

- Presentación
- Equipamiento
- T. Clásicas
- Rec. formas
- Textura
- MCNG
- Laws
- Resultados

Identificación automática de nubes

Presentación

Ponente

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Manuel Ruiz Arahal
- Catedrático de Universidad
- Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Sevilla
- Grupo de Investigación ACE-TI



Presentación

Detección de nubes

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

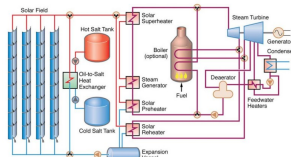
Textura

MCNG

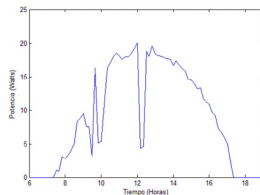
Laws

Resultados

- Operación de plantas solares
- Nubes \implies irradiación a corto plazo
- Importancia para:
 - seleccionar modo de funcionamiento,
 - ajustar referencias (nivel de producción),
 - evitar transitorios agudos.

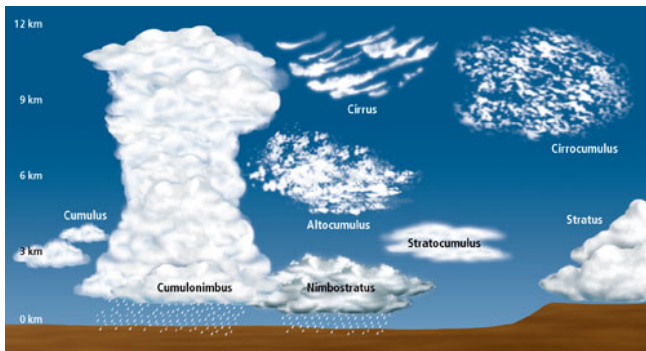


Components of a trough-type CSP plant with TES



Presentación

Tipos de nubes



- Existe una clasificación estándar.
- Para aplicaciones solares interesa:
 - altura (grosor del cuerpo nuboso),
 - opacidad.

Presentación

Proyecto

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

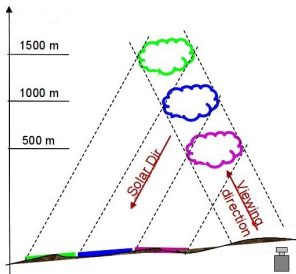
Textura

MCNG

Laws

Resultados

Objetivo: detectar y clasificar nubes a partir de imágenes terrestres para predecir su efecto en la planta solar.



Presentación

Índice de la charla

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Presentación
- Equipamiento para detección de nubes
- Técnicas clásicas de detección
- Reconocimiento de formas
- Textura
- MCNG
- Laws

Identificación automática de nubes

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Equipamiento

Equipamiento

Sensores

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados



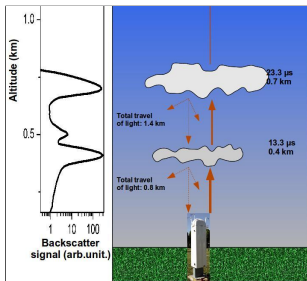
Camara ojo de pez



Ocultador solar



Detector CODE



Nefobasímetro

Equipamiento

Cámara Robotix

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

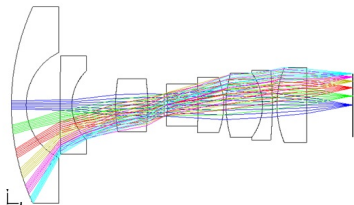
Textura

MCNG

Laws

Resultados

- No necesita ocultador de sol.
- Bajo consumo.
- Alimentación PoE.
- Funcionamiento ininterrumpido.
- Distorsión reparable.
- Ideal para constituir una red de cámaras.



Equipamiento

Imágenes

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados



Equipamiento

Bibliografía

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Chow, C.W., Belongie, S., Kleissl, J., 2015. Cloud motion and stability estimation for intra-hour solar forecasting. *Solar Energy* 115, 645-655.
- Cheng, H.-Y., Yu, C.-C., 2015. Multi-model solar irradiance prediction based on automatic cloud classification. *Energy* 91, 579-587.
- Herrmann, U., Kelly, B., Price, H., 2004. Two-tank molten salt storage for parabolic trough solar power plants. *Energy* 29 (5), 883-893.
- Kleissl, J., 2013. *Solar energy forecasting and resource assessment*. Academic Press.

Identificación automática de nubes

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

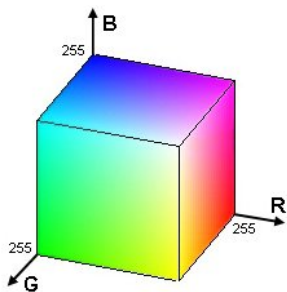
Resultados

T. Clásicas

T. Clásicas

Color

- Componentes cromáticas (R,V,A).
- En el modelo RGB, cada píxel presenta una intensidad en cada canal I_r, I_v, I_a .
- Usualmente $I \in [0, 255]$ para cada canal.



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

T. Clásicas

Color

- Componentes cromáticas (R,V,A).
- El contenido en verde del cielo es bajo.
- Las nubes (grises y blancas) contienen verde.



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

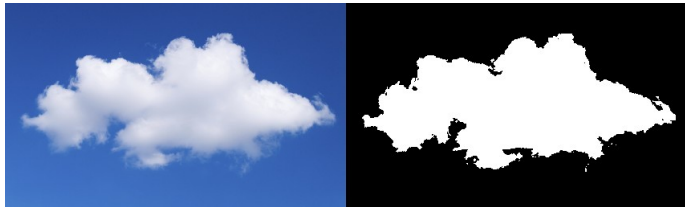
Laws

Resultados

T. Clásicas

Separación usando canal verde

- Se determina un valor umbral de verde U .
- Los píxeles con $I_v \geq U$ se toman como nube.
- Los píxeles con $I_v < U$ se toman como cielo.
- Se consigue así una plantilla de separación.



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

T. Clásicas

Uso de la plantilla

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

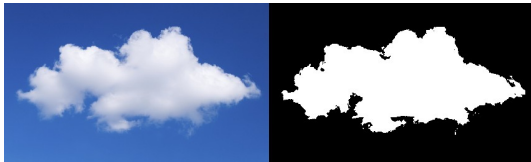
Textura

MCNG

Laws

Resultados

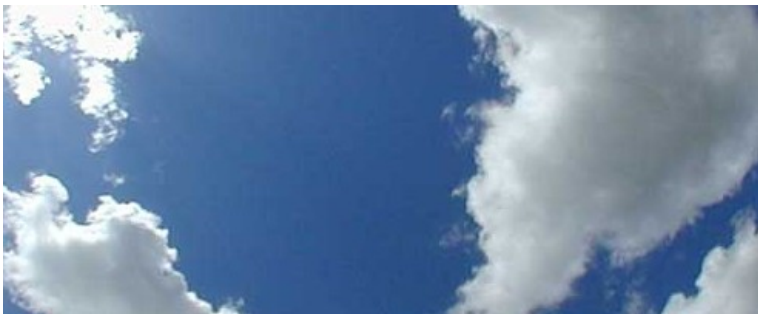
- La plantilla de separación cielo/nube es el escalón más elemental.
- Permite localizar la nube con técnicas multi-cámara
- Permite estimar el movimiento y predecir la sombra que proyectará.



T. Clásicas

Problemas

- El cielo contiene polvo y vapor de agua.
- El nivel de verde no es cero.
- La iluminación natural (Sol) produce zonas de confusión



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

T. Clásicas

Problemas

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

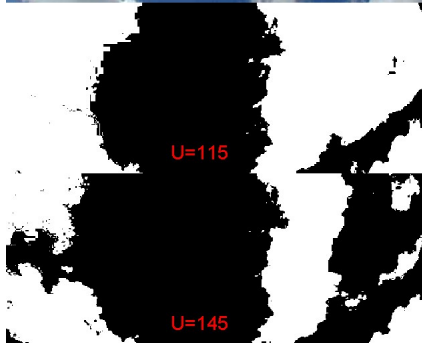
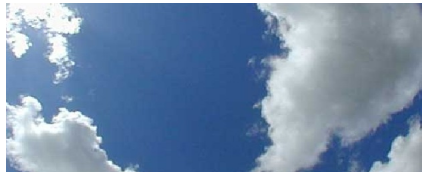
Textura

MCNG

Laws

Resultados

- La separación cielo/nube no es perfecta.
- El umbral de verde U debería ajustarse a la zona de cielo.
- O debería usarse un método más adecuado.



T. Clásicas

Detección de nubes mediante clasificación

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

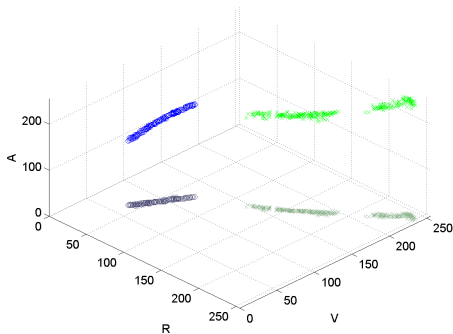
Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Para cada píxel, los valores (R,V,A) se usan para asignar una clase: 'cielo' o 'nube'.
- Suposición: las clases habitan distintas zonas del espacio R-V-A.



T. Clásicas

Características cromáticas

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- R, V, A
- Combinaciones: $\frac{A-R}{A+R}$, $\frac{V}{R+V+A}$, $\frac{R+V+A}{3}$
- Otros espacios de color: YUV, HSV, ...

La disponibilidad de distintas características invita al uso de clasificadores.

T. Clásicas

Bibliografía

- Dev, S., Lee, Y. H., Winkler, S., 2014. Systematic study of color spaces and components for the segmentation of sky/cloud images. In: Image Processing (ICIP), 2014 IEEE Int. Conf., pp. 5102-5106.
- Ghonima, M. et al., 2012. A method for cloud detection and opacity classification based on ground based sky imagery. Atmospheric Measurement Techniques 5 (11), 2881-2892
- Heinle, A., Macke, A., Srivastav, A., 2010. Automatic cloud classification of whole sky images. Atmospheric Measurement Techniques 3 (3), 557-567.
- Kegelmeyer Jr, W., 1994. Extraction of cloud statistics from whole sky imaging cameras. T.R., Sandia National Labs., Livermore, CA.
- Long, C. N. et al., 2006. Retrieving cloud characteristics from ground-based daytime color all-sky images. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 23 (5), 633-652.
- Mantelli Neto, S. L. et al., 2010. The use of euclidean geometric distance on RGB color space for the classification of sky and cloud patterns. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 27 (9), 1504-1517.

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

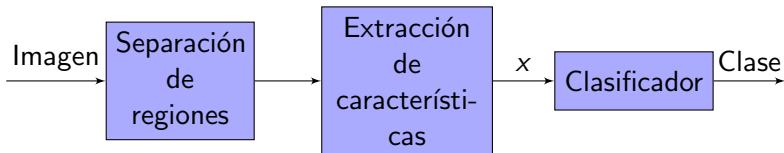
Resultados

Reconocimiento de formas

Rec. formas

Planteamiento general

- El reconocimiento automático de formas (RAF) usa un clasificador.
- Se usa un vector de características x extraído de una región.
- El clasificador asigna una clase a x .



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

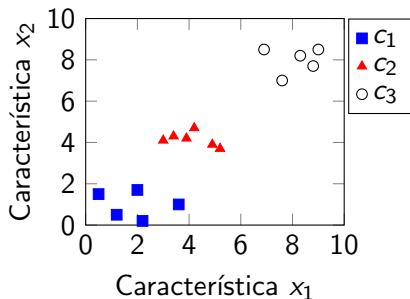
Laws

Resultados

Rec. Formas

El clasificador

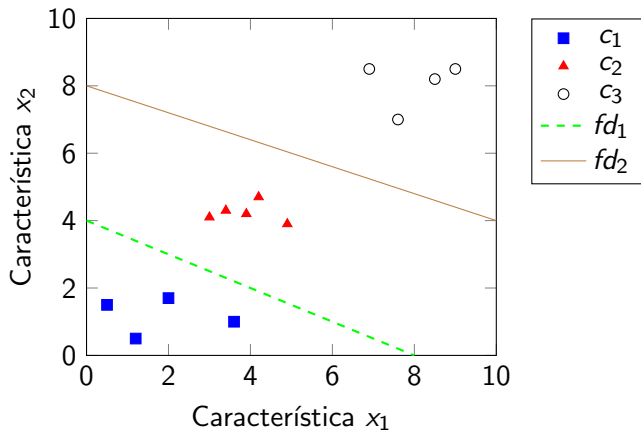
- El clasificador saca provecho de la dispersión inter-clase.
- Impone fronteras en el espacio para crear regiones para cada clase.



Rec. Formas

El clasificador

El clasificador lineal utiliza funciones discriminantes lineales.



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

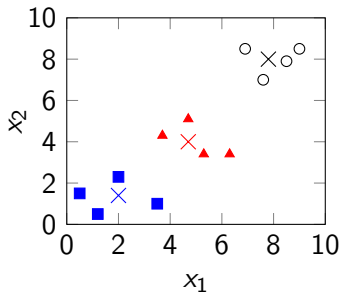
Laws

Resultados

Rec. Formas

El clasificador por distancia

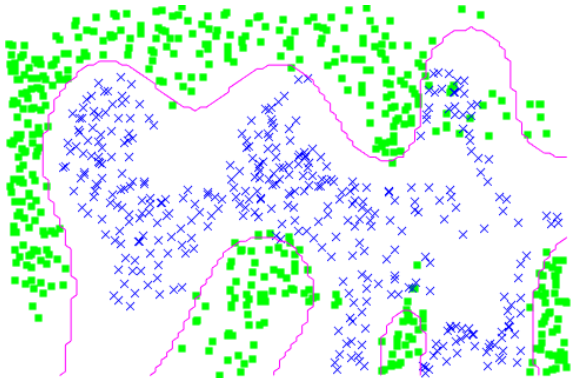
- Cada clase se agrupa en torno a un elemento modelo o canon o prototipo \times .
- Se asigna a cada objeto la clase del modelo más próximo.
- Ventajas: sencillez, no necesita “aprendizaje”.



Rec. Formas

CMD generalización a varios prototipos

- El CMD proporciona fronteras lineales
- Usando más de un prototipo por clase se pueden conseguir fronteras sinuosas



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Rec. Formas

Otros clasificadores

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Existen otros clasificadores que pueden usarse

- Bayesianos
- Redes de neuronas
- Vector soporte (SVM)

Rec. Formas

Uso en la separación cielo/nube

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Cada pixel se clasifica como cielo o nube en función de x .
- En las técnicas clásicas, el vector x contiene características cromáticas: R, G, B, H, S, V, ...
- Pero se puede expandir a otras características (texturales).

Rec. Formas

Uso en la identificación de nubes

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Para las aplicaciones termosolares interesa conocer el tipo de nube
- En particular la opacidad de la misma
- Para ello se consideran distintitos tipos de nube: blanca, oscura, tenue
- El problema contiene ahora varias clases extra
 - 1 cielo
 - 2 nube blanca
 - 3 nube oscura
 - 4 nube tenue

Rec. Formas

Bibliografía

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Arriaza, J. A. T. et al., 2003. An automatic cloud-masking system using backprop NN for AVHRR scenes. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Trans. on* 41 (4), 826-831.
- Duda, R. O., Hart, P. E., Stork, D. G., 2012. *Pattern classification.* John Wiley & Sons.
- Piedra-Fernández, J. A., Cantón, M., Wang, J. Z., 2010. Feature selection in AVHRR ocean satellite images by means of filter methods. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on* 48 (12), 4193-4203.

Identificación automática de nubes

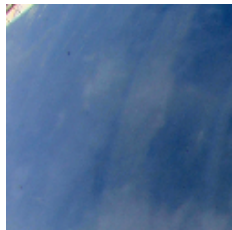
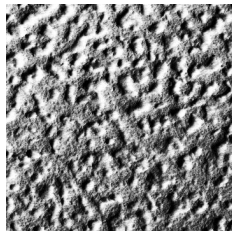
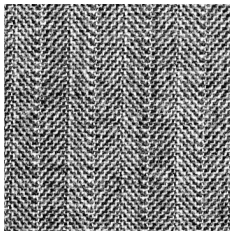
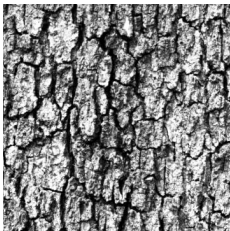
- Presentación
- Equipamiento
- T. Clásicas
- Rec. formas
- Textura**
- MCNG
- Laws
- Resultados

Textura

Textura

Ejemplos

Presentación
Equipamiento
T. Clásicas
Rec. formas
Textura
MCNG
Laws
Resultados



Textura

Definiciones

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

En el ámbito de la visión.

- Cualidad de una región que emana de la disposición espacial de las intensidades luminosas.
- La textura es la manera en la que el contenido de la región se aleja de la uniformidad.
- En particular las distribuciones periódicas o cuasi-periódicas permiten distinguir regiones.
- La percepción humana es sensible a las texturas y se apoya en ellas.

Textura

Caracterización mediante gradiente

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

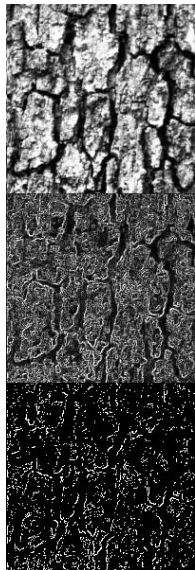
Laws

Resultados

- El gradiente de una imagen f en un punto (i, j) se puede aproximar como

$$G = \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{i,j} - f_{i,j-1} \\ f_{i,j} - f_{i-1,j} \end{pmatrix}$$

- El módulo del gradiente $|G|$ indica zonas de cambio
- La densidad de puntos con $|G| > U$ es un indicador de textura

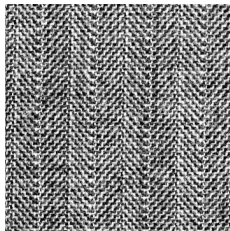


Textura

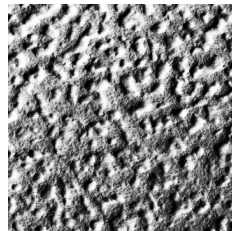
Caracterización mediante gradiente



0.16



0.33



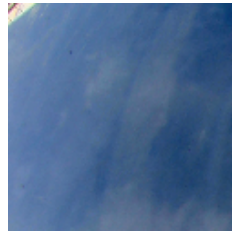
0.12



0.33



0.01



0.06

Textura

Caracterización mediante gradiente

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

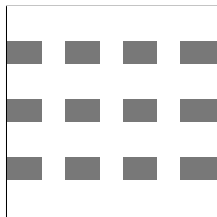
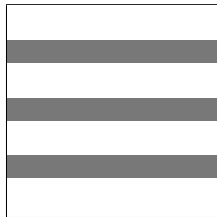
Textura

MCNG

Laws

Resultados

- La densidad de puntos con $|G| > U$ es un indicador de textura
- Su utilidad es limitada como se ve en este ejemplo



Textura

Caracterización mediante histograma

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

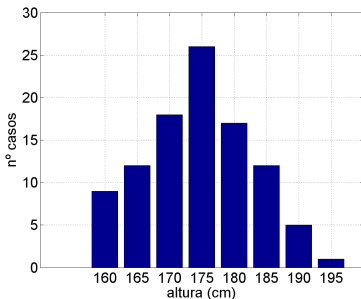
Textura

MCNG

Laws

Resultados

- El histograma es la gráfica de número de apariciones de un valor en una muestra finita de una población.
- En el límite equivale a la función de densidad probabilística.



Textura

Caracterización mediante HOG

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

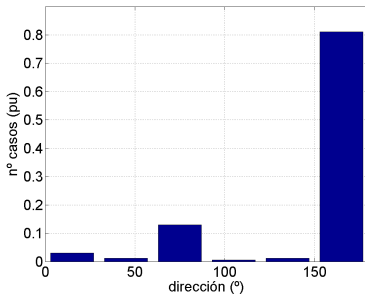
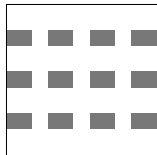
Textura

MCNG

Laws

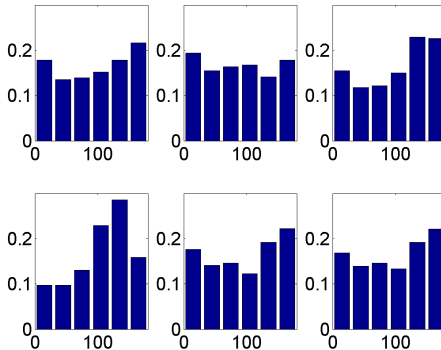
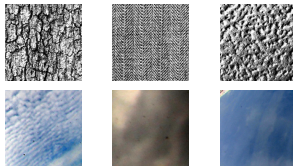
Resultados

- El Histograma de Orientaciones de Gradiente (HOG) indica la distribución de direcciones de gradiente.
- El recuento se puede ponderar con $|G|$.
- De este modo se tiene en cuenta magnitud y dirección.



Textura

Caracterización mediante histograma



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Matriz de coocurrencia de niveles de gris

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

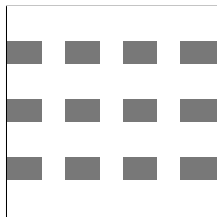
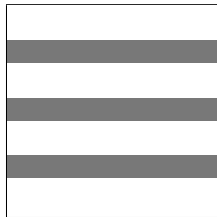
Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Importancia de la repetibilidad en la disposición espacial.
- Reto: cuantificar el grado de orden discriminando diferentes configuraciones espaciales.



MCNG

Definiciones

- Se define la Matriz de Coocurrencia de Niveles de Gris para imágenes monocromas.
- Cada elemento es un contador del número de veces que aparece una cierta combinación de niveles de gris en dos píxeles vecinos.

Ejemplo:

1	1	1	1	1	1	1
1	2	3	3	3	4	2
1	1	4	3	3	4	4
1	1	4	1	1	4	4
1	2	4	1	1	4	4

La combinación $\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ aparece 3 veces.

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- La vecindad ha de tener lugar en una dirección θ pre-especificada (0° , 90° , etc.)
- La distancia d sobre la dirección considerada también se pre-especifica (1, 2, ...) (píxel)
- Por ejemplo $C_{\theta,d}(3, 10)$ es el número de veces que un píxel con $l = 3$ tiene un vecino con $l = 10$ en la dirección θ y la distancia r .

MCNG

Ejemplo 1

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Suponiendo solamente 4 niveles de gris (1 a 4), $\theta = 0$ ($^{\circ}$) y $r = 1$ (p).

1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	3	1	2	2
1	1	4	1	1	4	1

Imagen f
(3×7)

\	1	2	3	4
1	8	2	0	2
2	0	2	1	0
3	1	0	0	0
4	2	0	0	0

MCNG $C_{0,1}$
(4×4)

MCNG

Ejemplo 2

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Suponiendo solamente 4 niveles de gris (1 a 4), $\theta = 90$ ($^{\circ}$) y $r = 1$ (p).

1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	3	1	2	2
1	1	4	1	1	4	1

Imagen f
(3×7)

\	1	2	3	4
1	4	2	1	0
2	4	0	0	0
3	1	0	0	0
4	0	2	0	0

MCNG $C_{90,1}$
(4×4)

- Para reducir la dimensión: considerar sólo L niveles de gris.
- Para forzar simetría

$$S_d(n1, n2) = C_d(n1, n2) + (C_{-d}(n1, n2))$$

Donde $d = (\theta, r)$ indica un desplazamiento y
 $-d = (\theta + 180, r)$ el desplazamiento contrario.

- Para normalizar

$$N_d(n1, n2) = \frac{C_d(n1, n2)}{\sum_{n1} \sum_{n2} C_d(n1, n2)}$$

A partir de la MCNG se calcula:

- Homogeneidad:

$$\sum_{n1} \sum_{n2} \frac{N_d(n1, n2)}{1 + |n1 - n2|}$$

- Máxima probabilidad:

$$\max_{n1, n2} N_d(n1, n2)$$

- Energía:

$$\sum_{n1} \sum_{n2} (N_d(n1, n2))^2$$

A partir de la MCNG se calcula:

- Entropía:

$$-\sum_{n1} \sum_{n2} N_d(n1, n2) \log_2 N_d(n1, n2)$$

- Contraste:

$$\sum_{n1} \sum_{n2} (n1 - n2)^2 N_d(n1, n2)$$

- Correlación:

$$\sum_{n1} \sum_{n2} \frac{(n1 - \mu_{n1})}{\sigma_{n1}} \frac{(n2 - \mu_{n2})}{\sigma_{n2}} N_d(n1, n2)$$

siendo μ_{n1} y σ_{n1} la media y desv. típica de $SC_d(n1) = \sum_{n2} N_d(n1, n2)$ y μ_{n2} y σ_{n2} la media y desv. típica de $SF_d(n2) = \sum_{n1} N_d(n1, n2)$.

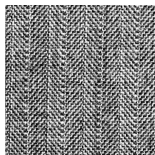
Textura

Caracterización mediante MCNG

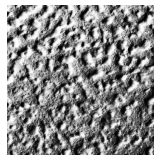
Para $d = (0, 1)$.



1



2



3

	1	2	3
Contraste	2.21	4.25	1.77
Correlación	0.83	0.68	0.88
Energía	0.03	0.02	0.05
Homogeneidad	0.62	0.54	0.67

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

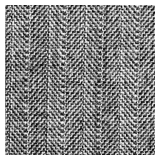
Textura

Caracterización mediante MCNG

Para $d = (45, 1)$.



1



2



3

	1	2	3
Contraste	2.92	6.26	1.96
Correlación	0.78	0.53	0.87
Energía	0.03	0.02	0.05
Homogeneidad	0.59	0.47	0.66

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

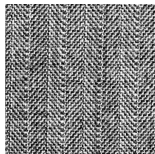
Textura

Caracterización mediante MCNG

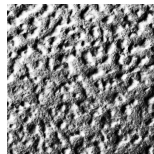
Para $d = (90, 1)$.



1



2



3

	1	2	3
Contraste	1.80	3.43	1.50
Correlación	0.87	0.74	0.90
Energía	0.03	0.02	0.05
Homogeneidad	0.65	0.56	0.69

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

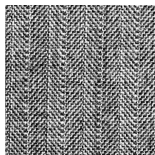
Textura

Caracterización mediante MCNG

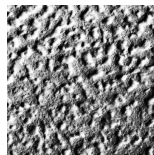
Para $d = (0, 2)$.



1



2



3

	1	2	3
Contraste	5.03	9.00	3.93
Correlación	0.63	0.33	0.73
Energía	0.02	0.01	0.03
Homogeneidad	0.52	0.43	0.58

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

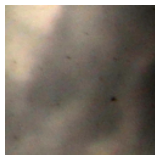
Textura

Caracterización mediante MCNG

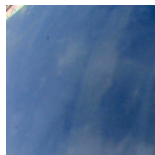
Para $d = (0, 1)$.



4



5



6

	4	5	6
Contraste	0.87	0.17	0.34
Correlación	0.94	0.99	0.98
Energía	0.05	0.08	0.06
Homogeneidad	0.75	0.92	0.84

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Textura

Caracterización mediante MCNG

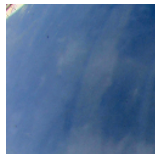
Para $d = (45, 1)$.



4



5



6

	4	5	6
Contraste	0.98	0.20	0.35
Correlación	0.93	0.98	0.97
Energía	0.04	0.08	0.06
Homogeneidad	0.74	0.90	0.84

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

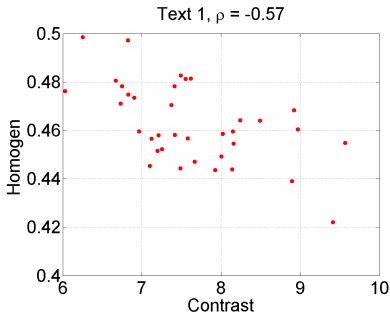
Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Las diferentes medidas no son independientes.



- Se ha de escoger un subconjunto mediante:
 - Experimentación y conocimiento experto.
 - Análisis de componentes principales.
 - Selección de variables.

MCNG

Opciones de la MCNG

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- ¿Cómo escoger el desplazamiento $d = (\theta, r)$?
- Reglas:
 - Se considera $\theta \in \{0, 45, 90, 135\}$ ($^\circ$)
 - Los resultados se pueden agregar o no.
 - En cuanto a r , se toma normalmente $r = 1$ y en su caso se remuestra la imagen para considerar otras escalas.
- O bien se buscan los valores que maximizan ciertas medidas de información.

MCNG

Opciones de la MCNG

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Las características texturales necesitan regiones.
- Sin embargo se quiere clasificar cada píxel de la imagen.
- Para ello se considera una ventana alrededor de cada píxel en la cual se realiza el cálculo textural.
- El tamaño de la ventana también es un parámetro crucial.

MCNG

Bibliografía sobre MCNG

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Haralick, R.M., K. Shanmugam and I. Dinstein. 1973. Textural Features for Image Classification. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. SMC vol. 3 no. 6 pp.610-620.
- Haralick, R.M. 1979. Statistical and Structural Approaches to Texture. Proceedings of the IEEE, Vol. 67 pp.786-804.
- Clausi, D. A. 2002. An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey-level quantization. Canadian Journal of Remote Sensing vol. 28 no. 1 pp. 45-62

MCNG

Bibliografía sobre selección de variables

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Kohavi, R., John, G. H., 1997. Wrappers for feature subset selection. *Artificial intelligence* 97 (1), 273-324.
- Guyon, I., Elissee , A., 2003. An introduction to variable and feature selection. *The Journal of Machine Learning Research* 3, 1157-1182.
- Peng, H., Long, F., Ding, C., 2005. Feature selection based on mutual information criteria of max-dependency, max-relevance, and min-redundancy. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on* 27 (8), 1226-1238.

Identificación automática de nubes

- Presentación
- Equipamiento
- T. Clásicas
- Rec. formas
- Textura
- MCNG
- Laws**
- Resultados

Filtros
de Laws

Laws

Base

- Los filtros (convoluciones) resaltan características.
- Mediante filtros de texturas se pueden obtener características.



imagen
original

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

plantilla
convoluc.



imagen
result

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Laws

Idea

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

La técnica de Laws (1980) conlleva:

- Convolucionar con plantillas escogidas.
- Calcular la energía de la respuesta en la vecindad de cada píxel.
- Combinar algunas para lograr invariancia rotacional.
- Las energías resultantes caracterizan la textura.

- La convolución ha de usar plantillas 2D.
- Se obtienen como combinaciones de filtros 1D.
- Se ha de fijar un tamaño n .
- Por ejemplo, para $n = 5$

$$L5 = [1, 4, 6, 4, 1] \quad \text{nivel}$$

$$E5 = [-1, -2, 0, 2, 1] \quad \text{contorno}$$

$$S5 = [-1, 0, 2, 0, -1] \quad \text{punto}$$

- Las plantillas 2D se obtienen multiplicando los filtros 1D
- Por ejemplo, para $n = 5$

$$E5L5 = \begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \times [1, 4, 6, 4, 1] =$$
$$= \begin{pmatrix} -1 & -4 & -6 & -4 & -1 \\ -2 & -8 & -12 & -8 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 8 & 12 & 8 & 2 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Se suelen considerar 9 plantillas:

1 $(L5E5 + E5L5)/2$

2 $(L5R5 + R5L5)/2$

3 $(L5S5 + S5L5)/2$

4 E5E5

5 $(E5R5 + R5E5)/2$

6 $(E5S5 + S5E5)/2$

7 R5R5

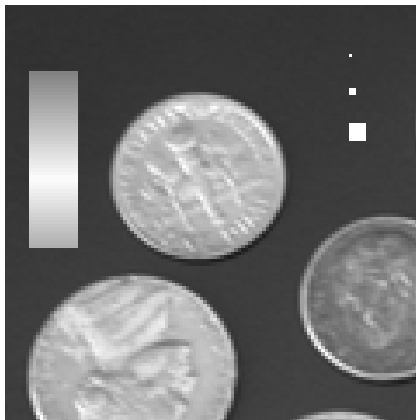
8 $(R5S5 + S5R5)/2$

9 S5S5

Laws

Ejemplo

Se va a realizar la convolución de la siguiente imagen



con cada una de las 9 plantillas.

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Laws

Energía para cada plantilla

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

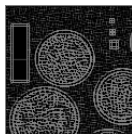
Resultados



0



1



2



3



4



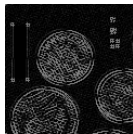
5



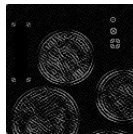
6



7



8



9

Laws

Opciones de Laws

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Tamaño de la ventana.
- Tamaño de las plantillas.
- Pre-procesado (suavizado previo).

Laws

Opciones de Laws

Plantillas de otros tamaños

$$E9 = [1, 44, -4, -10, -4, 4, 4, 1]$$

$$E9E9 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 4 & -4 & -10 & -4 & 4 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ -4 & -16 & -16 & 16 & 40 & 16 & -16 & -16 & -4 \\ -10 & -40 & -40 & 40 & 100 & 40 & -40 & -40 & -10 \\ -4 & -16 & -16 & 16 & 40 & 16 & -16 & -16 & -4 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 4 & -4 & -10 & -4 & 4 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

Laws

Opciones de Laws

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

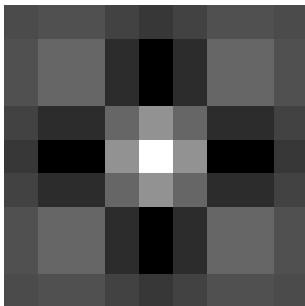
Textura

MCNG

Laws

Resultados

$$E9E9 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 4 & -4 & -10 & -4 & 4 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ -4 & -16 & -16 & 16 & 40 & 16 & -16 & -16 & -4 \\ -10 & -40 & -40 & 40 & 100 & 40 & -40 & -40 & -10 \\ -4 & -16 & -16 & 16 & 40 & 16 & -16 & -16 & -4 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ 4 & 16 & 16 & -16 & -40 & -16 & 16 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 4 & -4 & -10 & -4 & 4 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

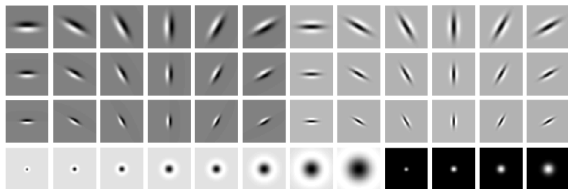


- Fase de aprendizaje
 - Imágenes tipo \Rightarrow respuestas convolucionales
 - Respuestas tipo \Rightarrow textones (k-means)
 - Histogramas de textones \Rightarrow modelo textural del tipo
- Fase de clasificación
 - Imagen (I) \Rightarrow respuestas convolucionales
 - Respuestas \Rightarrow textones más cercanos
 - Histograma de textones \Rightarrow modelo textural de la imagen M_I
 - Modelo del diccionario más cercano a $M_I \Rightarrow$ clase asignada

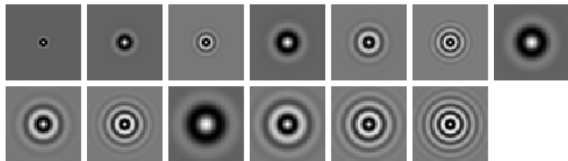
Laws

Textones, plantillas

Leung-Malik



Schmid



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

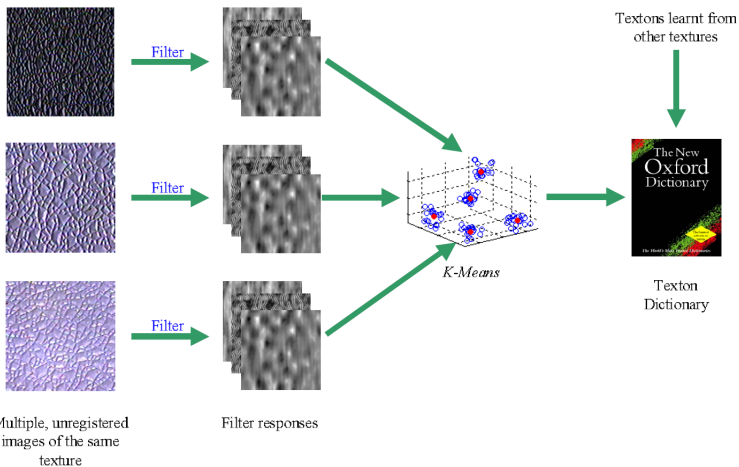
MCNG

Laws

Resultados

Laws

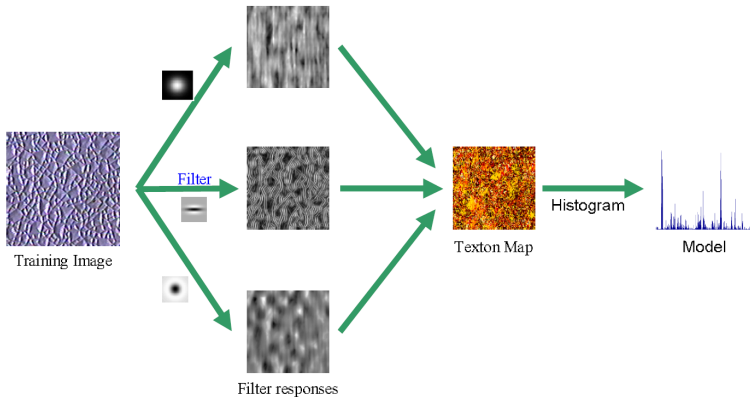
Textones, generación del diccionario



Presentación
Equipamiento
T. Clásicas
Rec. formas
Textura
MCNG
Laws
Resultados

Laws

Textones, generación del diccionario

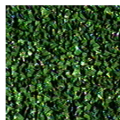


Presentación
Equipamiento
T. Clásicas
Rec. formas
Textura
MCNG
Laws
Resultados

Laws

Textones, generación del diccionario

Presentación
Equipamiento
T. Clásicas
Rec. formas
Textura
MCNG
Laws
Resultados

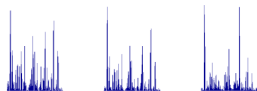


Novel Image

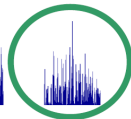


Model

χ^2
=



Models of Plastic



Models of Grass

Laws

Bibliografía

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

- Leung, T. and J. Malik, 2001, Representing and Recognizing the Visual Appearance of Materials using Three-dimensional Textons. *International Journal of Computer Vision* 43 (1), 29-44.
- Cula, O.G. and K. J. Dana, 2004, 3D Texture Recognition Using Bidirectional Feature Histograms. *International Journal of Computer Vision* 59 (1).
- Dev, S., Lee, Y. H., Winkler, S., 2015. Categorization of cloud image patches using an improved texton-based approach. In: *Image Processing (ICIP), 2015 IEEE International Conference on*. IEEE, pp. 422-426.

Identificación automática de nubes

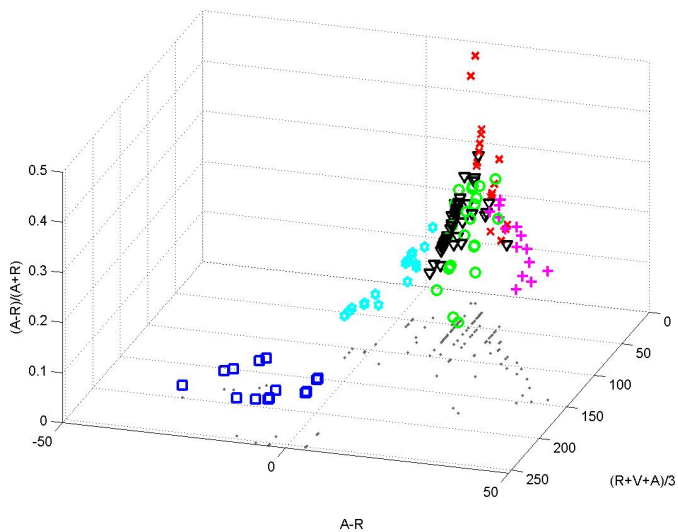
- Presentación
- Equipamiento
- T. Clásicas
- Rec. formas
- Textura
- MCNG
- Laws
- Resultados**

Resultados

Resultados

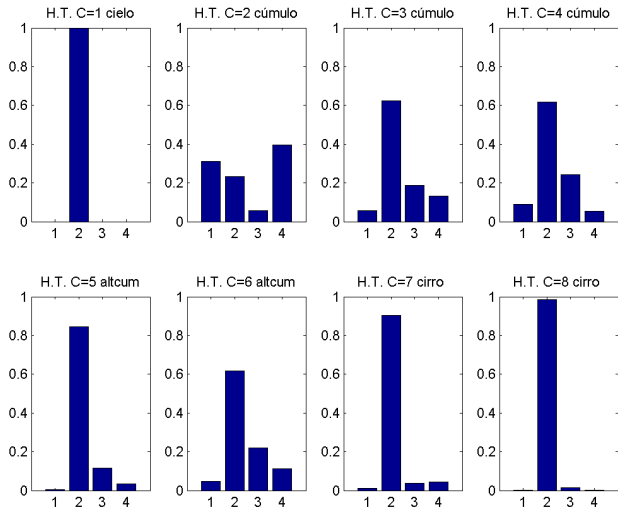
Características mixtas

Presentación
Equipamiento
T. Clásicas
Rec. formas
Textura
MCNG
Laws
Resultados



Resultados

Laws: histogramas de textones



Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Resultados

Clasificación típica

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

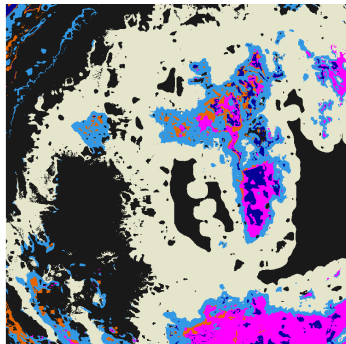
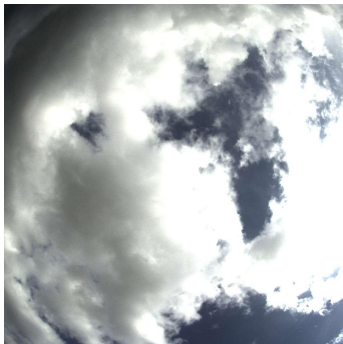
Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados



Resultados

Matriz de confusión

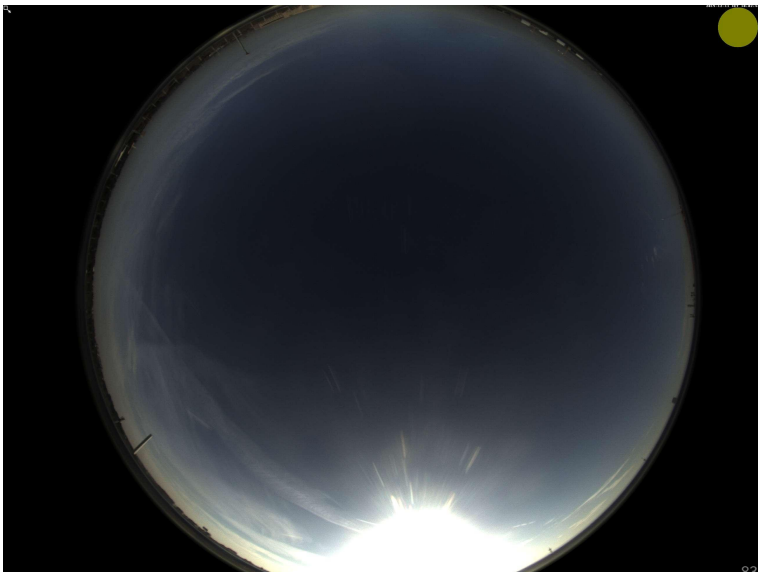
	C	NC	NO	F
C	87	4	1	8
NC	3	83	2	12
NO	6	2	90	2
F	8	6	4	82

- Porcentaje en que se asigna a un píxel la clase de la columna siendo la correcta la de la fila.
- Resultados para un clasificador típico en una batería de prueba.
- No tiene en cuenta costes asociados a cada fallo (requiere periodo de pruebas reales).

Resultados

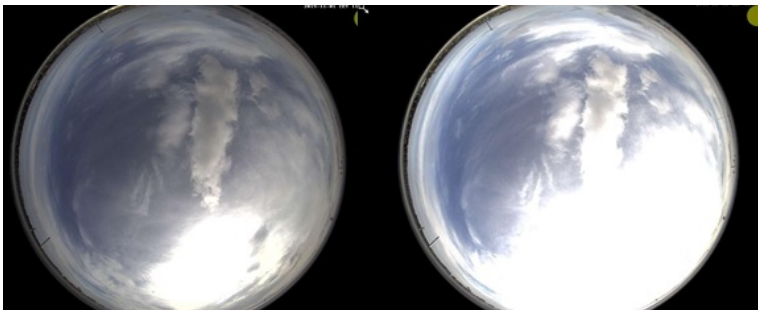
Efecto del sol

- Presentación
- Equipamiento
- T. Clásicas
- Rec. formas
- Textura
- MCNG
- Laws
- Resultados**



Resultados

Tiempo de exposición



- Se pueden combinar varias imágenes tomadas con distinto tiempo de exposición.
- Aparece el problema de la fusión suave de regiones.

Presentación

Equipamiento

T. Clásicas

Rec. formas

Textura

MCNG

Laws

Resultados

Identificación automática de nubes

Presentación
Equipamiento
T. Clásicas
Rec. formas
Textura
MCNG
Laws
Resultados

Cuestiones