$ | CC | Aver.(Av) | Dev.(σ) | $Av \times \sigma$ | Q4 |
| IHS | 1.5645 | 0.9481 | 2.6213 | 0.7776 | 2.0929 | 0.7473 | 1.5640 | 0.7594 |
| TWM | 1.8212 | 0.9279 | 1.9657 | 0.8770 | 1.8935 | 0.1021 | 0.1933 | 0.8675 |
| TWA | 1.7067 | 0.9990 | 2.3029 | 0.897 | 2.0048 | 0.4216 | 0.8452 | 0.8371 |

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

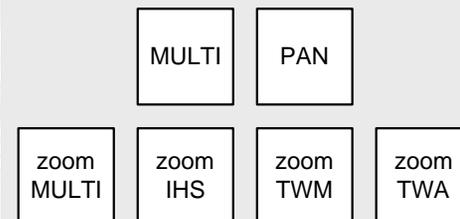
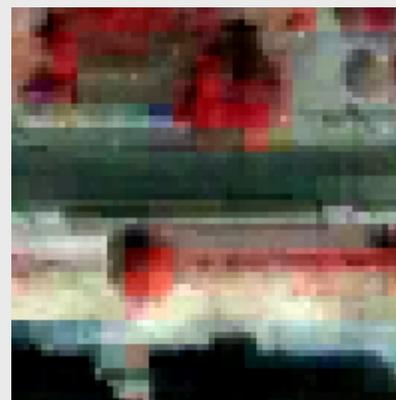
Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de Fusión

Ejemplos prácticos: Escena QUICKBIRD



MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de calidad

Índices de calidad

Jornadas de
Fusión

Ejemplos prácticos: Escena QUICKBIRD

| METODO | I. espaciales | | I. espectrales | | I. globales | | | |
|--------|-----------------------|--------|------------------------|--------|----------------|------------------|---------------------|--------|
| | E_{espacial} | Zhou | $E_{\text{espectral}}$ | CC | Aver.(A_v) | Dev.(σ) | $A_v \times \sigma$ | Q4 |
| IHS | 1.8860 | 0.8957 | 2.5938 | 0.8298 | 2.2399 | 0.5004 | 1.1208 | 0.8084 |
| TWM | 2.1334 | 0.8374 | 1.7731 | 0.9075 | 1.9533 | 0.2548 | 0.4977 | 0.9005 |
| TWA | 1.7079 | 0.9978 | 1.8822 | 0.8972 | 1.7951 | 0.1233 | 0.2213 | 0.8799 |

Conclusiones

✧ La calidad de las imágenes se puede medir de forma subjetiva y objetiva

✧ Se dispone de métricas que permiten medir la calidad espacial, la calidad espectral y/o la calidad global de imágenes fusionadas de acuerdo a la referencia establecida

MEDIDA DE LA CALIDAD DE IMÁGENES FUSIONADAS

Introducción

Definición de cal

Índices

Conclusiones

Jornadas de
Fusión

✳ **No existe el mejor método de fusión de imágenes, sino la mejor imagen fusionada**

✳ **Son necesarias metodologías que controlen la calidad de las imágenes fusionadas, adaptándola a la aplicación final.**

- ✧ **Alparone, L., Baronti, S., Garzelli, A., Nencini, F., 2004b. A global quality measurement of pan-sharpened multispectral imagery, *IEEE Geosciences and Remote Sensing Letters*, 1, 4, pp. 313-317.**
- ✧ **García, E. y Osuna, R., <http://www.macuarium.com/cms/macu/guias/sobre-la-calidad-de-las-imagenes-digitales.html>**
- ✧ **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.**
- ✧ **Thomas, C. y Wald, L., 2005, Assessment of the quality of fused products, *New Strategies for Europa Remote Sensing*, Oulić (ed.), Millpress, Rotterdam.**

- ☆ Vijayaraj, V., O'Hara, Ch. G. y Younan, N. H., 2004, Quality analysis of pansharpened images, *Proceedings of the Geosciences and Remote Sensing (IGARSS)* , 20-24 September, Anchorage, Alaska , pp. 85-88.
- ☆ Wang, Z., Bovik, A.C., Lu, L., Why is image quality assessment so difficult?, *Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2002. Proceedings IEEE.
- ☆ Zhou, J., Civco, D. L. and Silander, J. A., 1998, A Wavelet method to merge Landsat TM and SPOT panchromatic data, *International Journal of Remote Sensing*, 19: 743-757.



¡ Gracias por su atención !