**Programa Map\_Explor** 

J.-F. Parrot

Número de registro INDAutor: 03-2023-091810372800-01

1. ***Generalidades***

El cálculo de varios subíndices de diversidad utiliza generalmente una malla de celdas cuadradas dentro de las cuales se mide el número de temas (por ejemplo, formaciones geológicas) que se encuentran en la imagen del documento estudiado. Por lo tanto, la diversidad es un valor entero que indica cuántos temas contiene cada celda.

La imagen resultante se puede interpolar mediante un krigeado (*kriging*) para representar la superficie terrestre.

Cabe señalar que la malla de celdas genera, si el número de filas y/o columnas del documento estudiado no es múltiplo del tamaño *c* de las celdas *c* × *c*, la creación de un borde neutro en los lados este y sur de la imagen resultante. Esta desventaja no surge cuando se utiliza una "ventana móvil" (ver más adelante).

El algoritmo utilizado, luego de leer el documento de entrada que puede ser una imagen *raster*, un mapa de bits (*bitmap*) o un documento *ascii*, indica el número de temas encontrados, dando para cada uno de ellos, su número de píxeles y el porcentaje que representa dentro de la imagen.

Conocer el número total de temas (*num\_item*) permite definir el número de histogramas (*hist[n]*) que se utilizarán para realizar el cálculo. En las ecuaciones, el valor de *n* es una abreviación del parámetro *num\_item*. Antes de ingresar a una celda, los histogramas *hist[n]* se inicializan a cero. Al escanear la imagen dentro de la celda, el valor *VP* del píxel provoca el incremento del histograma *hist[VP]* correspondiente; así se obtiene una representación de la distribución de los valores; buscando el número de histogramas cuyo contenido es mayor que cero, se define el valor del índice de diversidad *Indiv* que entonces corresponde directamente al número de histogramas *hist[VP]* activos. Por otro lado, el valor más fuerte encontrado en la cadena de histogramas *hist[n]* que caracterizan una celda permite calcular un índice de homogeneidad.

Existe una noción esencial en el mundo *raster*, es la relación que existe entre el rango *R* y el tamaño del lado de un elemento cuadrado (píxel, celda, o bien ventana móvil). Así, el tamaño *c* del borde de la celda *c* × *c* se calcula a partir del rango *R* y la estimación de este rango depende del tamaño del borde *m* del píxel y de la superficie *S* (*c* × *c*) de la celda. Una función permite, si el usuario lo necesita, definir el rango a partir del valor del borde *m* del píxel (en metros) y de la superficie *S* de la celda (en km2). Por ejemplo, para valores de *m* = 100 y *S* = 2 km2, *R* será igual a 22. Por definición, el lado *c* de la celda es igual a (*R* × 2) + 1.

En relación con el valor impar del borde de la celda, la aplicación de un valor *R* = 22 genera, de acuerdo con un tamaño *m* del borde del píxel igual a 100, una superficie *S* de 20.25 km2 (2025.000 ha). Además, el programa detalla el valor de los parámetros:

* borde *c* de la celda (en píxeles) = (*R* × 2) + 1 = (22 × 2) + 1 = 45
* tamaño de la celda (en píxeles) *=* 45 × 45
* superficie de la celda (en píxeles) = 2025
* superficie de la celda = 2025 ha (20.25 km2)

Por otro lado, existe la posibilidad de calcular un índice de diversidad utilizando una ventana móvil en vez de una celda reticular. El tamaño de esta ventana se define de igual manera, pero en este caso, se pueden utilizar dos formas de ventana móvil: la forma cuadrada o la forma circular.

El tamaño de la ventana móvil se calcula también en función de su rango *R*. Si se trata de una ventana cuadrada, los bordes *c* (en píxeles) de la ventana son iguales a *c* = (*R* × 2) + 1. En el caso de una ventana circular, el radio del círculo *rc* será igual a *rc* = *R* + 0.5.

El uso de la función anterior permite calcular el rango a partir del valor del borde *m* del píxel (en metros) y de la superficie *S* de la celda (en km2). Por ejemplo, para valores de *m* = 100 y *S* = 2 km2, el programa indica que *R* será igual a 22 para una ventana móvil cuadrada y a 25 para una ventana circular. El valor más fuerte en el caso del círculo se relaciona con el hecho de que un círculo ocupa menos espacio que el cuadrado que lo contiene (Fig. 1). La superficie del círculo representa 77.98% de la superficie del cuadrado.

Para una misma superficie de observación (  
≃ 20 km2), si se trata de un cuadrado, el borde *c* de la ventana o de la celda será igual a *c* = (R × 2) + 1 = (22 × 2) + 1 = 45 y la superficie a 2025 píxeles (20.25 km2 o 2025 ha). En el caso de una ventana circular, tomado en cuenta los mismos valores de *m* y *S*, el radio *rc* corresponde a *R* + 0.5 es decir 25.50; la superficie resultante será de 2029 píxeles (20.29 km2 o 2029 ha).

|  |
| --- |
| Gráfico, Gráfico circular  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 1. Relación ventana cuadrada / ventana circular.* |

El interés de usar una ventana móvil reside en el hecho de obtener directamente el resultado sin necesidad de realizar una interpolación, ya que se crea la imagen resultante siguiendo el barrido de la ventana móvil; como se mencionó con anterioridad el resultado del cálculo obtenido para una ventana centrada sobre un píxel *i*, *j* se reporta en la posición *i*, *j* de la imagen resultante. Por otro lado, el borde de valores neutros se desarrolla simétricamente al norte, este, sur y oeste de la imagen; la anchura de este borde es igual al rango *R* (Fig. 2).

1. ***Uso del programa***

El programa **Map\_explor.exe** estudia la disposición regional de diversas formaciones geomorfológicas tal como aparecen en un mapa. El programa primero busca el número de formaciones presentes en el mapa, proporcionando entre otras cosas, el porcentaje de ocupación total. Luego, el programa estudia la distribución y el arreglo de cada una de estas formaciones, utilizando una malla cuadrada o bien una ventana móvil. En el caso de la ventana móvil, es posible elegir la forma de la ventana móvil: cuadrada o circular.

Cabe mencionar que, en el caso del uso de una ventana circular, los resultados son más inteligibles cuando el tamaño del radio es débil. Es lo contrario en el caso de una ventana cuadrada.

Cuando se abre el programa (Fig. 2), se necesita precisar cuál será el idioma utilizado para hacer el tratamiento.

|  |
| --- |
| Texto, Carta  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 2. Inicio del proceso y elección del idioma (inglés, francés o español).* |

Las imágenes por tratar pueden ser de formato *raster*, *bitmap* o *ascii*, pero tienen que encontrarse en un sub-archivo a definir en la carpeta “*images*”, carpeta localizada en el disco C, el disco D o cualquier disco que el usuario define (ver Fig. 2). En estas carpetas, (por ejemplo, *D:\images*), se debe generar una subcarpeta donde se van a ubicar los datos a estudiar, así como los resultados. Por ejemplo: *C:\images\tuxpan\slope.bmp*; *D:\images\acapulco\Mde\_lazer.asc*.

Una vez definido el nombre del disco que contiene el archivo “*images*”, se pide el nombre de la subcarpeta que contiene los datos de entrada. En segundo lugar, se da el nombre de los datos sin sus extensiones que se precisarán respondiendo a la pregunta siguiente.

Como lo especifica la figura 3, se necesita precisar cuál es el formato de la imagen en estudio: *raster*, *bitmap* o *ascii*.

El programa lee la imagen y muestra en la pantalla cuál es su tamaño en líneas y columnas.

|  |
| --- |
| Texto  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 3. Características de la imagen de entrada.* |

Después de dar el nombre de la imagen a estudiar, su ubicación y su tipo, el programa lee el documento e indica el número de ítems que se encuentran en la imagen, así como el número de píxeles y el porcentaje de cada ítem (Fig. 4).

Entonces, como el programa lo menciona en la pantalla de la figura 5, el tratamiento ofrece dos tipos de tratamiento. El primero se realiza en una malla de celdas cuadráticas y el segundo utiliza una ventana móvil que escanea la imagen desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha. En el caso de un tratamiento que se realiza con una malla de celdas, el resultado obtenido se reporta en la totalidad de la celda en estudio. En el caso del uso de una ventana móvil, el resultado se reporta en la imagen resultante sobre el píxel que corresponde al centro de la ventana móvil.

Los parámetros que caracterizan la celda o la ventana móvil se relacionan con el rango *R* de la celda o de la ventana. Este rango también corresponde al ancho del borde de la imagen donde no se puede realizar un cálculo. Se necesita elegir entre los dos valores de *R*, el que corresponde al tipo de tratamiento a efectuar.

|  |
| --- |
| Texto  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 4. Inicio del tratamiento.* |

El programa propone ayudar el usuario en la elección del valor de *R* (Fig. 6).

De hecho, el valor *c* del lado de la ventana móvil o de una celda de la malla es igual a *c* = (*R* × 2) + 1, pero cuando se trata de un círculo que se inscribe en un cuadro definido a partir del valor del rango, el radio del círculo *rc* será igual a *rc* = *R* + 0.5 y, como se mencionó en la primera sección, para los mismos parámetros, el cuadro que circunscribe el círculo es más grande que en el primero caso (ver figura 1).

De hecho, se da un valor de *R* de 22 para una celda o una ventana móvil cuadrada y un valor de 25 para una ventana móvil circular.

|  |  |
| --- | --- |
| Texto  Descripción generada automáticamente | *Figura 5. Número de ítems y porcentaje.* |

|  |
| --- |
| Texto  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 6. Definición del valor de R.* |

La ayuda necesita saber cuál es el tamaño del píxel (valor en metros) y la superficie que se desea dar a la celda o a la ventana móvil (valor en km2).

El cálculo es el siguiente:

* Para un círculo:
* Para un cuadrado:

con

Por ejemplo, con *m* = 10 metros y *S* = 0.05 km2 (5 hectáreas), *R* = 11, así, el borde *b* de la celda corresponde a *b* = (*R* × 2) + 1 = 25.

Después de elegir el valor de *R* (círculo o cuadrado), se despliega el menú de la figura 7 que pide cual será el tipo de tratamiento (celdas o ventana móvil).

Los parámetros de la celda cuadrática (en este caso, pero existen las dos otras posibilidades) caracterizan el tratamiento: superficie de la celda en píxeles y superficie de la celda (en hectáreas y km2).

Un acuerdo sobre estas características conduce a la primera pregunta de la figura 8 que pide el nombre y el formato de la imagen resultante. Si la imagen de entrada tiene el formato *ascii*, el registro de la imagen de salida con este formato se realizará sin otra pregunta, sino se necesitará dar las coordenadas UTM de la esquina inferior izquierda (*X\_min, Y\_min*).

En caso de desacuerdo, el programa retornará a la primera pregunta de la figura 6, lo que permite atribuir otros valores a los parámetros que sirven para definir el valor de *R*.

|  |
| --- |
| Texto, Carta  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 7. Elección del tipo de tratamiento.* |

Para salir del programa se necesita solamente presionar cualquier tecla.

|  |
| --- |
| Texto  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 8. Inicio del tratamiento y salida del programa.* |

Se generan dos imágenes, la primera concierne a la diversidad, la segunda a la homogeneidad que corresponde a la “invasión” de un tema al nivel de la celda o de la ventana móvil.

También se crea un reporte (Fig. 9) que da información sobre el programa y las condiciones de funcionamiento. Se presenta aquí la versión en inglés del reporte que también existe en francés y en español.

1. **Resultados**

Se presentan algunos ejemplos de resultados obtenidos utilizando el programa **Map\_explor.exe**.

El primero concierne a la geología de la región de Pachuca, Estado de Hidalgo. El segundo describe la diversidad de la geomorfología en la República Mexicana.

En el caso de la imagen de la geología de la región de Pachuca (Fig. 10), se presentan tres tipos de tratamiento:

* Celda,
* Ventana móvil cuadrada,
* Ventana móvil circular.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | | Tabla  Descripción generada automáticamente con confianza baja | | Texto  Descripción generada automáticamente | | Texto, Carta  Descripción generada automáticamente | | *Figura 9. Reporte* |

|  |
| --- |
| Imagen en blanco y negro  Descripción generada automáticamente con confianza media |
| *Figura 10. Mapa geológico de Pachuca.* |

En este caso, el programa indica que la imagen del mapa geológico contiene 37 ítems. La lista de estos ítems enseña cual es el código de cada ítem en el mapa (Fig. 11).

|  |  |
| --- | --- |
| Texto  Descripción generada automáticamente | *Figura 11. Códigos de los 37 ítems.* |

Además, se precisa el valor de los parámetros utilizados (Fig. 12) para generar el subíndice geológico (Fig. 13) y el subíndice de homogeneidad (Fig. 14) de la región de Pachuca.

|  |  |
| --- | --- |
|  | *Figura 12. Parámetros del tratamiento.* |

|  |  |
| --- | --- |
| Código QR  Descripción generada automáticamente | Gráfico, Gráfico de barras  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 13. Subíndice de diversidad (Geología).* | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Gráfico, Gráfico de barras  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 14. Subíndice de homogeneidad (Geología).* | |

También, **Map\_explor.exe** calcula estos dos subíndices utilizando una ventana móvil. La imagen de la figura 15 corresponde al tratamiento hecho a partir de una ventana cuadrada y la figura siguiente (Fig. 16) a un tratamiento que utiliza una ventana circular.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Gráfico, Gráfico de barras  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 15. Tratamiento con una ventana móvil cuadrada.* | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Gráfico, Gráfico de barras  Descripción generada automáticamente |
| *Figura 16. Tratamiento con una ventana móvil circular.* | |

El segundo ejemplo concierne el estudio de la diversidad en la República Mexicana.

Como se muestra aquí, el tamaño de la celda representa un elemento importante porque mientras más crece el tamaño de la celda, más se encuentran celdas con valor fuerte del índice.

En las tres imágenes de la figura 17 las condiciones son las siguientes:

* Imagen 17A: tamaño del píxel (500 m × 500 m), lado de la celda 25 km, es decir una superficie *S* igual a 625 km2; el valor de *R* será de 25 y la superficie en píxel de la celda equivale a 51 × 51 píxeles.
* Imagen 17B: tamaño del píxel (500 m × 500 m), lado de la celda 50 km, es decir una superficie *S* igual a 2 500 km2; el valor de *R* será de 50 y la superficie en píxel de la celda equivale a 101 × 101 píxeles.
* Imagen 17C: tamaño del píxel (500 m × 500 m), lado de la celda 100 km, es decir una superficie *S* igual a 10 000 km2; el valor de *R* será de 100 y la superficie en píxel de la celda equivale a 201 × 201 píxeles.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| A 51 × 51 | B 101 × 101 | C 201 × 201 |
| *Figura 17. Variación de la respuesta en función del tamaño de la celda.* | | |

***Nota***: en la versión más reciente de este módulo, el programa propone trazar la malla.

Dibujo en blanco y negro

Descripción generada automáticamente con confianza media

Ciudad de México, el 19 de agosto de 2023.