

Paolo Mogorovich

Sistemi Informativi Territoriali

Appunti dalle lezioni

Trasformazioni Raster-Vector

Cod.711 Vers.EDJ

- 1 - Trasformazioni Raster-Vector**
- 2 - Trasformazione di Aree da Vector a Raster - Componente geometrica**
- 3 - Trasformazione di Aree da Vector a Raster - Componente descrittiva**
- 4 - Trasformazione di Linee da Vector a Raster**
- 5 - Trasformazione di Punti da Vector a Raster**
- 6 - Trasformazione di Linee da Raster a Vector**
- 7 - Trasformazione di Aree da Raster a Vector**
- 8 - Trasformazione di Punti da Raster a Vector**

1 - Trasformazioni Raster-Vector

Rappresentare un dato spaziale con il modello Raster o con quello Vettoriale è una scelta legata alla natura del dato stesso: se il dato rappresenta fenomeni caratterizzati da discontinuità è preferibile usare il modello vettoriale, in caso contrario il modello raster. Questo perché i due modelli, Raster e Vettoriale, hanno ciascuno una propria “filosofia” nel modo di vedere lo spazio e i fenomeni che lo popolano. La conseguenza di tale diversità è che ciascun tipo di dato ha una rappresentazione ottimale con uno dei due modelli e, nell'organizzazione di un archivio di dati spaziali, tale vocazione va seguita. Pertanto utilizzeremo, ad esempio, il modello vettoriale per rappresentare limiti amministrativi o dati catastali e il modello raster per quote o temperature.

Sulla base di quanto detto, la trasformazione di un dato da un modello all'altro appare concettualmente come un errore; tuttavia tale operazione si fa comunemente nei seguenti casi:

- il dato, nel formato in cui si trova, non è nel suo formato “naturale”. È questo il caso ad esempio delle curve di livello che, digitalizzate da una carta così come sono, sono vettori, in particolare linee. Tuttavia l'informazione che esse portano è un'informazione morfologica che si rappresenta meglio in un formato raster. Pertanto, al termine di una fase di acquisizione di dati da cartografia, se sono state acquisite le curve di livello, è auspicabile una conversione dell'informazione da Vector a Raster;
- un caso simmetrico al precedente riguarda l'elaborazione di immagini telerilevate; il processo di classificazione trasforma un'immagine fisica in un'immagine classificata, dove il dato è raster, ma l'informazione trattata è di natura vettoriale. Dello stesso gruppo fa parte il processo di acquisizione di dati vettoriali a partire da cartografia disegnata; una tecnica comunemente utilizzata prevede la rasterizzazione di una carta che produce una rappresentazione, ovviamente raster, di elementi che sono in realtà di natura tipicamente vettoriale, come linee e aree; è quindi necessario da tale immagine raster riportare l'informazione ad una rappresentazione vettoriale;
- il dato, nel suo formato naturale, non si presta ad essere elaborato efficacemente. Il modello raster permette di eseguire efficientemente operazioni che, nel mondo vettoriale, richiederebbero tempi di elaborazione più lunghi; le analisi eseguibili con le tecniche della “map algebra” fanno parte di questo caso. In questa situazione dati vettoriali sono convertiti in raster, le operazioni richieste vengono eseguite in raster e infine, se necessario, i risultati sono di nuovo riportati in formato vettoriale.

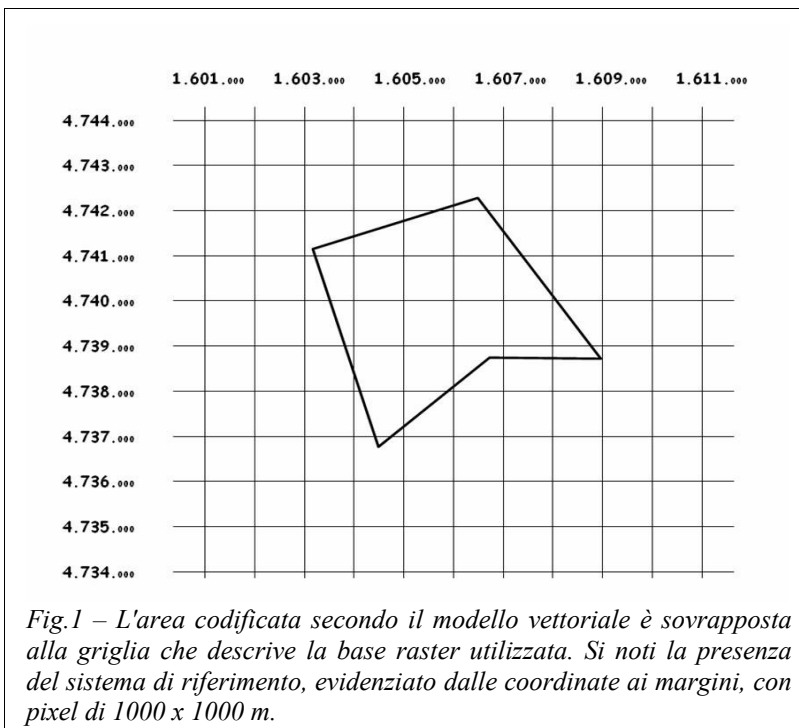
La trasformazione di un dato da un modello all'altro avviene concettualmente in due passi: il primo riguarda il modo in cui la geometria dell'oggetto viene tradotta da un modello all'altro; il secondo riguarda la mappatura dell'informazione descrittiva nella nuova geometria. Durante la trasformazione, a causa della diversa vocazione dei modelli Raster e Vettoriale, si avranno approssimazioni, perdita di qualità e in certi casi una possibile modifica e rielaborazione dell'informazione trattata.

Nella trasformazione noteremo come il pixel del modello Raster abbia prevalentemente una valenza “areale” piuttosto che “puntuale”; rappresenti cioè una parte del piano geografico di dimensione anche piccola, ma comunque “finita”. Noteremo ancora come le approssimazioni che saremo costretti a fare generalmente si riducono se la dimensione del pixel è piccola rispetto alla variabilità spaziale dei fenomeni che trattiamo.

Nel mondo vettoriale abbiamo tre primitive: punti, linee e aree, e nel mondo raster la primitiva è una sola, il pixel. Pertanto considerando la trasformazione da raster alle tre primitive vettoriali e le trasformazioni inverse, abbiamo sei casi possibili.

2 – Trasformazione di Aree da Vector a Raster – Componente geometrica

Sia data un'area in formato vettoriale; la trasformazione nel modello raster consiste nell'identificare i pixel che descrivono, con la migliore approssimazione, l'area e nell'associare ad essi un valore derivato dal modello vettoriale dell'area stessa.



La figura 1 riporta una linea spezzata chiusa che rappresenta un'area in formato vettoriale. Nella stessa figura vediamo anche una griglia che rappresenta la base raster che useremo per la trasformazione. Si noti che il tutto è all'interno di un sistema di riferimento evidenziato dalle coordinate riportate ai margini. Anche se nelle figure seguenti non riporteremo più tali riferimenti, occorre ricordare che ci si muove sempre in un sistema di coordinate per cui i vertici dell'area hanno delle precise coordinate e così il sistema di pixel del modello raster. Nel caso specifico usiamo pixel di 1000x1000 m.

Appare subito che la trasformazione da Vector a Raster (V>R) non può essere geometricamente perfetta a causa della presenza, nel mondo vettoriale, di segmenti obliqui e, anche nel caso di segmenti esattamente orizzontali e verticali, in genere essi non saranno perfettamente allineati alle linee della griglia di pixel.

La rappresentazione della geometria dell'area nel modello raster è intuitiva se si considera che i pixel che ricadono dentro l'area vengono associati all'area (in Fig.2 quelli marcati con 01), al contrario di quelli che ricadono fuori (marcati con 00). Resta da decidere se i pixel parzialmente compresi nell'area vengono considerati appartenenti all'area o no. La soluzione più ovvia è quella di utilizzare un criterio per cui un pixel è considerato appartenente all'area se più della metà della sua superficie ricade nell'area. Questo criterio è detto "di prevalenza".

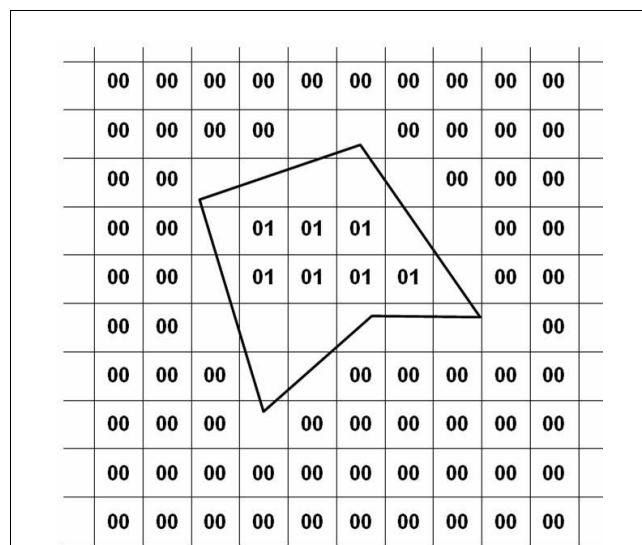
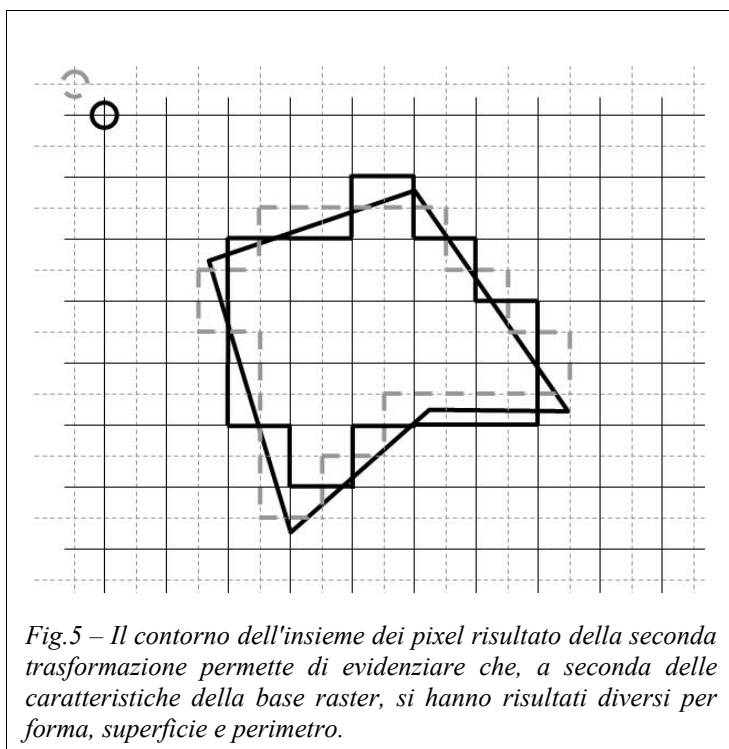
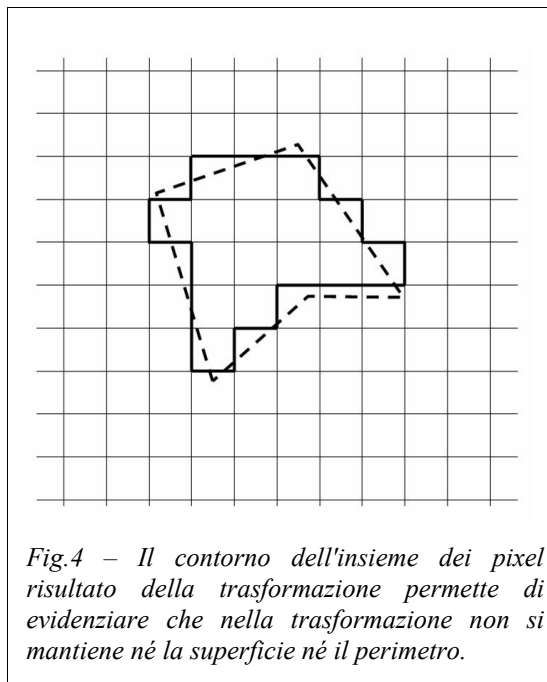
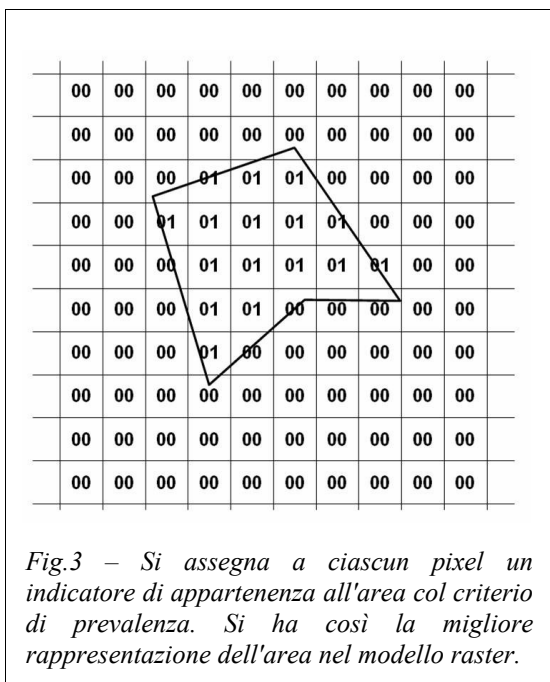


Fig.2 – I pixel marcati con 01 sono sicuramente appartenenti all'area; quelli marcati con 00 sono sicuramente esterni.

L'adozione del criterio di prevalenza porta al risultato di Fig.3: l'insieme dei pixel identificati è, nel modello raster, la descrizione dell'area vettoriale. Nella Fig.4 un confronto tra l'area originale e il contorno dell'insieme dei pixel risultato della trasformazione; come si vede né il perimetro né la superficie sono mantenuti nel passaggio dal modello vettoriale a quello raster.



La trasformazione da vettoriale a raster produce risultati diversi a seconda delle caratteristiche della base raster. Ciò è evidente se si modifica la dimensione del pixel, ma avviene anche se la griglia è ruotata e anche se, a parità di dimensione e di orientamento dei pixel, viene spostata l'origine. La Fig.5 illustra questa situazione; la trasformazione eseguita finora è quella in cui sia la griglia che il risultato sono in tratteggio; con la linea piena si ipotizza il caso in cui la base raster ha la stessa dimensione del pixel e lo stesso orientamento, ma l'origine (il cerchietto in alto a sinistra) è spostato verso destra e verso il basso di mezzo pixel (500 m rispetto allo schema della Fig.1). Il risultato della rasterizzazione è la figura a tratto pieno con le linee che seguono la griglia.

Si vede facilmente che, a parità di figura iniziale, si sono ottenute due aree diverse per forma, superficie e perimetro. Non c'è in questo nessuna contraddizione: questo è un effetto del fenomeno di discretizzazione che diventa meno evidente man mano che le dimensioni del pixel si riducono.

Nelle trasformazioni di aree da Vettoriale a Raster abbiamo usato finora il criterio di prevalenza, per cui un pixel viene considerato come facente parte della rappresentazione di un'area se la maggior parte della sua superficie ricade dentro l'area stessa. Potremmo anche utilizzare un criterio più comprensivo, secondo cui un pixel viene considerato come facente parte della rappresentazione di un'area se anche una sua minima parte ricade dentro l'area stessa. Tale criterio, che chiameremo “di presenza”, produce un risultato come quello riportato in Fig.6.

Il criterio di prevalenza, concettualmente ineccepibile, è relativamente impegnativo non tanto per la complessità dell'algoritmo in sé, quanto perché deve essere applicato ad un numero di pixel che normalmente è molto alto. Per questo motivo si usano in genere algoritmi più semplici che producono risultati analoghi. Un buon algoritmo è quello secondo cui un pixel viene considerato come facente parte della rappresentazione di un'area se il suo punto centrale ricade dentro l'area stessa. Una variante meno accurata è quella secondo cui non si usa il punto centrale, ma il punto in alto a sinistra del pixel. Secondo quest'ultimo criterio il pixel segnato con un cerchio nella Fig.6 non appartiene alla figura, mentre col criterio precedente appartiene alla figura.

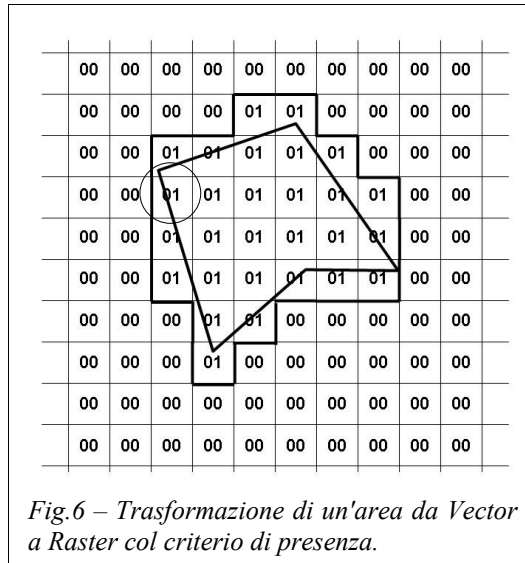


Fig.6 – Trasformazione di un'area da Vector a Raster col criterio di presenza.

Abbiamo visto quattro criteri per decidere se un pixel deve far parte della descrizione di un'area:

- criterio di prevalenza con calcolo della superficie dell'area compresa in quella del pixel
- criterio di presenza con verifica di una qualsiasi porzione dell'area all'interno del pixel
- criterio del punto centrale con verifica dell'appartenenza del punto centrale del pixel all'area
- criterio del punto arbitrario, con verifica dell'appartenenza all'area di un punto arbitrario del pixel, in genere quello in alto a sinistra

I quattro criteri analizzati producono risultati praticamente identici se i pixel sono sufficientemente piccoli; ma piccoli rispetto a cosa? Come nel caso del campionamento di una grandezza continua, tipico delle immagini fisiche, anche in questo caso la dimensione del pixel deve essere piccola rispetto alla variazione della geometria dell'area: se l'area ha un bordo che cambia un modo regolare, senza bruschi cambi di direzione e senza segmenti molto piccoli i pixel possono essere relativamente grandi; se invece si hanno, nel perimetro dell'area, bruschi cambi di direzione e piccoli segmenti la dimensione del pixel deve essere tale da poter seguire abbastanza bene tali variazioni. Se la dimensione del pixel è grande rispetto alla variazione della geometria dell'area i criteri descritti danno risultati diversi e anche discutibili, come nel caso della Fig. 7, che usa l'ultimo dei quattro criteri analizzati.

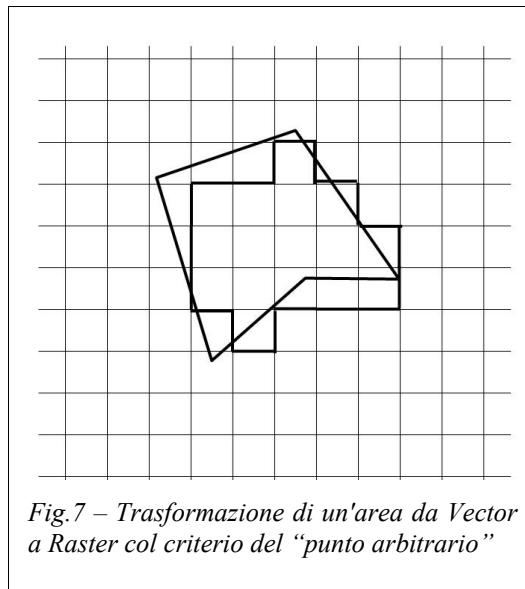
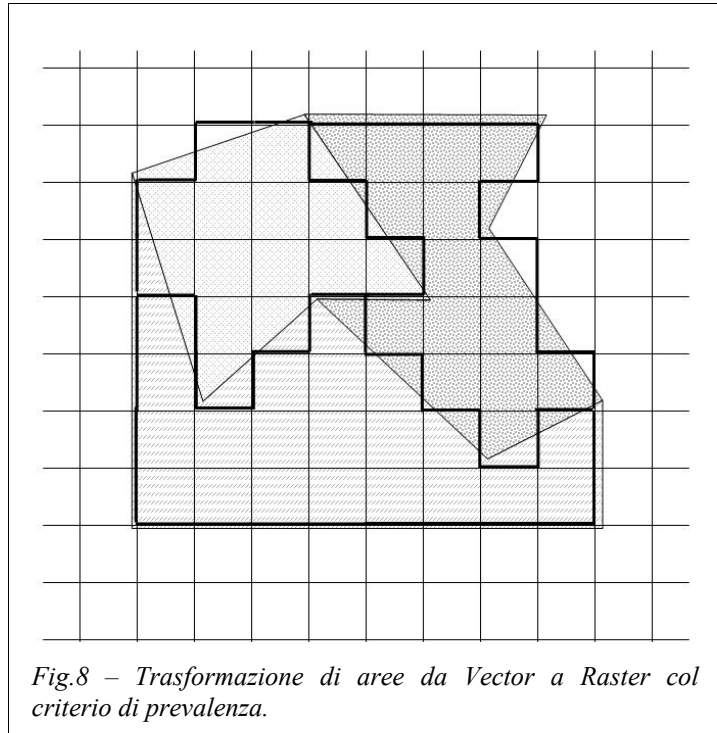


Fig.7 – Trasformazione di un'area da Vector a Raster col criterio del “punto arbitrario”

Finora abbiamo considerato la trasformazione da Vector a Raster della geometria di un'unica area; nel caso di più aree, anche contigue, non si introducono particolari complessità (vedi Fig.8); il criterio di prevalenza resta il più corretto da utilizzare, i criteri del punto centrale e del punto arbitrario non creano problemi, ma non è possibile usare il criterio di presenza: infatti pixel che ricadono al bordo di due aree andrebbero contemporaneamente assegnati a due (anche più di due) aree, e questo crea un'ovvia contraddizione.



3 – Trasformazione di Aree da Vector a Raster – Componente descrittiva

Nel paragrafo precedente abbiamo visto come una forma areale definita col modello vettoriale viene trasformata in un insieme di pixel su una griglia raster. Per completare l'operazione occorre assegnare ai pixel identificati i valori che rappresentano l'informazione da trasportare dal mondo vettoriale a quello raster.

Immaginiamo di voler trasformare in raster un layer areale formato da tre aree. Il modello dati e i valori sono riportati in Tab.9 Immaginiamo che la geometria sia quella descritta nella Fig.8, dove l'area con Id=25 è quella in alto a sinistra, l'area con Id=27 quella in basso, l'area con Id=26 quella a destra in alto.

Parte geografica:
primitiva geometrica: area

Parte descrittiva:
attr. 1: "ID" identificatore (int)
attr. 2: "Codice" codice Comune (int)
attr. 3: "Popolazione" numero di abitanti (int x 1000)
attr. 4: "Classificazione" classificazione altimetrica
attr. 5: "Densità" densità di popolazione (float)

ID	Codice	Popolaz. (kn)	Classificazione	Densità
25	5136	7	01	0.5
26	5184	17	02	1.1
27	5189	85	01	4.0

Tab.9 – Trasformazione di aree da Vector a Raster. L'informazione descrittiva presente nel modello vettoriale, 5 attributi, deve essere trasportata nel modello raster.

L'informazione descrittiva è formata da 5 attributi; poiché in un pixel è possibile inserire un solo valore, se vogliamo trasportare nel mondo raster tutta l'informazione presente nel modello vettoriale, dovremo costruire 5 matrici: una per ciascun attributo. Nel fare questa operazione dobbiamo però capire se tutte le 5 matrici hanno un reale significato e come sono utilizzabili.

Costruiamo la prima matrice mappando nei pixel il campo "ID", ciascun valore nei pixel dell'area corrispondente. Il risultato è in Fig 10 dove ogni pixel contiene un valore che lo qualifica come appartenente ad una certa area. Poiché in genere il campo ID ha un valore strettamente informatico, questa matrice non presenta caratteristiche utili per elaborazioni tematiche.

		25	25	26	26	26	26		
	25	25	25	25	26	26			
	25	25	25	25	26	26			
	27	25	25	27	26	26	26		
	27	25	27	27	27	26	26	26	
	27	27	27	27	27	27	26	27	
	27	27	27	27	27	27	27	27	

Fig10 – Mappatura nel modello raster del campo "ID", identificatore, attributo qualitativo

Nella seconda matrice si mappa nei pixel il campo "Codice", un codice amministrativo relativo all'area. Il risultato è in Fig 11, dove ogni pixel contiene un valore che lo qualifica come appartenente ad una certa area. A differenza del caso precedente, il campo "Codice" ha un significato per l'utente e quindi questa matrice potrebbe essere usata in qualche elaborazione. Tuttavia si tratta di un codice di riconoscimento, non di una qualità dell'area, e quindi le elaborazioni possibili appaiono limitate.

		7	7	17	17	17	17		
	7	7	7	7	17	17			
	7	7	7	7	7	17	17		
	85	7	7	85	17	17	17		
	85	7	85	85	85	17	17	17	
	85	85	85	85	85	85	17	85	
	85	85	85	85	85	85	85	85	

Fig.12 – Mappatura nel modello raster del campo "Popolazione", numero, in migliaia, di abitanti dell'area, attributo quantitativo

come tale perde significato nel caso in cui l'area di origine viene frammentata, e proprio questo è il caso in quanto la rasterizzazione è un caso particolare di frammentazione. In conclusione questa immagine è priva di significato.

		01	01	02	02	02	02		
	01	01	01	01	02	02			
	01	01	01	01	01	02	02		
	01	01	01	01	02	02	02		
	01	01	01	01	01	01	02	01	
	01	01	01	01	01	01	01	01	

Fig.13 – Mappatura nel modello raster del campo "Classificazione", classificazione altimetrica dell'area, attributo qualitativo

		5136	5136	5184	5184	5184	5184		
	5136	5136	5136	5136	5184	5184			
	5136	5136	5136	5136	5136	5184	5184		
	5189	5136	5136	5189	5184	5184	5184		
	5189	5136	5189	5189	5189	5184	5184	5184	
	5189	5189	5189	5189	5189	5189	5184	5189	
	5189	5189	5189	5189	5189	5189	5189	5189	

Fig.11 – Mappatura nel modello raster del campo "Codice", un codice amministrativo dell'area, attributo qualitativo

Nella terza matrice (Fig.12) ogni pixel contiene il valore assunto dall'area nel campo "Popolazione"; tale campo indica, nel modello vettoriale, il numero di abitanti appartenenti all'area e la mappatura di tale valore nel mondo raster porta ad un'evidente contraddizione, in quanto ad ogni pixel è associato un numero che non si riferisce a quel pixel, ma ad un'area di cui, nel mondo raster, si sono persi i contorni. L'attributo è infatti di tipo "quantitativo" e

Nella quarta matrice (Fig.13) si mappa in ciascun pixel il valore di "classificazione altimetrica" dell'area di origine. Immaginiamo che il valore 01 indichi "pianeggiante" (valore assegnato alle aree 25 e 27) e il valore 02 indichi "collinare" (valore assegnato all'area 26). Trasportare questo valore dal mondo vettoriale a quello raster è corretto in quanto il territorio che era classificato come pianeggiante in Vector lo è anche in Raster. È diversa la lettura del dato, in quanto in Vector l'essere pianeggiante era una caratteristica di un oggetto, mentre in Raster l'essere pianeggiante è una caratteristica di una parte dello spazio. Ciò è evidente anche dal fatto che, poiché sia l'area 25 che la 27 sono pianeggianti, nel mondo Raster si perde la percezione delle aree di origine, e appare una zona pianeggiante, indipendentemente dalle entità preesistenti. L'attributo "Classificazione" è qualitativo e come tale non perde significato nel caso in cui l'area di origine venga frammentata.

Infine, nella quinta immagine (Fig.14), ogni pixel contiene il valore assunto dall'area nel campo "Densità". Nel modello vettoriale tale campo indica il numero di abitanti appartenenti all'area (attributo quantitativo) fratto la superficie dell'area stessa; tale valore è in genere distribuito non omogeneamente all'interno dell'area, ma questo non crea alcun problema, in quanto il valore è associato all'area nel suo insieme. Nel mondo raster questa immagine appare problematica in quanto i valori che i pixel assumono non sono i reali valori assunti dalla grandezza nell'areola descritta dal pixel; tuttavia, in un certo senso, questa immagine è meno contraddittoria di quella in cui si mappava nel Raster il numero di abitanti. Infatti è vero che i valori che i pixel assumono non sono i reali valori assunti dalla grandezza, però è anche vero che gli scarti si compensano e se noi volessimo ricalcolare il numero di abitanti partendo dalle densità e dalle areole occupate otterremmo il valore corretto.

			0,5	0,5	1,1	1,1	1,1	1,1		
		0,5	0,5	0,5	0,5	1,1	1,1			
		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,1	1,1		
		4,0	0,5	0,5	4,0	1,1	1,1	1,1		
		4,0	0,5	4,0	4,0	4,0	1,1	1,1	1,1	
		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	1,1	4,0	
		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	

Fig.14 – Mappatura nel modello raster del campo "Densità", densità di popolazione, attributo specifico.

Questa immagine, risultato della rasterizzazione di un attributo specifico, non ci dà valori corretti, ma, presa nel suo insieme, è un dato utilizzabile anche se con cautela. Questo tipo di immagine, addirittura, ci offre una scappatoia nel caso di attributi quantitativi: la rasterizzazione di un'area produce un risultato non utilizzabile nel caso di un attributo quantitativo, come nel caso della terza immagine; possiamo, però, prima dell'operazione di rasterizzazione, trasformare l'attributo quantitativo in specifico, semplicemente dividendo il valore per la superficie dell'area, e quindi rasterizzare tale valore; il risultato non è certo perfetto, ma, con le dovute attenzioni, utilizzabile.

4 – Trasformazione di Linee da Vector a Raster

La trasformazione di linee dal modello vettoriale al modello raster avviene, come nel caso delle aree, in due fasi: l'identificazione dei pixel e la mappatura, nei pixel selezionati, di un opportuno valore.

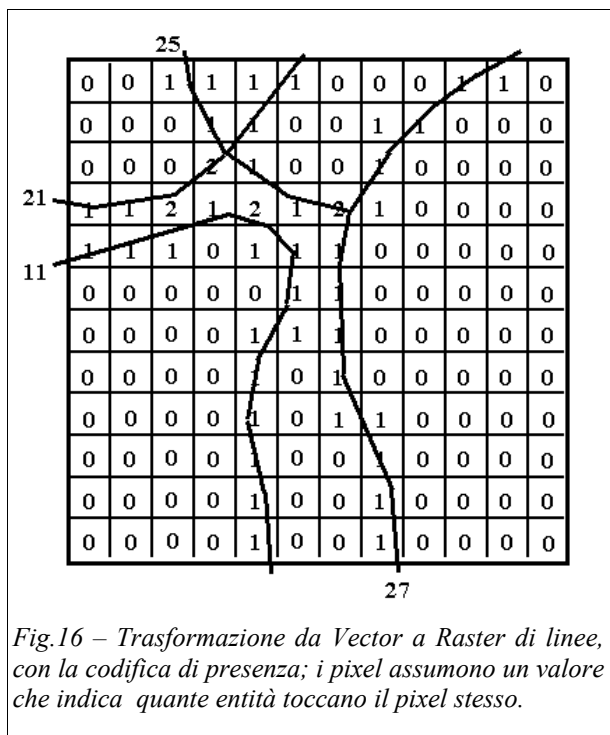
Da un punto di vista geometrico, l'obiettivo è trasportare l'informazione presente nelle linee, caratterizzate dal fatto di avere spessore nullo, nel modello raster, dove i pixel rappresentano "areole" e quindi hanno spessore non nullo nelle due direzioni.

Una prima interpretazione è quella secondo la quale un pixel toccato dall'entità lineare viene identificato come pixel che descrive l'entità; a tale pixel viene assegnato un valore derivato dall'entità, in pratica un suo attributo (codifica di attributo) (Fig.15).

Un limite di questo approccio è che un certo numero di oggetti dello stesso tipo possono essere compresi nello stesso pixel; questo avviene non solo se i pixel sono relativamente grandi, ma anche a prescindere dalla dimensione del pixel nel caso in cui due linee si intersecano. In tal caso è necessario fare una scelta e assegnare al pixel il codice identificativo di uno dei due oggetti. In certi casi questo può causare la perdita di informazione relativa alla continuità dell'oggetto.

						11	27				
0	0	0	0	11	11	27	0	0	0	0	0
0	0	0	0	11	0	27	0	0	0	0	0
0	0	0	0	11	0	27	27	0	0	0	0
0	0	0	0	11	0	0	27	0	0	0	0
0	0	0	0	11	0	0	27	0	0	0	0
0	0	0	0	11	0	0	27	0	0	0	0
						11	27				

Fig.15 – Trasformazione da Vector a Raster di linee, con la codifica di attributo; i pixel toccati dalle entità assumono come valore il codice associato all'entità stessa..



Un'altro approccio è quello secondo il quale il pixel toccato dall'oggetto non viene assegnato all'oggetto, bensì porta l'informazione della presenza di un oggetto (codifica di presenza). Con riferimento alla Fig. 16, un oggetto lineare con codice identificativo 27, quando tocca un pixel, non gli trasferisce l'informazione "27" tipica dell'oggetto, bensì l'informazione "1" che indica che quel pixel è toccato da un oggetto. In questo modo si perde la possibilità di risalire dal valore del pixel all'oggetto, ma si acquista la possibilità di gestire la presenza di più oggetti all'interno dello stesso pixel, il quale assume valore 0, 1, 2, n a seconda che sia toccato da nessuno, uno, due, "n" oggetti. Questa codifica è interessante quando si vuole valutare il territorio non per la presenza di una specifica risorsa, ma in generale per la quantità di risorse presenti, come può accadere ad esempio nel caso di valutazione dell'accessibilità dove non interessa sapere quale specifica strada interessa una certa area, ma solo la quantità di strade che la interessano.

Nel caso della codifica di attributo, è interessante vedere come i diversi tipi di attributi si mappano all'interno dei pixel. Immaginiamo di voler trasformare da Vector a Raster un layer di strade, con il modello dati descritto in Tab.17, e ripetiamo quanto fatto per le aree, al paragrafo precedente.

Parte geografica:	
primitiva geometrica: linea	
Parte descrittiva:	
attr. 1: "ID"	identificatore (int)
attr. 2: "Codice"	codice della strada (int)
attr. 3: "Incidenti"	numero di incidenti sulla strada in un anno (int)
attr. 4: "Copertura"	tipo di copertura (1=asfaltata, 2=strada bianca)
attr. 5: "Pericolosità"	numero incidenti in un anno per chilometro (float)

Tab.17 – Trasformazione di linee da Vector a Raster. L'informazione descrittiva presente nel modello vettoriale, formata da 5 attributi, deve essere trasportata nel modello raster.

- Mappatura nell'immagine dell'attributo "ID"
Ogni pixel contiene un codice che permette di risalire all'entità. Poiché il codice ID ha valore strettamente informatico, l'immagine non è utilizzabile dall'utente, ma può essere utile per lo sviluppo di applicazioni.
- Mappatura nell'immagine dell'attributo "Codice"
Ogni pixel contiene un codice che permette di risalire all'entità. La codifica è nota all'utente che quindi può utilizzare l'immagine, anche se prevalentemente a livello di visualizzazione.
- Mappatura nell'immagine dell'attributo "Incidenti"
Ogni pixel contiene un codice che indica il numero di incidenti verificatisi "su tutta la strada" in un anno. Si tratta di un attributo quantitativo che, come nel caso delle aree, dà un'informazione falsata.

- d) Mappatura nell'immagine dell'attributo "Copertura"
Ogni pixel contiene un codice che indica il tipo di copertura esistente sulla strada. Si tratta di un attributo qualitativo e l'informazione che ne risulta non presenta contraddizioni.
- e) Mappatura nell'immagine dell'attributo "Pericolosità"
Ogni pixel contiene un codice che indica il numero di incidenti verificatisi in un anno sulla strada, rapportato alla lunghezza della strada, in pratica il valore di incidenti/chilometro. Si tratta di un attributo specifico, che indica un valore medio e l'informazione presenta i pregi e i difetti del caso analogo per le aree.

Da queste considerazioni si osserva che in nessun caso si rispetta la vocazione "areale" del pixel che viene visto come una primitiva grafica solo strumentale per l'operazione. Solo nei casi d) ed e) si può in qualche modo vedere la territorialità del pixel leggendo il risultato della conversione V>R in questo modo:

Caso d) Un certo pixel rappresenta una zona di territorio in cui passa una strada "Asfaltata" o "Bianca"

Caso e) Un certo pixel rappresenta una zona di territorio in cui passa una strada di Pericolosità uguale a un certo valore; si noti come, con questa interpretazione, l'attributo specifico non presenti incongruenze.

La vocazione "areale" del pixel è invece rispettata pienamente dal criterio di presenza, secondo cui l'informazione costruita nella trasformazione V>R è:

"Un certo pixel rappresenta una zona di territorio in cui passano "n" strade".

5 – Trasformazione di Punti da Vector a Raster

La trasformazione di punti dal modello vettoriale al modello raster è, per la parte geometrica, molto semplice: un pixel è associato ad un'entità puntuale se l'entità puntuale ricade nell'areola coperta dal pixel. Come nel caso delle aree, vista la dimensione nulla del punto e la dimensione finita del pixel, può accadere che più di un punto ricada nell'areola di un pixel.

Distinguiamo i seguenti casi:

- a) L'entità puntuale rappresenta un oggetto (un pozzo, una risorsa turistica a piccola scala, ecc.) e si mappa un'attributo dell'entità nel pixel corrispondente (codifica di attributo); nel caso che più entità ricadano sullo stesso pixel si crea un'ambiguità;
- b) L'entità puntuale rappresenta un oggetto (un pozzo, una risorsa turistica a piccola scala, ecc.) e si mappa nel pixel il numero di entità che ricadono nell'areola del pixel stesso (codifica di presenza);
- c) L'entità puntuale rappresenta una misura (un punto quota, una misura di pressione atmosferica, ecc.). In questo caso non è corretto parlare di trasformazione di un layer vettoriale dal modello vettoriale al modello raster, ma è più corretto parlare di costruzione di una superficie tramite un primo passaggio da vector a raster e una successiva "interpolazione". Questo caso non è trattato in questo capitolo.

Nel caso a) si ripropone, come per le linee, la questione di come l'informazione presente nell'entità vettoriale si trasporta nel mondo raster. Immaginiamo di voler trasformare da Vector a Raster un layer di punti che descrivono Beni Culturali sul Territorio, con il semplice modello dati descritto in Tab.18.

Parte geografica:

primitiva geometrica: punto

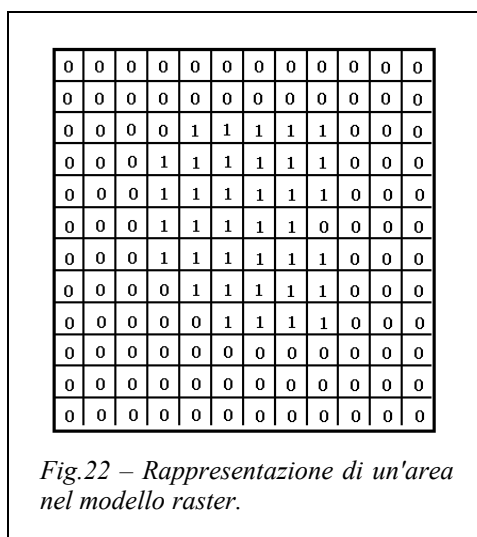
Parte descrittiva:

attr. 1: "ID"	identificatore (int)
attr. 2: "Codice"	codice della risorsa (int)
attr. 3: "Tipo"	tipo di Bene (1=archeologico, 2=storico)
attr. 4: "Visitatori"	numero di visitatori in un anno (int)

Tab.18 – Trasformazione di punti da Vector a Raster. L'informazione descrittiva presente nel modello vettoriale, formata da 4 attributi, deve essere trasportata nel modello raster.

A partire da un dato raster che descrive una superficie (un'immagine fisica) è possibile estrarre linee che identificano i punti in cui i valori della superficie superano certi valori; è il caso della costruzione di curve di livello a partire da un'immagine fisica che rappresenta la morfologia del terreno (DEM: modello di elevazione del terreno). Questa operazione, nota come *contouring*, non è in senso stretto una conversione da raster a vector e non viene trattata in questo capitolo.

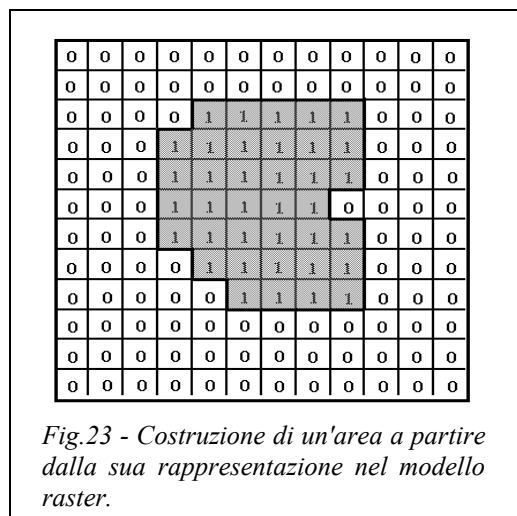
7 - Trasformazione di Aree da Raster a Vector



Se l'immagine raster che trattiamo presenta più zone, con valori diversi, come potrebbe essere ad esempio nel caso di classificazione di un'immagine telerilevata, possiamo costruire più aree e associare a ciascuna di esse il valore dei pixel di quella zona. È curioso notare, in questo caso, che le aree ottenute hanno una geometria perfetta e che se volessimo costruire una struttura topologica, in linea di principio, l'operazione potrebbe essere semplificata.

Un insieme di pixel che hanno lo stesso valore V e che costituiscono un insieme connesso (Fig.22) viene trasformato in un'area avente per bordi i lati compresi tra i pixel che hanno valore V e quelli che hanno valore diverso da V (Fig.23). L'identificazione dei bordi dei pixel che soddisfano la condizione detta forma un insieme di microelementi lineari, come nel caso delle linee. Su di essi si opera, esattamente come nel caso delle linee, fino ad ottenere elementi areali.

Contrariamente al caso della trasformazione da vector a raster, questo cambio di rappresentazione non introduce, da un punto di vista geometrico, alcun errore; spesso tuttavia, per migliorare l'effetto visivo, si operano "arrotondamenti" sugli spigoli.



8 - Trasformazione di Punti da Raster a Vector

Questo tipo di trasformazione non crea alcun problema tecnico. Poiché i punti sono rappresentati nel modello raster da singoli pixel, i punti da definire in vettoriale coincidono coi centri degli stessi pixel a cui viene associato, se significativo, il valore del pixel.