

Paolo Mogorovich

Sistemi Informativi Territoriali

Appunti dalle lezioni

Map Algebra

Cod.735 - Vers.E57

- 1 - Definizione di Map Algebra**
- 2 - Operatori locali**
- 3 - Operatori zonali**
- 4 - Operatori focali**
- 5 - Operatori globali**
- 6 - Operatori di utilità**

1 - Definizione di Map Algebra

Consideriamo una serie di immagini fisiche e simboliche. Ogni immagine è formata da pixel ciascuno dei quali fornisce alcune specifiche caratteristiche di una parte di territorio.

Un'immagine fisica, p.es. di quote, è tale che ciascun pixel dà la quota corrispondente ad un certo punto del terreno; un'immagine simbolica, p.es. di "land cover", è tale che ciascun pixel indica il tipo di copertura del suolo in un certo punto. Mentre la modellazione spaziale tramite vettori ci descrive "oggetti" (p.e. un bosco), la modellazione spaziale tramite raster ci descrive le caratteristiche di una parte di territorio.

Supponiamo che le due immagini precedentemente descritte siano tali che la loro origine sia la stessa, le dimensioni e la forma dei pixel siano le stesse e che le dimensioni dello spazio coperto (in sostanza il numero di righe e di colonne di ciascuna matrice) siano le stesse. In queste particolarissime condizioni geometriche abbiamo che il pixel di coordinate (i,j) della prima matrice descrive una parte di territorio che geograficamente corrisponde esattamente a quella descritta dal pixel di coordinate (i,j) della seconda matrice. In altre parole i pixel si sovrappongono esattamente (Fig.1).

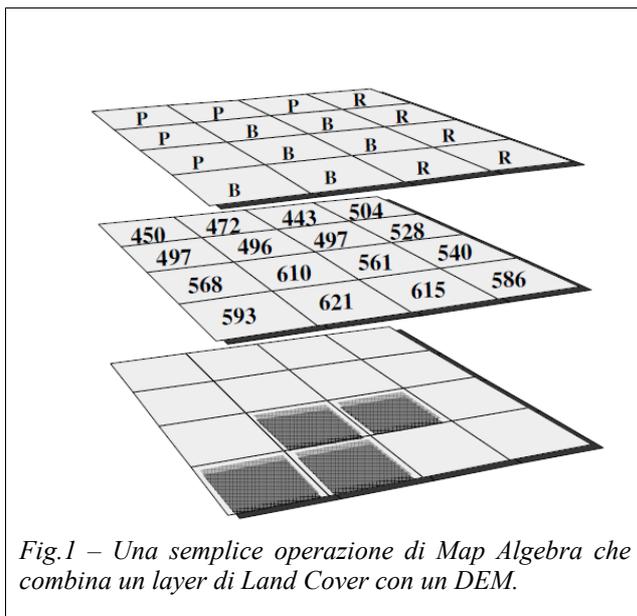


Fig.1 - Una semplice operazione di Map Algebra che combina un layer di Land Cover con un DEM.

Se in questa condizione volessimo conoscere l'estensione di "bosco" a quota superiore a 500m, dovremmo contare i pixel per ciascuno dei quali siano verificate contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- nella matrice di quote il valore è maggiore di 500
- nella matrice di landcover il valore è "bosco".

La semplicità dell'operazione consiste nel fatto che "non dobbiamo compiere alcuna operazione geometrica", ma dobbiamo unicamente operare sugli indici delle matrici, in quanto l'esatta sovrapposizione dei pixel nelle due matrici è garantita dall'identità delle coordinate matriciali.

Insistendo nell'esempio, l'algoritmo per ottenere il risultato cercato è:

```
Numpixel := 0;
For indiceriga := 1 to numerorighe
  For indicecolonna := 1 to numerocolonne
    If (matricequote (indiceriga,indicecolonna) > 500 and
        matriceLandCover (indiceriga,indicecolonna) = "bosco" )
      numpixel := numpixel + 1
    end
  end
end
```

Alla fine di questo ipotetico programma, scritto in un formalismo adatto soltanto all'interpretazione, la variabile "numpixel" contiene il numero di pixel che rispettano la condizione richiesta.

Il fatto che all'interno della linea di codice "if" venga verificata una condizione su pixel di matrici diverse con le stesse coordinate matriciali è espressione del fatto che i pixel delle due matrici descrivono la stessa zona di territorio.

L'operazione appare molto semplice, in quanto le operazioni geografiche vengono implementate tramite gli indici delle matrici; questo è possibile se le due matrici presentano le seguenti caratteristiche

- hanno lo stesso numero di righe e di colonne
- i pixel hanno la stessa forma
- i pixel hanno la stessa dimensione
- l'origine è la stessa
- il sistema di riferimento è lo stesso

Le condizioni nella pratica non sono poi così difficili da ottenere e sono disponibili programmi utilità per arrivare alle condizioni cercate. Importante notare che la mappa risultato avrà le stesse dimensioni delle mappe di input.

La grande potenzialità di questo strumento è dovuta a:

- la possibilità di trattare un numero elevato di matrici (dove ogni matrice è di fatto un layer) sia di tipo fisico che simbolico
- la varietà degli operatori
- la semplicità con cui è possibile costruire algoritmi tramite linguaggi di programmazione o strumenti di interazione.

Questo modo di operare è stato formalizzato da Tomlin nel 1992, il quale ha definito gli operatori e le modalità con cui si poteva realizzare una struttura che si potesse definire di map algebra. Si intende dunque per "map algebra" l'uso di operatori di tipo logico e matematico applicati a matrici che riportano dati territoriali con una serie di vincoli geometrici.

Gli operatori applicabili in questo contesto sono classificati in:

- operatori locali
- operatori zonali
- operatori focali
- operatori globali

Fanno parte poi del contesto della "map algebra" altri operatori, detti "di utilità", necessari al pretrattamento delle immagini.

2 - Operatori locali

Questi operatori consentono di attribuire ad ogni elemento del layer risultato un valore funzione dei valori dei corrispondenti elementi dei layer di input.

Come si può vedere dall'esempio di Fig.2, dove è applicato l'operatore "somma locale", i valori attribuiti alle singole celle esprimono la somma algebrica eseguita tra le corrispondenti celle delle mappe di input. Il discorso è analogo per qualsiasi altra operazione, non solo di tipo matematico: gli operatori possono infatti essere di tipo matematico (aritmetico, trigonometrico, statistico, logaritmico e così via), logico (vero o falso), di confronto (maggiore o minore).

Gli impieghi degli operatori locali sono molteplici, dalla semplice conversione di unità di misura (operatore di

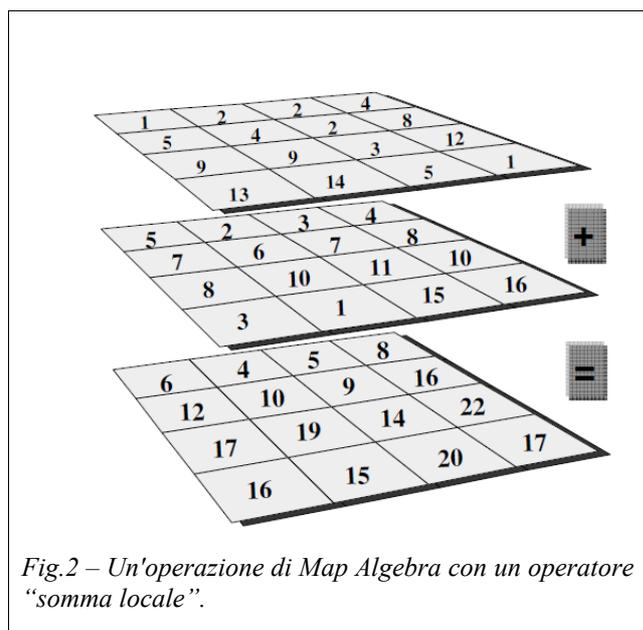
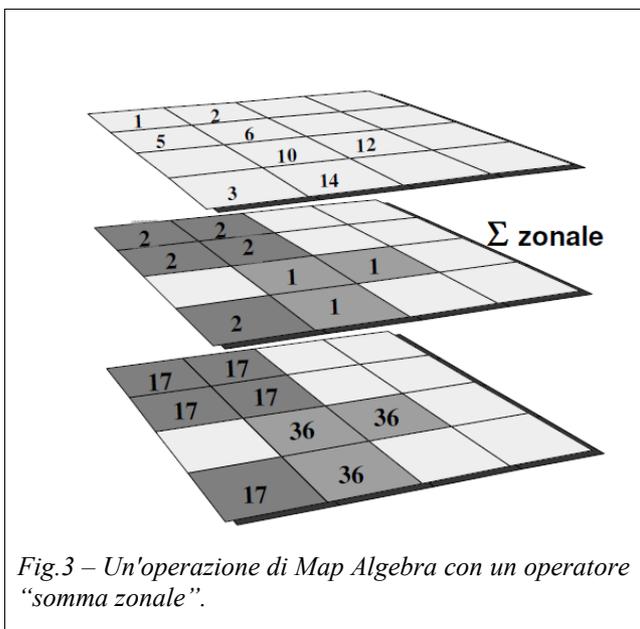


Fig.2 – Un'operazione di Map Algebra con un operatore "somma locale".

moltiplicazione) alla attribuzione di valori ottenuti da operazioni algebriche o statistiche su serie di valori, ad operazioni di riclassificazione.

3 - Operatori zonali

Un operatore zonale è tale che il valore delle celle del layer risultato è funzione dei valori delle celle di uno o più layer di input, raggruppate secondo zone definite in un altro layer di input.



Come si vede in Fig.3, nel primo layer compaiono delle celle a cui sono attribuiti determinati valori. Nel secondo layer di input vengono invece definite due zone.

Applichiamo a queste due matrici di input un operatore di somma zonale: nel primo layer di input vengono sommate tra loro solamente le celle appartenenti ad una stessa zona, così come definita dal secondo layer. Se si osservano le celle appartenenti alla zona 2, si vede che la loro somma algebrica è pari al valore che compare in tutte le celle della zona 2 nella mappa risultato.

Oltre alla somma zonale, sono operazioni zonali tipiche il calcolo della media, in cui a tutte le celle di una zona viene attribuito il valore della media dei valori delle singole celle, e il calcolo del valore minimo e massimo o di un range di valori.

Un esempio di applicazione pratica dell'operatore somma zonale è in campo ambientale, per calcolare la distribuzione di specie animali nelle zone di avvistamento.

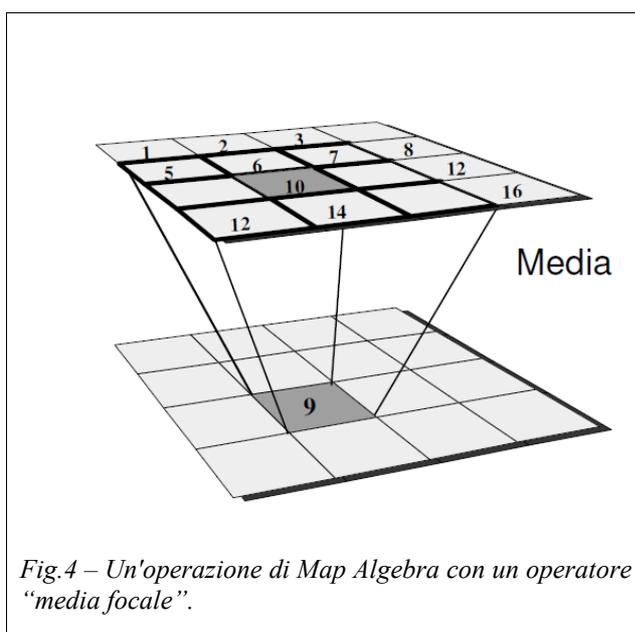
4 - Operatori focali

Un operatore focale è tale che il valore degli elementi del layer risultato è funzione dei valori di elementi appartenenti ad un intorno dell'elemento considerato.

La differenza fondamentale rispetto agli operatori zonali è che in questi ultimi il valore risultato dell'operazione viene attribuito ad un'intera zona, mentre nel caso di operatori focali il valore calcolato tra più celle viene attribuito solamente ad un elemento.

In Fig.4 viene fornito l'esempio dell'operatore media focale per chiarire meglio il concetto sopra espresso.

È necessario scegliere il tipo di operatore (ad esempio tra operazioni di media,

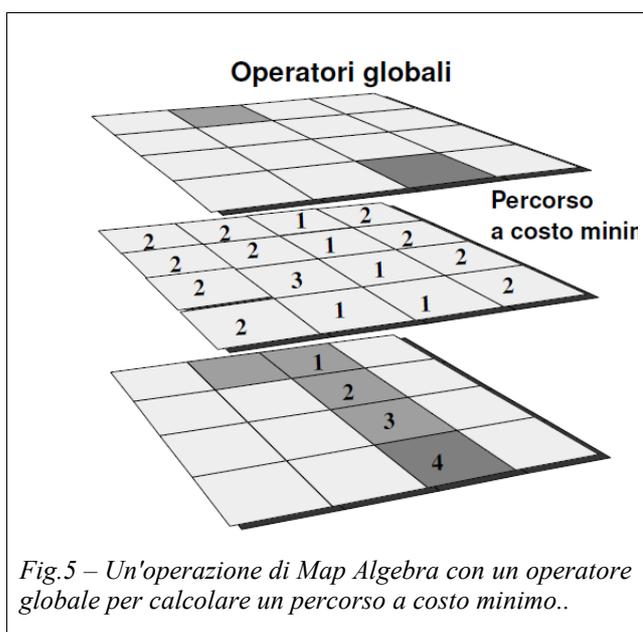


deviazione standard, range, somma, tipici esempi di operatori focali), e l'intorno dell'elemento di interesse, in termini di dimensione e di forma. Nell'esempio in figura l'intorno scelto è di forma quadrata, ma si può trattare anche di una forma circolare, rettangolare, ad anello, ecc..

Un esempio di operatore focale è fornito dai filtri utilizzati nei processi di misura di grandezze, per eliminarne i picchi oppure i rumori di fondo.

5 - Operatori globali

Gli operatori globali vengono utilizzati per determinare layer di output in cui il valore delle celle dipende potenzialmente dai valori di tutti gli elementi del layer di input.



Con riferimento alla Fig.5, si vuole determinare il percorso a costo minimo tra una cella di origine e una cella di destinazione (colorate in figura). Questo comporta il calcolo di tutti i possibili percorsi, per poter determinare quello a costo minimo. Per poter eseguire questo calcolo, è evidentemente necessario conoscere il valore di tutte le celle del layer di input, ed ecco perché questi operatori vengono definiti globali.

Un altro esempio di operatore globale è quello per cui, dato un pixel di valore "k", occorre trovare la distanza a cui si trova il più vicino pixel che assume lo stesso valore. I valori di distanza sono quelli che popolano la matrice risultato.

6 - Operatori di utilità

Per poter effettuare operazioni di Map Algebra vi è una condizione imprescindibile, ossia che le mappe su cui si opera siano dello stesso formato e che siano esattamente delle stesse dimensioni, sia in termini di risoluzione che di dominio. Questa non è la generalità dei casi, visto che si hanno mappe in formato oppure con gradi di risoluzione diversi. Si rendono quindi necessarie operazioni di conversione e di modifica delle dimensioni.

Gli operatori di utilità sono quegli operatori necessari per predisporre le mappe in modo da poter essere utilizzate dagli operatori della Map Algebra. Essi permettono le seguenti operazioni: importazione, modifica della risoluzione, riclassificazione, mosaicature e altre operazioni geometriche (riproiezioni, rotazioni, traslazioni).

L'operazione di importazione altro non è che la trasformazione da un formato vettoriale ad uno raster.

Per quanto riguarda il processo di modifica delle risoluzione si possono presentare due casi: l'aumento o la diminuzione della risoluzione.

L'aumento di risoluzione comporta l'introduzione di un maggior numero di celle all'interno di una mappa delle stesse dimensioni di quelle di partenza, il che implica una diminuzione della lunghezza del lato delle celle della nuova mappa. Alle nuove celle viene attribuito un valore pari a quello della cella di partenza in cui erano contenute. Il processo è evidentemente molto semplice, ma si deve porre attenzione a non

confondere la maggior risoluzione con una maggiore accuratezza della nuova mappa, visto che non sono state introdotte nuove informazioni.

La diminuzione di risoluzione implica la creazione di una nuova mappa delle stesse dimensioni di quella originaria, con un minor numero di celle in essa contenute, che avranno dimensioni maggiori. In questo caso si pone il problema di quale valore assegnare alle nuove celle. Esistono al proposito diverse tecniche di interpolazione studiate da uno specifico ambito noto come “interpolazione spaziale”.

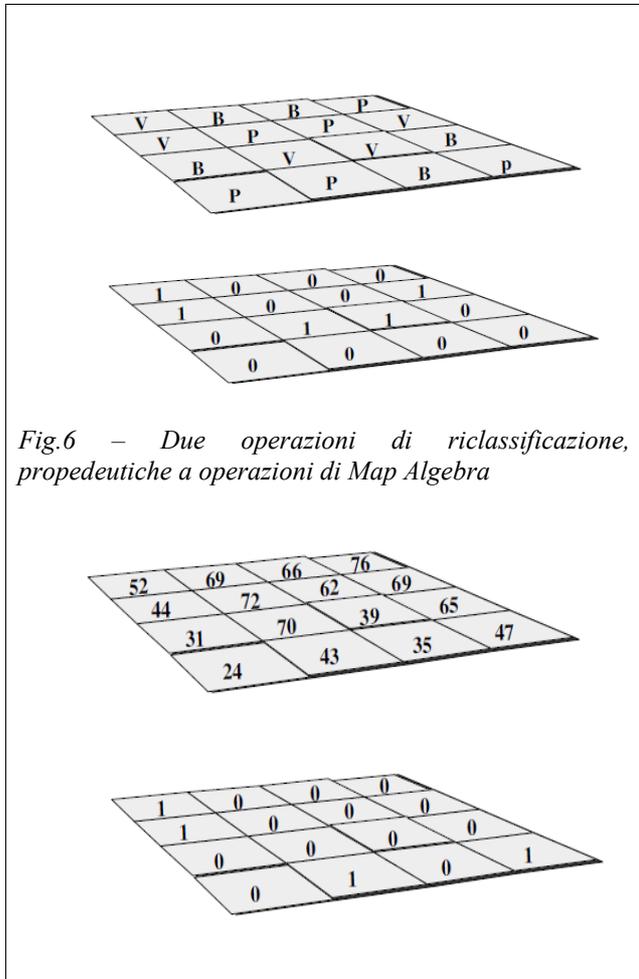


Fig.6 – Due operazioni di riclassificazione, propedeutiche a operazioni di Map Algebra

L’operazione di riclassificazione è definita come l’assegnazione di valori diversi alle celle della mappa di input. Si può operare in due modi: modificando il valore di ogni singola cella uno ad uno, oppure assegnando ad ogni cella un valore calcolato sulla base della distribuzione di tutti i valori del dominio. Tipico esempio di questo secondo modo di operare è la distribuzione di variabili in “classi”, che porta ad una “classificazione” dei valori.

La Fig.6 (alto) mostra il caso in cui un’immagine simbolica viene riclassificata in un’altra matrice: i valori “P” e “B” della prima matrice assumono nella seconda il valore “0”, e i valori “V” il valore “1”. Un altro esempio (Fig.6 basso) riguarda un’immagine fisica: i valori della prima matrice compresi tra 41 e 55 assumono, nella seconda il valore “1”, gli altri il valore “0”.

Altre operazioni che si possono definire di utilità sono quelle geometriche, ossia tutte quelle operazioni necessarie per riportare le mappe agli stessi sistemi di riferimento.

L’operazione di mosaicatura consiste nella fusione di due o più mappe diverse. È un’operazione che richiede la gestione delle eventuali sovrapposizioni con diverse tecniche, di interpolazione o altro (ad esempio determinando a priori che una mappa è di qualità migliore dell’altra, per cui nelle zone di intersezione si considerano solamente i dati di tale mappa).