



Ricostruzione 3D da matched features

Alberto Borghese
Laboratory of Motion Analysis, Virtual Reality (MAVR)

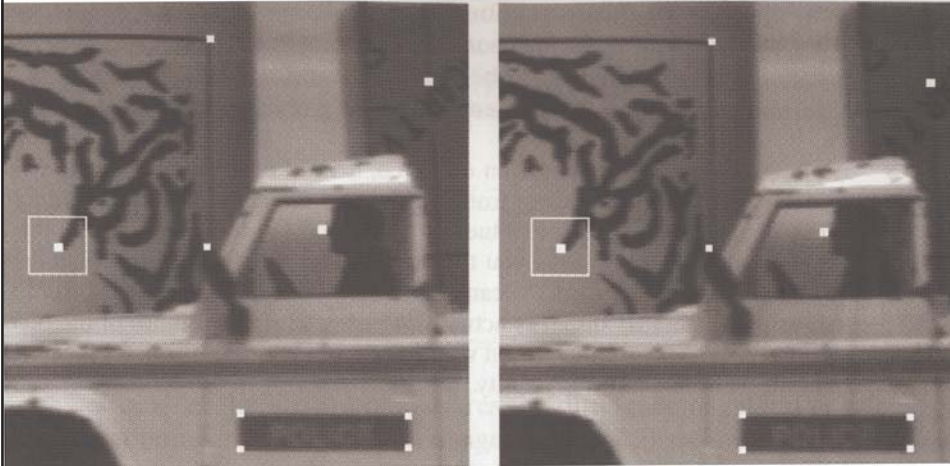


Ricostruzione 3D da immagini monoculari

- Matching di features (block matching, correlazione).
- Matching di features da campo di moto.
- Structure from Motion da features sparse.
- Proprietà.



Il problema della corrispondenza



Problema di ricerca: elementi uguali nelle due immagini.



Matching features over time



La filosofia è: determino le features in due quadri consecutivi e poi calcolo il moto.

- 1) Eseguo la funzione di riconoscimento delle features sulla coppia di immagini consecutive.
- 2) Determino le features, stimo il loro spostamento da un frame all'altro e correggo la stima con il calcolo della posizione delle feature nell'intorno della predizione.

Matching features over time (correlazione)



1) Eseguo la funzione di riconoscimento delle features sulla coppia di immagini consecutive.

- a) Quali elementi considerare features?
- b) Quale misura di similarità considerare?

- a) Finestre, W .
- b) Misura di correlazione tra le due immagini.
- c) Massimo della misura di correlazione.



Misura di correlazione



$$C(x,y) = \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C I_2(x+r-1, y+c-1) I_1(r,c)$$

- $0 < x < N-R$
- $0 < y < M-C$

Immagine $N \times M$

Finestra $R \times C$

Centriamo la finestra di correlazione in $\mathbf{p}_w(x_w, y_w)$ (vertice in basso, a sx).

$$C(d_x, d_y) = \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C I_2(d_x + x_w + r - 1, d_y + y_w + c - 1) I_1(r - 1 + x_w, c - 1 + y_w)$$

d_x, d_y posizione della correlazione in funzione della finestra.

La feature corrispondente a $I_1(x_w, y_w)$ nell'immagine I_2 sarà nella posizione

$$d_f(d_{x_f}, d_{y_f}) = \arg \max_{d_x, d_y} (C(d_x, d_y))$$



Block Matching



Analisi della misura di correlazione. Qual è il problema?

$$C(d_x, d_y) = \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C I_2(d_x + x_w + r - 1, d_y + y_w + c - 1) I_1(r - 1 + x_w, c - 1 + y_w)$$

Variazioni di luminosità globali. Si introduce il *block matching*.

$$D(u, v) = -(u-v)^2 = 2uv - u^2 - v^2$$

Regioni molto luminose o poco luminose pesano ugualmente
=> *equalizzazione*.



Matching features by correlation



Parametri “application dependent”:

- Ampiezza della finestra della feature.
- Ampiezza della regione di ricerca (teoricamente tutta l’immagine).

Riassunto

I passi dell’algoritmo sono:

- Isolare le features (individuare le finestre).
- Per ogni finestra (punto al centro della finestra), calcolare la funzione similitudine (correlazione o block matchin) con l’immagine successiva (o una sottoparte).
- La feature verrà localizzata sulla seconda immagine nella posizione che massimizza la funzione di similitudine.

Determinazione del vettore di moto locale



- Fitting di un campo di velocità costante su regioni dell'immagine.
- Sfruttiamo l'elevata correlazione spazio-temporale di due immagini

$$\nabla I_x v_x + \nabla I_y v_y = -\frac{\partial I}{\partial t} \quad \forall \mathbf{p} \in W$$

- v_x, v_y uguali in tutti i pixel di W .

$$a v_x + b v_y = c$$

- Abbiamo $N \times N$ equazioni in 2 incognite: $\mathbf{v}_p = \mathbf{x}[v_x, v_y]$

$$\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{c} \quad \implies \quad \mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{c}$$

$\mathbf{x} = [v_x, v_y]$, \mathbf{v}_p calcolata al centro della finestra W .



Riconoscimento di features



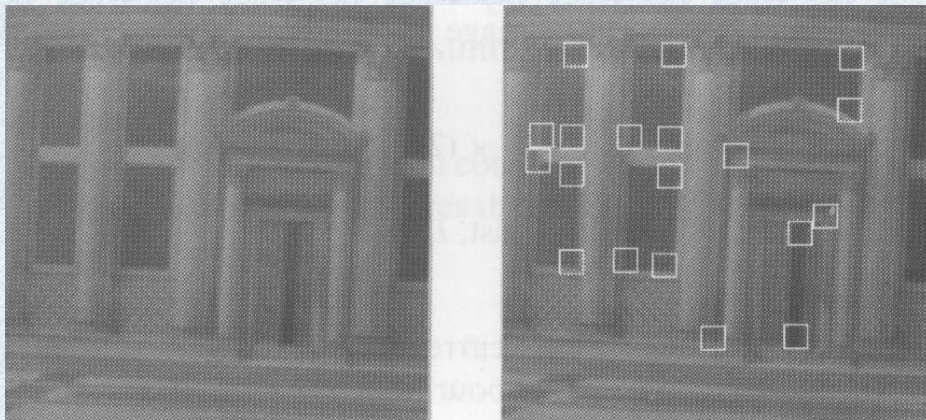
Sono quelle regioni nelle quali i contorni sono netti e orientati in due direzioni ortogonali (spigoli).

$$\mathbf{A}^T \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \sum_k (\nabla I_{p_k x})^2 & \sum_k \nabla I_{p_k x} \nabla I_{p_k y} \\ \sum_k \nabla I_{p_k x} \nabla I_{p_k y} & \sum_k (\nabla I_{p_k y})^2 \end{bmatrix} = \mathbf{U} \mathbf{W} \mathbf{V}$$

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}, \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq 0, \quad \lambda_2 > \lambda_{\min}$$

- Gli autovettori codificano le *direzioni* prevalenti dei contorni.
- Gli autovalori codificano la *forza* dei contorni lungo le due direzioni principali.
- Ordino le finestre per λ_2 decrescente, elimino le features a più bassa importanza.

Structure from Motion (sparse features)



Matching features over time (optical flow)



- 1) Determino le features nel primo frame $I_1(\mathbf{p})$ con una finestra $W(\mathbf{p}_w)$
- 2) Per ciascuna feature, stimo il vettore spostamento, \mathbf{d}_o , $\mathbf{d} = \mathbf{d}_o$.
- 3) Considero il secondo frame, $I_2(\mathbf{p})$.
- 4) Nel secondo frame analizzo una finestra nell'intorno di $\mathbf{p}_w + \mathbf{d}$.
- 5) Calcolo l'errore di "Block matching".

$$\mathbf{d}(d_{x_f}, d_{y_f}) = \arg \max_{d_x, d_y} (B(I_1, I_2))$$

- 6) Se l'errore è sopra soglia,
considero l'errore correzione della distanza.
- 7) Itero i passi 4-6 dove costruisco la finestra in $I_2(\mathbf{p})$ nell'intorno di $\mathbf{p}_w + \mathbf{d}$ con $\mathbf{d} = \mathbf{d} + \mathbf{d}_b$.



Matching features (Riassunto)



- Tecniche di correlazione. Lavorano sull'immagine intera. Possibilità di restringere la finestra di ricerca.
- La correlazione mediante "block matching" consente di compensare variazioni di luminosità globali.
- Tecniche basate su campo di moto. Lavorano su una finestra.
- Algoritmi ricorsivi con risoluzione crescente dello spostamento.