

# CBIR for hyperspectral images

Miguel A. Veganzones

Grupo Inteligencia Computacional  
Universidad del País Vasco

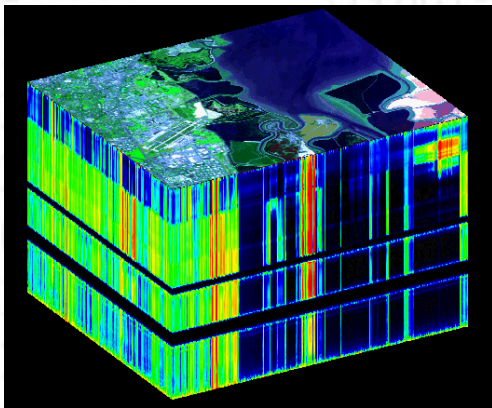
# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# AVIRIS cube

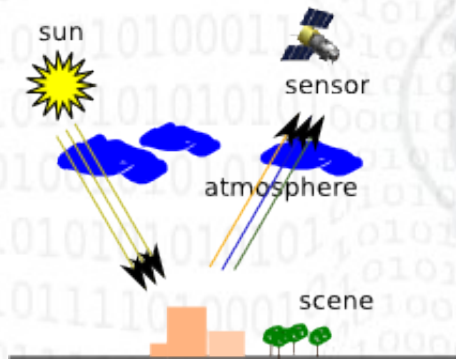


**Figure:** Imagen tomada desde el JPL's Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer volando a 20.000 metros sobre Moffett Field, California.

# Hiperespectrales VS Multiespectrales

- Número de bandas:
  - Color/Multiespectrales: 3-10 bandas.
  - Hiperespectrales: >100.
- Resolución espectral: longitud de onda/ancho de banda
  - Color/Multiespectrales: orden de 10.
  - Hiperespectrales: orden de 100.
- Contigüidad:
  - Color/Multiespectrales: medidas irregulares del espectro.
  - Hiperespectrales: medidas regulares del espectro.

# Sistemas de imagen hiperespectral

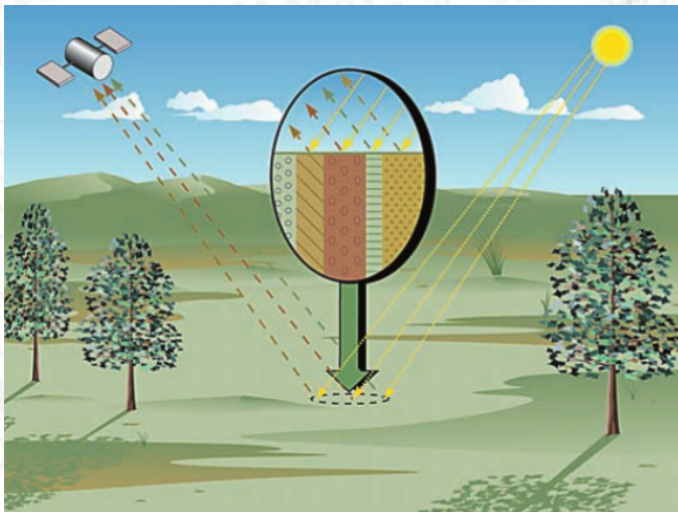


# Información espacial/espectral

- Información espacial:
  - Cada pixel representa un espacio determinado de la escena.
  - Depende de la altitud y apertura del sensor.
- Información espectral:
  - Se obtiene mediante un interferómetro o prisma.
  - Un convertor convierte la radiancia muestreada en cada señal espectral.

# Modelo de mezcla lineal

## Ilustración





# Modelo de mezcla lineal

## Formulación

### LMM

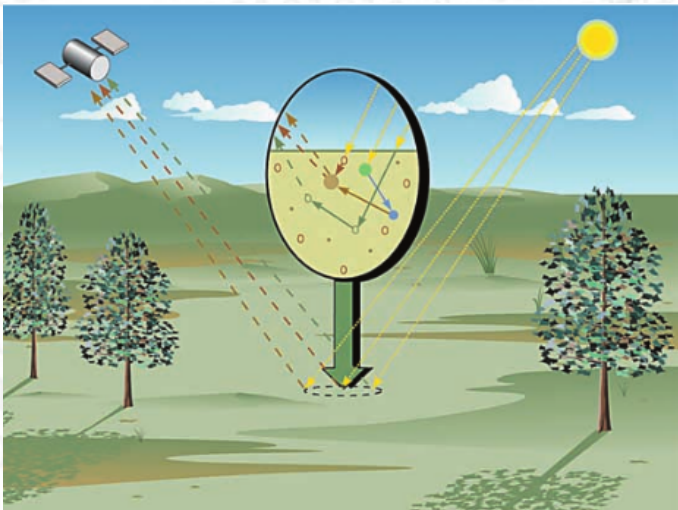
- $H = A \cdot E + \eta$
- $\mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = a(x, y)_1 \cdot \mathbf{e}_1 + a(x, y)_2 \cdot \mathbf{e}_2 + \dots + a(x, y)_p \cdot \mathbf{e}_p + \eta$

donde:

- $H$  es una imagen hiperespectral con dimensiones espaciales  $m \times n$  y con  $d$  bandas espectrales.
- $A$  es una imagen de abundancias espectrales con dimensiones espaciales  $m \times n$ .
- $E$  es un conjunto de  $p$  firmas espectrales (endmembers) con  $d$  bandas.
- $\eta$  es ruido aditivo.

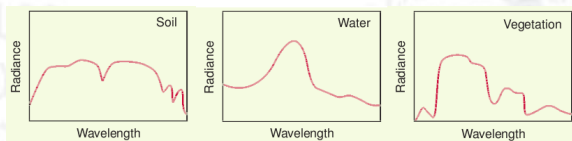
# Modelo de mezcla no lineal

## Ilustración



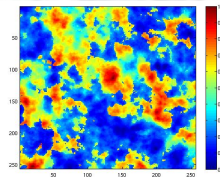
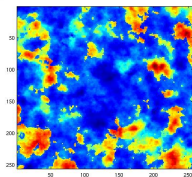
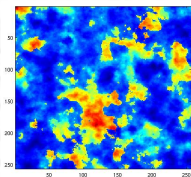
# Endmembers

- Firmas espectrales de distintos objetos a una escala, resolución y frecuencias dadas.
- USGS library: firmas espectrales de multitud de materiales obtenidas mediante técnicas de espectroscopía con microscopios en laboratorio.



# Imágenes de abundancia

- Indican la proporción de cada material en la imagen.
- Información espacial.



# Demezclado (Unmixing)

- Obtener las imágenes de abundancia a partir de la imagen hiperspectral original y un conjunto de firmas espectrales (endmembers).
- Estimación mediante mínimos cuadrados (Least-Squares Estimation):
  - Abundance Non-negative Constraint (ANC):  $a(x,y)_i \geq 0$
  - Abundance Sum-to-one Constraint (ASC):  $\sum_i a(x,y)_i = 1$

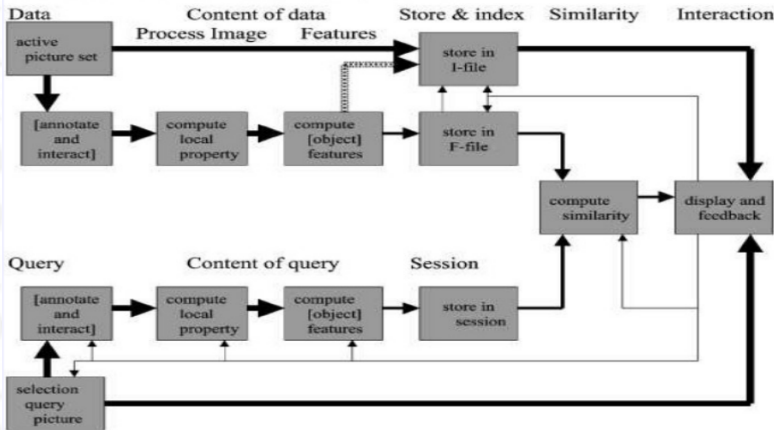
# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - **CBIR systems**
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Objetivos

- Recuperar información de grandes bases de datos (imágenes).
- Superar las deficiencias de los métodos tradicionales basados en metadatos.
- Usar la información contenida en las imágenes como base para las búsquedas.
- Elaboración de métricas basadas en la caracterización de la información contenida en las imágenes.

# Descripción



\* From "Content-Based Image Retrieval at the end of the early years". W.M.Smeulder et al. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence (2000)



# Retrieval feedback

- Salto semántico: existe una brecha entre la información semántica buscada por el usuario y la caracterización de la información de las imágenes.
- Especialmente importante en dominios amplios (variabilidad del catálogo de imágenes).
- Retrieval feedback: proceso iterativo por el cual el usuario refina la búsqueda en función de los resultados previos (selección de resultados positivos y negativos).

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 **Feature Characterization**
  - **Endmember induction and unmixing**
  - Information quantification
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - **Information quantification**
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 **CBIR system for hyperspectral images**
  - **System description**
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 **CBIR system for hyperspectral images**
  - System description
  - **Queries**
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Spectral queries

- Images containing a set of specific endmembers:

$$Q = \{\cup_{i=1}^n E_i\}.$$

- Images containing a set of specific endmembers and not containing a distinct set of specific endmembers:

$$Q = \{\cup_{i=1}^n E_i\} \wedge \neg \{\cup_{j=1}^m E_j\}, \text{ where } E_i \neq E_j, \forall i, j.$$

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 **CBIR system for hyperspectral images**
  - System description
  - Queries
  - **Retrieval**
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions



# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 Experiment
  - Design
  - Results
  - Conclusions

# Outline

- 1 Introduction
  - Hyperspectral images
  - CBIR systems
- 2 Feature Characterization
  - Endmember induction and unmixing
  - Information quantification
- 3 CBIR system for hyperspectral images
  - System description
  - Queries
  - Retrieval
- 4 **Experiment**
  - Design
  - Results
  - **Conclusions**

# For Further Reading



# Questions?

*Thank you very much for your attention.*

- Contact:
  - Miguel Angel Veganzones
  - Grupo Inteligencia Computacional
  - Universidad del País Vasco - UPV/EHU (Spain)
  - E-mail: miguelangel.veganzones@ehu.es
  - Web page: <http://www.ehu.es/computationalintelligence>