Sistema di rilevamento automatico e riconoscimento volti: aspetti metodologici e pratici

Cristina Segalin e Massimo Gambin

by Univr https://www.scienze.univr.it

24 novembre 2010





Scopo della tesi è lo sviluppo di un sistema automatico per il riconoscimento di volti.

Questo grande interesse è dovuto principalmente alle molte applicazioni in ambito commerciale e di sicurezza che il riconoscimento automatico d volti può avere.

Ciò che ha motivato il nostro lavoro non è stato tanto lo studio di nuove tecniche o algoritmi per il riconoscimento dei volti, quanto l'idea di creare un sistema semplice e realmente utilizzabile che lavorasse su una sequenza d'immagini acquisita in tempo reale (real time).

Scopo della tesi è lo sviluppo di un sistema automatico per il riconoscimento di volti.

Questo grande interesse è dovuto principalmente alle molte applicazioni in ambito commerciale e di sicurezza che il riconoscimento automatico di volti può avere.

Ciò che ha motivato il nostro lavoro non è stato tanto lo studio di nuove tecniche o algoritmi per il riconoscimento dei volti, quanto l'idea di creare un sistema semplice e realmente utilizzabile che lavorasse su una sequenza d'immagini acquisita in tempo reale (real time).

Il sistema implementato, a partire dalla memorizzazione di immagini campione di una o più persone, è in grado di verificare l'identità delle stesse in momenti successivi. Il software è corredato di una semplice interfaccia che permette la registrazione di nuovi utenti (inserimento dati e acquisizione di un insieme di immagini di training di buona qualità) e la validazione automatica di utenti registrati. In entrambe le modalità di lavoro l'elaborazione dei frame avviene in tempo reale.

Sistemi biometrici

Un **sistema biometrico** è un dispositivo automatico per la verifica di identità o l'identificazione di una persona sulla base di caratteristiche biologiche.

Queste caratteristiche possono essere di varia natura e sono generalmente suddivise in **fisiologiche** (impronta digitale, volto, mano, retina, iride, DNA, ...) e **comportamentali** (voce, calligrafia, stile di battitura, ...). Come è facilmente intuibile, i sistemi basati su caratteristiche fisiologiche sono generalmente più affidabili di quelli basati su caratteristiche comportamentali, tuttavia questi ultimi possono risultare a volte più semplici da integrare in alcune specifiche applicazioni.

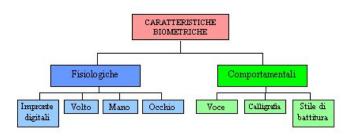
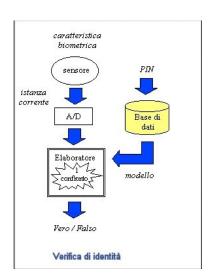
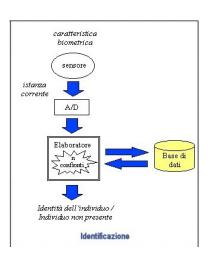


Figura: Le principali caratteristiche biometriche

Problema della verifica di identità consiste nello stabilire se un individuo è veramente colui che dichiara di essere; a tal fine l'utente deve fornire al sistema, oltre alla caratteristica biometrica da esaminare, anche il proprio nome o un codice di identificazione personale che rappresenta la sua dichiarazione di identità.



Il problema dell'**identificazione** consiste invece nel determinare se una persona può essere associata (corrisponde) a una di quelle presenti in un archivio (non è richiesto all'individuo di dichiarare la propria identità).



Face Detection e Face Recognition

Face Recognition è un'area molto attiva nella Computer Vision e nel campo biometrico, poichè è stata studiata per 25 anni e sta producendo infine applicazioni per sicurezza, robotica, HCI, camere digitali , giochi e intrattenimento.

Face Recognition in genere include due stadi:

- Face Detection, dove si cerca una qualsiasi faccia in una foto e poi tramite l'elaborazione delle immagini elimina l'immagine del volto per rendere più facile il riconoscimento.
- Face Recognition, dove la faccia rilevata e processata è confrontata con un database di facce note, per decidere chi è la persona ritratta.

Face Recognition in genere include due stadi:

- Face Detection, dove si cerca una qualsiasi faccia in una foto e poi tramite l'elaborazione delle immagini elimina l'immagine del volto per rendere più facile il riconoscimento.
- Face Recognition, dove la faccia rilevata e processata è confrontata con un database di facce note, per decidere chi è la persona ritratta.

Face Recognition in genere include due stadi:

- Face Detection, dove si cerca una qualsiasi faccia in una foto e poi tramite l'elaborazione delle immagini elimina l'immagine del volto per rendere più facile il riconoscimento.
- Face Recognition, dove la faccia rilevata e processata è confrontata con un database di facce note, per decidere chi è la persona ritratta.

Parte I

Approccio metodologico

Il metodo

Il metodo dell'Analisi delle Componenti Principali, noto anche con il nome di "Eigenfaces", costituisce una delle prime strategie sviluppate nell'ambito del riconoscimento dei volti.

I primi ad introdurla furono, infatti, M.Kirby e L.Sirovich nel 1988.[1] Il metodo Eigenfaces, conosciuto anche come "metodo delle autofacce", è stato sviluppato nel 1991 da Matthew Turk del Computer Science Department of University of California e da Alex Pentland Ph.D. del Mit Media Laboratory.[2]

Il metodo

Il metodo dell'Analisi delle Componenti Principali, noto anche con il nome di "Eigenfaces", costituisce una delle prime strategie sviluppate nell'ambito del riconoscimento dei volti.

I primi ad introdurla furono, infatti, M.Kirby e L.Sirovich nel 1988.[1] Il metodo Eigenfaces, conosciuto anche come "metodo delle autofacce", è stato sviluppato nel 1991 da Matthew Turk del Computer Science Department of University of California e da Alex Pentland Ph.D. del Mit Media Laboratory.[2]

Tale metodo fa utilizzo di un "training set" costituito da un'insieme di immagini delle stesse dimensioni ed evidenzia le caratteristiche del volto, quali occhi e bocca. Questa strategia prevede successivamente una riduzione della dimensionalità dei dati a disposizione, tramite una proiezione in un sottospazio, nel quale vengono messe in risalto le caratteristiche salienti di un volto escludendo l'informazione che non viene considerata rilevante e precisamente decompone la struttura di un volto in una combinazione di componenti ortogonali, scorrelate tra loro, dette eigenface.

Ogni immagine di volto, può successivamente essere rappresentata come una somma pesata(vettore delle feature) di queste eigenfaces, raccolte in un vettore monodimensionale. Il confronto di un'immagine di volto con le altre presenti nel training set viene effettuato semplicemente valutando la distanza tra questi vettori di caratteristiche locali.

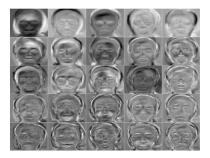


Figura: Esempi di eigenfaces

Eigenfaces è un metodo estremamente rapido: la sua complessità di tempo nella fase di training è $O(n^2m^2L)$ e nella fase di test di O(LMN), con n, m, L, M, N, numero di righe e di colonne della matrice immagine, numero di vettori proiezione, elementi di test e di taining, rispettivamente. La complessità di spazio è $O(n^2m^2)$.

- Preparare un training set di immagini di volti.
- Sottrarre la media.
- Calcolare gli autovettori e autovalori della matrice di covarianza.
- Scegliere i componenti principali.

- Preparare un training set di immagini di volti.
- Sottrarre la media.
- Calcolare gli autovettori e autovalori della matrice di covarianza.
- Scegliere i componenti principali.

- Preparare un training set di immagini di volti.
- Sottrarre la media.
- Calcolare gli autovettori e autovalori della matrice di covarianza.
- Scegliere i componenti principali.

- Preparare un training set di immagini di volti.
- Sottrarre la media.
- Calcolare gli autovettori e autovalori della matrice di covarianza.
- Scegliere i componenti principali.

- Preparare un training set di immagini di volti.
- Sottrarre la media.
- Calcolare gli autovettori e autovalori della matrice di covarianza.
- Scegliere i componenti principali.

Metodo dell'analisi delle componenti principali

PCA è un utile metodo statistico che permette di trovare *patterns* all'interno di insiemi di dati di grandi dimensioni, classificando tali dati in base al loro grado di similarità.

L'implementazione di un sistema completo di riconoscimento facciale, in grado di effettuare anche compiti di autenticazione, richiede che quest'ultimo sia capace di compiere principalmente due tipi di attività: la prima è la "face detection", mentre la seconda è detta "face recognition".

Face Detection

Il rilevamento del volto è stato effettuato attraverso l'uso di un algoritmo di face detection automatico. Tra i numerosi metodi presenti in letteratura, si è scelto di utilizzare il metodo proposto da Viola-Jones, per le sue caratteristiche di accuratezza ed efficienza computazionale. Una possibile implementazione di tale algoritmo è possibile trovarla all'interno delle librerie *Intel OpenCV*.

L'obiettivo è quello di ottenere il cosiddetto "classificatore a cascata per volti frontali" da poter utilizzare per localizzare volti all'interno di immagini. L'algoritmo è in grado di rilevare volti in posa approssimativamente frontale, ovunque essi siano presenti nell'immagine e l'output è costituito da una serie di regioni rettangolari, ognuna centrata su un volto e i cui limiti racchiudono il volto stesso.

Il rilevamento del volto è stato effettuato attraverso l'uso di un algoritmo di face detection automatico. Tra i numerosi metodi presenti in letteratura, si è scelto di utilizzare il metodo proposto da Viola-Jones, per le sue caratteristiche di accuratezza ed efficienza computazionale. Una possibile implementazione di tale algoritmo è possibile trovarla all'interno delle librerie *Intel OpenCV*.

L'obiettivo è quello di ottenere il cosiddetto "classificatore a cascata per volti frontali" da poter utilizzare per localizzare volti all'interno di immagini. L'algoritmo è in grado di rilevare volti in posa approssimativamente frontale, ovunque essi siano presenti nell'immagine e l'output è costituito da una serie di regioni rettangolari, ognuna centrata su un volto e i cui limiti racchiudono il volto stesso.



Figura: Detection di un volto tramite l'algoritmo di Viola-jones

Tale metodo è basato su una tecnica di apprendimento statistico supervisionato chiamata *Adaboost*. Il sistema classifica le patch dell'imagine come volto o "non-volto" in base alla risposta a dei semplici template rettangolari; la feature così ottenuta prende il nome di *Haar-like feature*

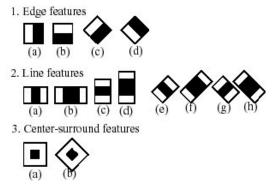


Figura: Le cosiddette Haar-like features

Il passo successivo consiste nel processo di apprendimento del classificatore. Dato un insieme di feature ed un training set costituito da immagini positive e negative, un qualsiasi metodo di apprendimento può essere usato per addestrare una funzione di classificazione; il sistema adotta una variante di Adaboost. Si noti che per rilevare facce indipendentemente dalla posa, è necessario addestrare due versioni del *feature detector*, una per i volti frontali (o quasi frontali) e una per quelli di profilo. L'insieme di features ottenuto col procedimento appena descritto è estremamente ampio.

L'ultimo passaggio consiste nella ricostruzione di una cascata di weak-classifier, ovvero un classificatore a stadi che sia in grado di respingere molte sotto-finestre negative e, contemporaneamente, di rilevare la quasi totalità delle istanze positive. La cascata viene realizzata posizionando nelle prime posizioni i classificatori più semplici, in modo da eliminare rapidamente buona parte delle finestre negative; in un secondo tempo entrano in gioco i classificatori più complessi in grado di scartare i rimanenti falsi-positivi.

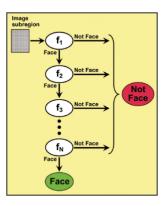


Figura: Il classificatore a cascata è una catena di filtri. Le sottoregioni immagine che la compongono attraverso la cascata sono classificati come "Facce". Tutti gli altri sono classificati come "Non faccia"

Face Recognition

Il volto visto come un vettore

L'immagine di un volto sostanzialmente può essere trasformata in un vettore. La costruzione di tale vettore può essere effettuata tramite una semplice concatenazione delle righe della matrice dell'immagine iniziale:

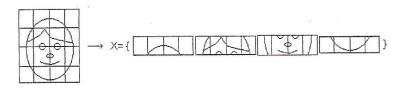


Figura: La trasformazione di un'immagine in un vettore

Lo "spazio delle immagini"

Il vettore descritto appartiene ad uno spazio vettoriale. Tale spazio è chiamato "spazio delle immagini" ed è lo spazio di tutte le immagini la cui dimensione è di w*h pixels.

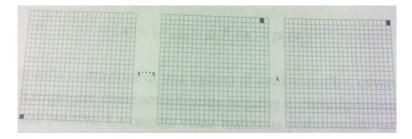


Figura: La base dello spazio delle immagini

Tutti i volti presenti in ogni immagine si "assomigliano" fra loro; infatti ognuno è caratterizzato dalla presenza di due occhi, una bocca, un naso ecc, ovvero tutte caratteristiche localizzate nella stessa area. Ciò significa che tutti i punti rappresentanti i volti non si spargono in maniera omogenea nello spazio, bensì tendono a localizzarsi in un ristretto "cluster" nello spazio immagine, esattamente come mostrato dalla seguente figura.

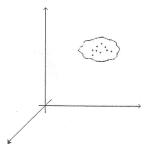


Figura: Spazio dei volti e spazio delle immagini

L'obiettivo dell'approccio al riconoscimento facciale tramite PCA è proprio quello di cercare di ridurre la dimensionalità dei dati iniziali, proiettandoli in un sottospazio. Quest'ultimo è definito da una nuova base ed è in grado di descrivere al meglio il "modello" dell'insieme dei dati iniziali, insieme che in questo caso corrisponde a quello dei volti presenti nel *training set* inizale. I vettori che compongono la base di questo spazio sono detti componenti principali, devono essere correlati fra loro e devono massimizzare la varianza stimata per le variabili originali.

Nell'ambito della PCA applicata al riconoscimento facciale, gli autovettori, o componenti principali del sottospazio ottenuto tramite la trasformazione, prendono il nome di *autofacce* (eigenfaces).

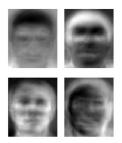


Figura: Esempio di eigenfaces

Esse non sono altro che delle immagini che possono essere considerate come componenti di base di un volto.

Le immagini del training set, alle quali ricordiamo è stata sottratta l'immagine media proiettandole nel sottospazio dei volti, sono quindi rappresentate come combinazione lineare delle migliori K eigenface ottenute dall'analisi delle componenti principali esattamente come descritto dalla seguente espressione:

$$\widehat{\Phi}_i - media = \sum_{j=1}^K w_j u_j$$
, con $w_j = u_j^T \Phi_j$ e u sono le eigenfaces

Figura: Un volto rappresentato come combinazione lineare do eigenfaces e relativi coefficienti associati

Parte II

Il sistema di riconoscimento

Il software è stato sviluppato in ambiente UNIX/Linux, in particolare su una macchina i386 e sistema operativo Debian GNU/Linux, tra ottobre e dicembre 2010.

In dotazione ci è stato dato un computer-desktop, con installato Ubuntu, in cui noi abbiamo aggiornato la versione alla 10.10 per poter aggiornare poi tutte le librerie di OpenCV e le Qt per l'interfaccia.

Componenti hardware

Webcam (Webcam Trust SpaceCm 150 Portable)



Scheda elettronica con relè per far comunicare il pc con la serratura



Serratura



Monitor touchscreen CTF400-SL

- VGA 7 TFT Touchscreen USB
- PAL/NTSC IR Remote -

Autodimmer - Audio

[LED-Backlight]

-TRANSFLECTIVE PRO



Il software da noi sviluppato legge il nome della persona che viene scelto dal soggetto stesso in una lista contenente tutti gli utenti registrati. Come vedremo meglio in seguito, nella fase di training il nome serve per identificare univocamente i campioni salvati, mentre nella fase di riconoscimento indica al sistema quale sia il soggetto rispetto al quale viene avviata la procedura di autenticazione.

La scheda elettronica con relè per permettere al software di comunicare con la serratura e predisporre l'accesso al laboratorio.

Parte III

Tutorial sul funzionamento

Per il corretto funzionamento del sistema, è necessario fissare la webcam in modo che rimanga immobile durante tutte le operazioni. É necessario inoltre che la stanza abbia un'illuminazione costante, dunque è conveniente usare fonti di luce artificiale.

Per avviare il programma cliccare sul link posto nel Desktop denominato FaceRec. Una volta avviato il programma, l'interfaccia si presenta come in figura.



Figura: Menu

Tutte le funzioni sono accessibili attraverso i pulsanti.

Il programma può funzionare in due modalità: training e riconoscimento.

La modalità training serve per allenare il sistema a riconoscere un particolare soggetto; in questa modalità di funzionamento è possibile eseguire le operazioni seguenti:

- inserire i dati dell'utente di cui si devono raccogliere i campioni
- raccogliere i diversi campioni del volto
- elaborare i campioni raccolti calcolando la matrice di proiezione per la PCA a partire da essi. Questa è una operazione fondamentale per la successiva fase di riconoscimento, la quale utilizza la matrice di proiezione per confrontare le nuove immagini del volto con i campioni.

- inserire i dati dell'utente di cui si devono raccogliere i campioni
- raccogliere i diversi campioni del volto
- elaborare i campioni raccolti calcolando la matrice di proiezione per la PCA a partire da essi. Questa è una operazione fondamentale per la successiva fase di riconoscimento, la quale utilizza la matrice di proiezione per confrontare le nuove immagini del volto con i campioni.

- inserire i dati dell'utente di cui si devono raccogliere i campioni
- raccogliere i diversi campioni del volto
- elaborare i campioni raccolti calcolando la matrice di proiezione per la PCA a partire da essi. Questa è una operazione fondamentale per la successiva fase di riconoscimento, la quale utilizza la matrice di proiezione per confrontare le nuove immagini del volto con i campioni.

- inserire i dati dell'utente di cui si devono raccogliere i campioni
- raccogliere i diversi campioni del volto
- elaborare i campioni raccolti calcolando la matrice di proiezione per la PCA a partire da essi. Questa è una operazione fondamentale per la successiva fase di riconoscimento, la quale utilizza la matrice di proiezione per confrontare le nuove immagini del volto con i campioni.

- inserire i dati dell'utente di cui si devono raccogliere i campioni
- raccogliere i diversi campioni del volto
- elaborare i campioni raccolti calcolando la matrice di proiezione per la PCA a partire da essi. Questa è una operazione fondamentale per la successiva fase di riconoscimento, la quale utilizza la matrice di proiezione per confrontare le nuove immagini del volto con i campioni.

- selezionare il nome del soggetto che deve essere riconosciuto;
- porre il soggetto da riconoscere di fronte la webcam e posizionarlo alla distanza corretta per il riconoscimento;
- verificare che il soggetto venga correttamente riconosciuto

- selezionare il nome del soggetto che deve essere riconosciuto;
- porre il soggetto da riconoscere di fronte la webcam e posizionarlo alla distanza corretta per il riconoscimento;
- verificare che il soggetto venga correttamente riconosciuto

- selezionare il nome del soggetto che deve essere riconosciuto;
- porre il soggetto da riconoscere di fronte la webcam e posizionarlo alla distanza corretta per il riconoscimento;
- verificare che il soggetto venga correttamente riconosciuto

- selezionare il nome del soggetto che deve essere riconosciuto;
- porre il soggetto da riconoscere di fronte la webcam e posizionarlo alla distanza corretta per il riconoscimento;
- verificare che il soggetto venga correttamente riconosciuto

La fase di identificazione di un volto deve essere preceduta da una fase di allenamento (training) del sistema in cui si acquisiscono alcuni campioni del volto da riconoscere e si calcola la matrice di proiezione a partire da essi. Per iniziare l'acquisizione delle immagini dalla webcam, necessaria per le fasi successive, si deve premere il pulsante CreazioneDatabase.



Figura: Registrazione Utente



É necessario prima creare l'utente premendo il pulsante AggiungiUtente. Si aprirà così la tastiera per inserire i dati dell'utente (Nome, Cognome) e successivamente la conferma della correttezza di tali dati.



Figura: Inserimento dati utente

Il soggetto ora deve premere il pulsante AvviaCamera e posizionarsi in modo da far corrispondere i lati del rettangolo verde con il contorno del volto.

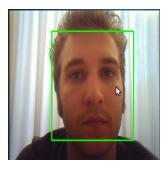


Figura: Allineamento corretto

Raggiunto l'allineamento corretto si può procedere al salvataggio di campioni del volto premendo il pulsante AcquisisciImmagine. É necessario mantere la posizione per circa 5 secondi mentre i campioni vengono salvati; può essere opportuno variare leggermente l'espressione degli occhi in modo da rendere il training-set più ricco. Premere ancora AcquisisciImmagine fino ad ottenere un totale di 10 immagini per ogni persona. Infine per permettere il salvataggio premere InterrompiCamera.

Il sistema è ora allenato per riconoscere il soggetto!



Parte IV

Risultati

Risultati ottenuti

Il sistema che abbiamo sviluppato è in grado di acquisire immagini di training di una o più persone e validare l'identità delle stesse su immagini nuove (che non appartengano al training). Gli aspetti dell'architettura, dell'interfaccia, dell'elaborazione della sequenza e del fotogramma sono soddisfacenti e garantiscono un'elaborazione dei frame in tempo reale. Con accorgimenti minimi essi producono risultati gradevoli anche con immagini acquisite da webcam di qualità medio-bassa.

Un test effettuato sul sistema

Il sistema di riconoscimento è stato testato con un gruppo di sei soggetti. Dopo aver creato un training-set per ciascun soggetto, si è passati alla fase di riconoscimento usando la seguente procedura:

- inizializzazione del sistema per il riconoscimento di uno dei soggetti;
- prova di riconoscimento per tutti i sei soggetti.

Ovviamente ci si aspettava che solo uno dei sei soggetti, quello per cui il sistema era stato inizializzato, fosse riconosciuto, mentre gli altri cinque venissero rifiutati. La procedura è stata ripetuta inizializzando il sistema via con tutti i sei soggetti.

Nella tabella è possibile vedere i risultati delle 36 prove di riconoscimento effettuate in tal modo.

Di seguito riportiamo il valore minimo con cui ognuno dei sei soggetti viene riconosciuto dal sistema

	9.	00	0 0	6.36	5.6
Cristina	Massimo	Omar	Chiara	Mauro	Jhon
4.17	0.71	3.56	1.8	1.1	2.34

Tabella: Test di riconoscimento basato su sei soggetti

		3	20	0	35	90
	Cristina	Massimo	Omar	Chiara	Mauro	Jhon
Cristina	0	3.46	0.61	2.37	3.07	1.83
Massimo	3.46	0	2.85	1.09	0.39	1.63
Omar	0.61	2.85	0	1.76	2.46	1.16
Chiara	2.37	1.09	1.76	0	0.7	0.54
Mauro	3.07	0.39	2.46	0.71	0	1.24
Jhon	1.83	1.63	1.22	0.54	1.24	0

Tabella: Test di riconoscimento basato su sei soggetti

I numeri indicano la misura di distanza calcolata fra i modelli e i test

$$min(soggetto_i) - min(soggetto_i)$$

in riferimento al valore con cui ogni soggetto viene riconosciuto



I limiti del sistema

Parlando di limiti del sistema di riconoscimento, la prima considerazione da fare è che il sistema necessita della collaborazione dell'utente. Come si è visto precedentemente, sia nella fase di training che in quella di riconoscimento una corretta interazione dell'utente con il sistema è fondamentale per il suo funzionamento. Nella fase di training il soggetto si deve allineare in maniera molto precisa per acquisire i campioni e questo implica non solo che egli voglia collaborare, ma anche che riesca a farlo nella maniera giusta.

Anche in fase di riconoscimento, seppure in misura minore, è importante la collaborazione dell'utente, poiché come detto il riconoscimento viene tentato solo se il soggetto è posto alla distanza giusta dalla webcam.

I limiti del sistema

Parlando di limiti del sistema di riconoscimento, la prima considerazione da fare è che il sistema necessita della collaborazione dell'utente. Come si è visto precedentemente, sia nella fase di training che in quella di riconoscimento una corretta interazione dell'utente con il sistema è fondamentale per il suo funzionamento. Nella fase di training il soggetto si deve allineare in maniera molto precisa per acquisire i campioni e questo implica non solo che egli voglia collaborare, ma anche che riesca a farlo nella maniera giusta.

Anche in fase di riconoscimento, seppure in misura minore, è importante la collaborazione dell'utente, poiché come detto il riconoscimento viene tentato solo se il soggetto è posto alla distanza giusta dalla webcam.

Limiti dell'algoritmo di riconoscimento

Anche l'algoritmo di riconoscimento necessita di particolari condizioni per funzionare correttamente. Il riconoscimento di un volto si basa fondamentalmente su una misura di distanza fra questo e un insieme di campioni.

Caratteristiche come l'espressione del volto, la rotazione orizzontale e verticale dello stesso, la presenza o meno di occhiali e l'illuminazione devono restare costanti tra la fase di acquisizione dei campioni e la successiva fase di riconoscimento.

In particolare il sistema si è mostrato molto sensibile alle variazioni di illuminazione. É intuitivo infatti come una variazione dell'illuminazione determini un cambiamento nel livello di grigio dei pixel dell'immagine, falsando completamente la misura di distanza effettuata e dunque impedendo il corretto funzionamento del sistema di riconoscimento.

Limiti dell'algoritmo di riconoscimento

Anche l'algoritmo di riconoscimento necessita di particolari condizioni per funzionare correttamente. Il riconoscimento di un volto si basa fondamentalmente su una misura di distanza fra questo e un insieme di campioni.

Caratteristiche come l'espressione del volto, la rotazione orizzontale e verticale dello stesso, la presenza o meno di occhiali e l'illuminazione devono restare costanti tra la fase di acquisizione dei campioni e la successiva fase di riconoscimento.

In particolare il sistema si è mostrato molto sensibile alle variazioni di illuminazione. É intuitivo infatti come una variazione dell'illuminazione determini un cambiamento nel livello di grigio dei pixel dell'immagine, falsando completamente la misura di distanza effettuata e dunque impedendo il corretto funzionamento del sistema di riconoscimento.

Limiti dell'algoritmo di riconoscimento

Anche l'algoritmo di riconoscimento necessita di particolari condizioni per funzionare correttamente. Il riconoscimento di un volto si basa fondamentalmente su una misura di distanza fra questo e un insieme di campioni.

Caratteristiche come l'espressione del volto, la rotazione orizzontale e verticale dello stesso, la presenza o meno di occhiali e l'illuminazione devono restare costanti tra la fase di acquisizione dei campioni e la successiva fase di riconoscimento.

In particolare il sistema si è mostrato molto sensibile alle variazioni di illuminazione. É intuitivo infatti come una variazione dell'illuminazione determini un cambiamento nel livello di grigio dei pixel dell'immagine, falsando completamente la misura di distanza effettuata e dunque impedendo il corretto funzionamento del sistema di riconoscimento.

Parte V

Conclusioni e sviluppi futuri

Concusioni

Lo scopo del lavoro era la realizzazione di un sistema completo e funzionante per il riconoscimento di volti umani in tempo reale. Per raggiungere questo obiettivo si è scelto di utilizzare semplici tecniche di visione computazionale e apprendimento statistico che garantissero un buon compromesso fra rapidità di esecuzione ed efficacia. Possiamo dire che l'obiettivo è stato raggiunto in maniera piuttosto soddisfacente. Il sistema sviluppato è in grado di imparare a riconoscere il volto di un soggetto da un insieme di campioni dello stesso acquisiti precedentemente.

Sviluppi futuri

Il sistema mostra alcuni limiti nel caso in cui le variazioni fra il training-set e le nuove immagini del volto siano cospicue. Allo stato attuale il sistema può essere impiegato per applicazioni che non prevedano una grande variazione nei soggetti e nella scena (tipicamente quindi sessioni di lavoro limitate nel tempo) e non richiedano la gestione di molte persone diverse.

Sviluppi futuri

Il sistema mostra alcuni limiti nel caso in cui le variazioni fra il training-set e le nuove immagini del volto siano cospicue. Allo stato attuale il sistema può essere impiegato per applicazioni che non prevedano una grande variazione nei soggetti e nella scena (tipicamente quindi sessioni di lavoro limitate nel tempo) e non richiedano la gestione di molte persone diverse. I fronti di ricerca su cui concentrarsi riguardano metodi diversi per il confronto fra immagini, ad esempio lo studio dell'estrazione di caratteristiche (feature) del volto che siano invarianti per cambiamenti di condizioni (luce, aspetto del soggetto), oppure metodi di arricchimento dei training-set tramite contributi sintetici, cioè modelli di volti costruiti artificialmente a partire da immagini di volti reali, con variazioni simulate di posa, aspetto e illuminazione.

Riferimenti

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Eigenface
- [2] http://www.na.icar.cnr.it/pubblicazioni/Rapporto%20tecnico%20-%20Enzo_Imposimato%20okx.pdf