

TESSITURE: UN APPROCCIO STRUTTURALE.

A. Gisolfi, S. Vitulano

Dipartimento di Informatica ed Applicazioni
Università degli Studi di Salerno (Italia)

Il problema della classificazione di tessiture così determinante nel processo di riconoscimento, sia umano che automatico, delle forme è affrontato in questo lavoro.

Nella prima parte del lavoro viene illustrata, sommarariamente, la teoria della forma (Gestalt) e come, utilizzando la teoria dello strutturalismo, essa possa essere applicata al riconoscimento automatico di tessiture.

Viene poi illustrata una struttura algebrica ed una matrice delle caratteristiche che ben si prestano allo studio delle tessiture. Il lavoro si conclude con alcuni risultati sperimentali.

PERCEZIONE E STUDIO DELLE TESSITURE.

Le tessiture o trame giocano un ruolo determinante in tutti i processi percettivi (visivi, tattili, uditivi), poichè esse influenzano fortemente, ad esempio, la percezione della figura/fondo, concorrono alla percezione della profondità di campo e della prospettiva, ecc.

Lo studio delle tessiture è un problema ancora aperto sul cammino della "Scienza", la cui soluzione costituisce una tappa necessaria per una migliore comprensione dell'intero processo percettivo. Infatti, malgrado lo sforzo dei ricercatori ancora oggi non esiste una definizione rigorosa di tessitura e quelle, pur grossolane, che sono state fornite risultano del tutto inadeguate ad una loro descrizione.

Tale problema in tutta la sua ampiezza lo si incontra anche nel riconoscimento automatico di forme. In letteratura esistono moltissimi articoli che per comodità possiamo, a seconda delle metodologie usate, suddividere in due categorie:

- 1) metodi statistici
- 2) metodi strutturali.

In un suo lavoro B. Julesz [1] afferma che i metodi statistici fondati su operatori locali del primo e del secondo ordine sono inadeguati per lo studio e la classificazione delle tessiture. Noi condividiamo a pieno la tesi di Julesz ed affermiamo che anche metodi statistici più so-

fisticati, ad esempio la matrice delle cooccorrenze richiedono tempi di calcolo dell'ordine dell'ora per una matrice 128×128 a 32 livelli di grigio, sono inadeguati. Infatti, i risultati sperimentali da noi ottenuti, con tessiture teoriche, mostrano che ad una matrice delle cooccorrenze corrispondono più tessiture; i risultati sono ancora peggiori se si considerano tessiture reali con rumore bianco.

L'idea-guida degli algoritmi che possiamo ospitare nella seconda classe è quella di definire la struttura che governa la tessitura partendo da un'analisi automatica della stessa, e, mediante le diverse relazioni tra i pixels dell'immagine o ricorrendo anche ad una qualche loro statistica, descrivere la tessitura.

Noi siamo critici anche rispetto a questa metodologia che riteniamo inadeguata a descrivere le tessiture.

In questo articolo intendiamo applicare la teoria della Gestalt allo studio delle tessiture, applicazione questa non nuova nell'ambito del Pattern Recognition anche se, a nostro avviso, talvolta si è incorso in una certa confusione tra psicologia associazionistica e "Gestalt".

Infatti la psicologia associazionistica può essere definita da tre postulati:

- 1) i fenomeni psicologici complessi hanno per principio dei fenomeni psichici semplici, da cui risultano per integrazione,
- 2) i fenomeni psicologici complessi sono i dati immediati, per arrivare a fenomeni psichici semplici si rendono necessarie un'inferenza ed una ricostruzione astratta,
- 3) questi fenomeni psichici semplici sono le impressioni che si imprimono in noi come su una "tabula rasa", è l'abitudine, fondata sull'associazione, che le organizza; non ci sono strutture psicologiche innate.

La psicologia della forma (Gestalt) oppone a questi postulati i propri:

- 1) esistono fenomeni psichici complessi o forme irriducibili alla somma di fenomeni psichici elementari: sono questi al contrario, che risultano dall'analisi di quelli,
- 2) se le forme sono date immediatamente, è necessario avere fiducia nell'esperienza immediata; nessun processo astratto di ricostruzione permette di ridurle a dati inconsci ma più primitivi,
- 3) il carattere originario delle forme tende a farne proprietà innate e non acquisite del sistema nervoso.

La forma è una totalità, le cui parti non sono legate mediante una semplice relazione di giustapposizione e di contiguità, ma obbediscono ad una legge intrinseca, che è la sola capace di determinare il loro significato nella totalità.

Le leggi della forma sono quindi leggi di organizzazione e la loro determinazione passa attraverso la comprensione "strutturale" del tutto organizzato.

Dopo questi brevi cenni sulla teoria della Gestalt proponiamo una definizione di tessitura: sia data una funzione $u(x,y)$ e sia D il suo dominio, definiamo $u(x,y)$ tessitura se e solo se esiste almeno una partizione di D (con elementi tutti uguali) tale che tra tutti gli elementi della partizione è verificata la relazione d'uguaglianza.

Ciò è vero comunque si trasli rigidamente la partizione su D . Chiamiamo l'elemento della partizione "pezzo" della tessitura.

Un semplice esempio ci permette di chiarire le due definizioni sopra fornite.

Si considerino le due tessiture A e B di figura 1. Una percezione atomistica di esse, o l'applicazione di algoritmi statistici, anche i più sofisticati, classificherebbero le due tessiture come una sola mentre la percezione totale (gestaltica) informa che le immagini sono diverse ed, infatti, anche i "pezzi" (fig.2), che le formano sono diversi.

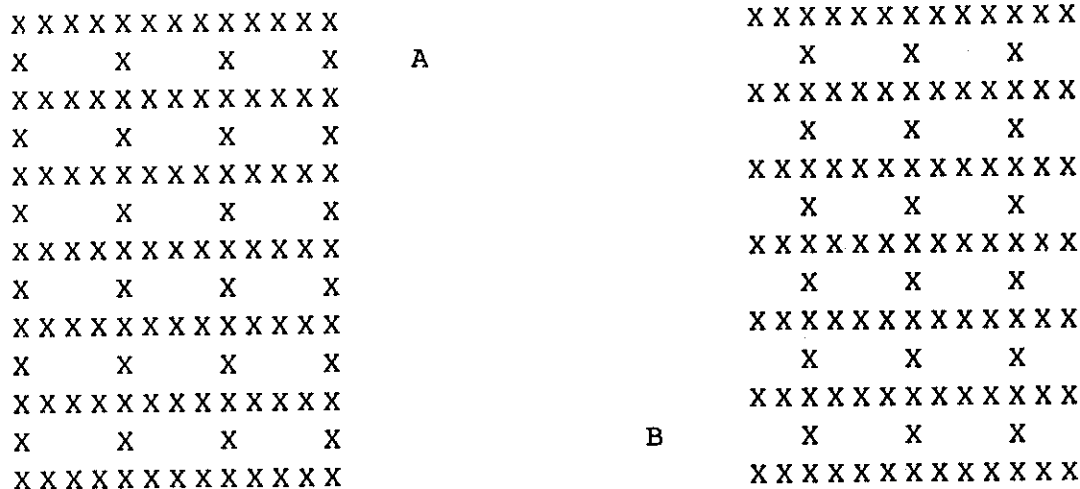


Fig. 1



Fig. 2

Il riconoscimento di una tessitura implica, per quanto abbiamo afferrato, la determinazione di una struttura atta a descriverla, una proposta è illustrata nel prossimo paragrafo.

UNA STRUTTURA ALGEBRICA.

In un nostro precedente lavoro [2] abbiamo proposto una struttura algebrica ed abbiamo mostrato alcune sue applicazioni al Pattern Recognition. Richiamiamo ora le caratteristiche principali di tale struttura.

Sia S un insieme non vuoto ed $H = \{S_1, S_2, \dots\}$ l'insieme di tutte le possibili partizioni di S ; sia S_i un generico elemento di H : $S_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots\}$ ed in esso introduciamo la relazione \leq (riflessiva, antisimmetrica, transitiva):

$$a_{ij} \leq a_{ik} \iff a_{ij} \text{ precede } a_{ik} \text{ eseguendo una scansione da sinistra a destra di } S_i.$$

Introduciamo le operazioni:

$$a_{ij} \oplus a_{ik} = \max(a_{ij}, a_{ik}) \quad (1)$$

$$a_{ij} \otimes a_{ik} = \min(a_{ij}, a_{ik}) \quad (2)$$

Abbiamo dimostrato che introducendo una relazione d'ordine su H esso soddisfa le condizioni di catena. Ricordando che il prodotto di catene-fattori produce il raffinamento di ogni fattore e che tali proprietà valgono quale che sia l'ordine dello spazio vettoriale che contiene gli elementi di S, possiamo così, mediante prodotti di catene (partizioni, ottenere il raffinamento voluto della nostra immagine.

Ovviamente la dimensione dell'elemento della partizione gioca un ruolo rilevante sul raffinamento e, come abbiamo dimostrato in [3], data una funzione $u(x,y)$ e indicato con w la dimensione lineare dell'elemento della partizione occorre che:

$$w \leq D/2 + 1$$

dove D è la dimensione della più piccola zona di monotonicità di $u(x,y)$.

Ma, scegliendo opportunamente la dimensione w , noi possiamo o ricostruire l'intera immagine o filtrarne una parte di essa.

Le dimensioni lineari di w (elemento della partizione) dipendono dalle caratteristiche della funzione in esame ed, allo scopo di determinarle, abbiamo introdotto una matrice delle caratteristiche.

Posto

$$w = x_{i+1} - x_i \quad \text{con } x_i \in D \quad \text{e } j = 1, 2, \dots, D-1$$

definiamo "dinamica" del segnale in w la grandezza:

$$d = | u(x_{i+1}) - u(x_i) |$$

Consideriamo una matrice le cui righe indicano le dimensioni crescenti di w e le cui colonne indicano le diverse dinamiche lette sul segnale ed i cui elementi indicano le frequenze con cui, data una certa partizione, si leggono le diverse dinamiche del segnale.

Riportiamo di seguito alcune tessiture e le relative matrici delle caratteristiche.

```

X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X

```

fig.3 Tessitura

```

X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X
X X X X X X X X X X
 X X X X X X X X X X

```

fig.4 Tessitura con partizione

w/d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2																49
3																
4																
5																

fig.5 matrice delle caratteristiche

```

X
 X X
  X X

```

fig.6 "pezzo" della tessitura

```

X X X X
X X X X
X X X X
X X X X

```

fig.7 Tessitura

```

X X X X
X X X X
X X X X
X X X X

```

fig.8 tessitura con partizione

w/d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2		9														40	
3		1														25	
4																16	
5																	
6																	

fig.9 matrice delle caratteristiche

```

X X
X X

```

fig.10 "pezzo" della tessitura

La matrice delle caratteristiche applicata alle tessiture ci permette di determinare le dimensioni della partizione i cui elementi individuano i "pezzi" della tessitura.

Nelle figure 11,12,13 è riportato un esempio di filtraggio ottenuto utilizzando i metodi descritti. Tutti gli algoritmi proposti sono realizzati su personal-computer in parallelo.

CONCLUSIONI.

Questo lavoro prende le mosse da una più attenta rilettura della teoria della Gestalt, rilettura che ci ha indotti ad applicare lo strutturalismo, come è già avvenuto per altre discipline, al Pattern Recognition. Abbiamo iniziato con lo studio delle tessiture sia per loro importanza, come già abbiamo detto, sia per la natura di tali segnali ed i risultati sperimentali ottenuti dallo studio di tessiture teoriche o naturali. Il confronto tra il nostro metodo e quelli che applicano la matrice delle cooccorrenze sarà argomento di un lavoro in ormai avanzata fase di realizzazione. Intendiamo applicare tale metodologia alla estrazione di contorni di immagini reali.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] B.Julesz,E.Gilbert and J.Victor, "Visual discrimination of textures with identical third order statistics", *Biomedical Cybernetics*, n.31, pp.137-140, 1978.
- [2] A.Gisolfi,S.Vitulano, "Algebraic Pattern Recognition" Digital Signal Processing, Elsevier Science Publ. B.V. (North-Holland), 1984.
- [3] A.Apostolico,S.Vitulano, "An image transform emphasizing textural features", *Informatik-Fachberichte* n.8, Springer Verlag pp. 178-197, 1977.
- [4] A.Gisolfi,S.Vitulano, "C-matrix: application to human chromosomes" in Proc.ISMIRI 82, IEEE 1982.