



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101999900801064
Data Deposito	16/11/1999
Data Pubblicazione	16/05/2001

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B		

Titolo

METODO DI CLASSIFICAZIONE DI IMMAGINI DIGITALI IN BASE AL LORO CONTENUTO.
--

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana,

con sede a 20041 AGRATE BRIANZA (MILANO) - VIA C. OLIVETTI, 2

Inventori: DE PONTI Mauro, SCHETTINI Raimondo,

BRAMBILLA Carla, VALSASNA Anna,

CIOCCA Gianluigi

*** **** **

099A 000996

La presente invenzione è relativa ad un metodo di classificazione di immagini digitali in base al loro contenuto.

In particolare, la presente invenzione trova vantaggiosa, ma non esclusiva, applicazione nella classificazione di immagini digitali secondo le seguenti tre classi di immagine: fotografie, testi e grafici, cui la trattazione che segue farà riferimento senza per questo perdere in generalità.

Come è noto, Internet e il Web sono diventati gli abilitatori chiave che hanno motivato e reso possibile la rivoluzione nella gestione di tutti i passi necessari per l'utilizzo di immagini in formato digitale. Questa emergente struttura di gestione delle immagini in formato digitale dipende dall'effettiva realizzazione di tre fasi fondamentali: l'acquisizione delle immagini, il co-

CERBARO Elena
[iscrizione Albo nr 426/AM]

cosiddetto "digital way-in", la riutilizzazione dell'immagine, il cosiddetto "digital recirculation", ed il "rendere" le immagini fra dispositivi eterogenei (monitor, stampante, ecc.), il cosiddetto "digital way-out", ossia l'elaborazione delle immagini per un fine specifico, come ad esempio la stampa o l'archiviazione.

Una classificazione delle immagini digitali in base al loro contenuto è diventata ormai una esigenza irrinunciabile per un'accurata descrizione ed uso delle immagini digitali stesse, in particolare modo per l'adozione delle strategie di elaborazione delle immagini più adatte per soddisfare la sempre maggiore richiesta di qualità dell'immagine, velocità di trasmissione e facilità d'uso in applicazioni basate su Internet, quali, ad esempio, il miglioramento delle immagini digitali stesse, ossia il cosiddetto "image enhancement", il processamento del colore, la compressione di immagine, ecc.

Attualmente, una delle metodologie utilizzate per la classificazione delle immagini in formato digitale in base al loro contenuto è essenzialmente basata su un approccio di tipo euristico implementato mediante sistemi esperti. In altre parole, tale metodologia prevede in sostanza di determinare il contenuto dell'immagine analizzando l'immagine digitale in regioni di dimensioni variabili secondo direzioni e regole di scansione pre-

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BWJ

fissate mediante un algoritmo del tipo "if... then... else...", ossia valutando il significato della regione di interesse alla luce delle caratteristiche delle regioni precedenti o adiacenti, nonché tramite la verifica di una sequenza strutturata di condizioni di appartenenza a una o più regole.

Sebbene largamente utilizzata, questa metodologia presenta alcuni inconvenienti: il primo inconveniente è costituito dalla complessità computazionale richiesta per l'analisi dell'elevato numero di pixel di una immagine, con gli ulteriori evidenti inconvenienti in termini di tempi e costi ad essa associati; il secondo inconveniente è costituito dalla estremamente complessa ottimizzazione a cui tale metodologia può essere soggetta; il terzo inconveniente è costituito dalla sostanziale impossibilità di ottimizzare l'analisi utilizzando architetture di tipo parallelo; ed il quarto inconveniente è dovuto alla non estremamente elevata "robustezza" intrinseca della metodologia, causata dalla ineliminabile possibilità di non considerare, nell'algoritmo del tipo "if... then... else...", particolari casistiche che possono presentarsi nelle immagini.

Scopo della presente invenzione è quello di realizzare un metodo di classificazione di immagini digitali in base al loro contenuto esente dagli inconvenienti dei

metodi noti.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un metodo di classificazione di immagini digitali in base al loro contenuto, come definito nella rivendicazione 1.

Per una migliore comprensione della presente invenzione viene ora descritta una forma di realizzazione preferita, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento alle figure allegate, in cui:

- la figura 1 mostra un diagramma di flusso relativo al metodo di classificazione di immagini digitali oggetto della presente invenzione; e

- la figura 2 mostra un diagramma di flusso relativo alla costruzione di un classificatore strutturato ad albero binario utilizzato nel presente metodo di classificazione.

Si sottolinea innanzitutto il fatto che nella seguente trattazione il termine "immagini" indicherà non soltanto le immagine complete ma anche le sottoimmagini ottenute suddividendo una immagine.

Nella figura 1 è illustrato un diagramma di flusso relativo al metodo di classificazione di immagini digitali oggetto della presente invenzione.

Secondo quanto illustrato in tale figura, il presente metodo di classificazione prevede di:

- definire un set di N descrittori a basso livello

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BW)

("low-level features") descrittivi, nel loro insieme, il contenuto semantico di un'immagine, i quali sono costituiti da grandezze ricavabili dall'immagine tramite espressioni logico-matematiche note a priori e la loro scelta dipende dalle classi di immagine utilizzate per la classificazione (blocco 10);

- indicizzare quindi l'immagine da classificare allo scopo di estrarre da essa un vettore di descrittori $X=[X_1, X_2, \dots, X_N]$ formato dai valori assunti, in detta immagine, dagli N descrittori (blocco 20); ed

- elaborare, nel modo descritto più in dettaglio in seguito, il vettore dei descrittori X secondo un algoritmo di elaborazione al fine di identificare la classe dell'immagine (blocchi 30-50).

In particolare, la scelta dei descrittori è un fattore essenziale per una buona classificazione dell'immagine in base al suo contenuto pittorico ("pictorial content"). I seguenti criteri di scelta hanno pilotato lo studio sistematico effettuato dalla richiedente al fine di determinare i descrittori dell'immagine più adatti a descriverne il contenuto in termini di colore, contrasto e forma (si vedano anche le pubblicazioni 1) "A relevance feedback mechanism for content-based image retrieval" di P. Ciocca e R. Schettini, Information Processing and Management 35, pp. 605-

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BMJ)

632, 1999 e 2) "A method for the automatic indexing of color images for effective image retrieval" di I. Gagliardi e R. Schettini, The New Review of Hypermedia and Multimedia 3, pp. 201-224, 1997):

- potere discriminante (il parametro caratteristico presenta una varianza piccola all'interno di ciascuna classe e le distanze fra i suoi valori medi in classi differenti sono elevate); e

- efficienza (il parametro caratteristico può essere rapidamente processato).

Lo studio effettuato dalla richiedente utilizzando i criteri di scelta sopra menzionati ha portato all'individuazione dei descrittori qui di seguito elencati, i quali, secondo un aspetto della presente invenzione, costituiscono una sorta di libreria di descrittori fra i quali vengono scelti, in funzione delle classi di immagine fra cui si vuole effettuare la classificazione, gli N descrittori utilizzati per l'indicizzazione dell'immagine:

- a) l'istogramma di colore nello spazio di colore HSV (dall'inglese Hue Saturation Value) quantizzato a 64 colori;

- b) i vettori di coerenza di colore (CCV, dall'inglese Color Coherence Vectors) nello spazio di colore HSV quantizzato a 64 colori; i pixel di colore

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BM

vengono definiti coerenti o incoerenti a seconda che essi appartengano o meno a regioni similmente colorate (ossia di uno stesso colore) aventi un'ampiezza maggiore di una soglia; per maggiori dettagli si veda ad esempio "Comparing Images Using Color Coherence Vectors" di G. Pass, R. Zabih ed J. Miller, ACM Multimedia 96, pp. 65-73, 1996;

c) l'istogramma della transizione di colore quantizzato a 11 colori nello spazio di colore HSV (in particolare rosso, arancione, giallo, verde, blu, porpora, rosa, marrone, nero, grigio e bianco); per maggiori dettagli si veda ad esempio "A method for the automatic indexing of color images for effective image retrieval" di I. Gagliardi e R. Schettini, The New Review of Hypermedia and Multimedia 3, pp. 201-224, 1997;

d) i momenti di inerzia della distribuzione dei colori nello spazio colore HSV non quantizzato; per maggiori dettagli si veda ad esempio "Similarity of Color Images" di M.A. Stricker e M. Orengo, Paper presented at the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases III Conference, 1995;

e) i momenti di inerzia (valore medio, varianza e "skewness") e la curtosi della luminanza dell'immagine;

f) la percentuale di pixel non colorati nell'immagine;

g) il numero di colori dell'immagine nello spazio di colore HSV quantizzato a 64 colori;

h) le informazioni statistiche sui bordi dell'immagine estratti per mezzo dell'algoritmo di Canny, in particolare:

h1) la percentuale di pixel di bordo a basso, medio ed alto contrasto nell'immagine;

h2) le soglie parametriche sul modulo del vettore gradiente corrispondente a bordi a medio ed alto contrasto;

h3) il numero di regioni connesse identificate da contorni chiusi ad alto contrasto; e

h4) la percentuale di pixel di bordo a medio contrasto connessi a bordi ad alto contrasto;

i) l'istogramma delle direzioni dei bordi estratte per mezzo del rilevatore di bordo di Canny (quindici barre o intervalli, avente ciascuna una ampiezza angolare di 12° , sono state usate per rappresentare l'istogramma); per maggiori dettagli si veda ad esempio "A relevance feedback mechanism for content-based image retrieval" di P. Ciocca e R. Schettini, Information Processing and Management 35, pp. 605-632, 1999;

j) il valor medio e la varianza dei valori assoluti dei coefficienti delle sottoimmagini dei primi tre livelli di risoluzione della trasformata "wavelet" con ba-

se di Daubechies della luminanza dell'immagine; per maggiori dettagli si veda ad esempio "Wavelet-based Texture Analysis" di P. Scheunders, S. Livens, G. Van de Wouwer, P. Vautrot e D. Van Dyke, International Journal Computer Science and Information management, 1997;

k) la stima delle caratteristiche di tessitura dell'immagine basate sulla matrice NGTDM (dall'inglese Neighborhood Gray-Tone Difference Matrix), in particolare la granulosità ("coarseness"), il contrasto ("contrast"), la rumorosità ("busyness"), la complessità ("complexity") e lo "strenght" (grandezza utilizzata nell'analisi della tessitura dell'immagine); per maggiori dettagli si veda ad esempio 1) "Textural features corresponding to textural properties" di M. Amadasun e R. King, IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics 19, pp. 1264-1274, 1989; e 2) "Textural features corresponding to visual perception" di H. Tamura, S. Mori e T. Yamawaki, IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics 8, pp. 460-473, 1978);

m) l'istogramma cromatico-spaziale delle regioni di colore identificate per mezzo del processo di quantizzazione a 11 colori dello spazio HSV (per maggiori dettagli si veda la summenzionata pubblicazione "A relevance feedback mechanism for content-based image retrieval"), in particolare:

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BMI)

m1) le coordinate del baricentro dei colori; e
m2) la dispersione delle regioni di colore
(regioni di pixel con lo stesso colore) rispetto ai
loro baricentri;

n) la composizione spaziale delle regioni di colore
identificate per mezzo del processo di quantizzazione a
11 colori (per maggiori dettagli si veda la summenziona-
ta pubblicazione "A relevance feedback mechanism for
content-based image retrieval), in particolare:

n1) la frammentazione (il numero di regioni di
colore);

n2) la distribuzione delle regioni di colore
rispetto al centro dell'immagine; e

n3) la distribuzione delle regioni di colore
rispetto all'asse x e rispetto all'asse y.

Come si può osservare, il numero totale di descrit-
tori è relativamente elevato (389) - ma non necessaria-
mente vincolato - dato che sono usati alcuni istogrammi
di direzione e colore che hanno dimensioni intrinseca-
mente grandi; tuttavia, la natura estremamente differen-
te dei descrittori consente di limitare il rischio di
avere immagini molto differenti fra loro che vengano
classificate nella medesima classe.

Come precedentemente detto, successivamente alla
indicizzazione dell'immagine da classificare, il vettore

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMJ

dei descrittori X viene elaborato secondo un algoritmo di elaborazione al fine di identificare la classe dell'immagine.

In particolare, l'elaborazione del vettore dei descrittori X prevede di:

- suddividere lo spazio dei descrittori (spazio vettoriale), definito dagli N descrittori selezionati, in un numero finito di regioni di classificazione, a ciascuna delle quali è associata una rispettiva classe di immagine e ciascuna delle quali è il luogo dei punti dello spazio dei descrittori definito da un insieme finito di condizioni poste su una o più componenti del vettore dei descrittori X, ossia, in altri termini, il luogo dei punti dello spazio dei descrittori in cui i valori assunti da una o più componenti del vettore dei descrittori X soddisfano predeterminate relazioni con rispettivi valori di soglia (blocco 30);

- associare il vettore dei descrittori X estratto dall'immagine da classificare allo spazio dei descrittori ed identificare quindi, fra le varie regioni di classificazione in cui lo spazio dei descrittori è suddiviso, una specifica regione di classificazione contenente il vettore dei descrittori X (blocco 40); e

- identificare la classe di immagine associata alla specifica regione di classificazione identificata (bloc-

co 50), la classe dell'immagine sottoposta a classificazione essendo quindi quella associata alla specifica regione di classificazione identificata.

La metodologia di classificazione descritta con riferimento ai blocchi 30-50 viene nella pratica implementata utilizzando un classificatore strutturato ad albero binario, il quale viene convenientemente costruito secondo la nota metodologia "Cart"; per una trattazione dettagliata di questa metodologia si rimanda ai seguenti testi:

1) "Classification and Regression Trees" di L. Breiman, J.H. Friedman, R.A. Olshen e C.J. Stone, Wadsworth and Brooks/Cole, Pacific Grove, California, 1984; e

2) "Pattern Recognition and Neural Networks" di B.D. Ripley, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

È stata scelta la metodologia Cart in quanto essa consente di gestire qualsiasi combinazione di descrittori scelti fra il suddetto elenco e la coesistenza di relazioni diverse fra i descrittori in differenti regioni di classificazione dello spazio delle caratteristiche di immagine.

Inoltre, la metodologia Cart fornisce una chiara caratterizzazione delle condizioni che pilotano la classificazione, cioè delle condizioni che determinano quando una immagine appartiene ad una determinata classe di

CERBARO Elena
[iscrizione Albo nr 426/BMI]

immagini piuttosto che ad un'altra.

La procedura di costruzione del classificatore strutturato ad albero prevede essenzialmente di effettuare una partizione binaria recursiva dello spazio dei descrittori secondo un criterio di partizione binario predeterminato, dal quale vengono desunte le summenzionate condizioni che pilotano la suddivisione dello spazio dei descrittori nelle regioni di classificazione.

In particolare, con riferimento alla figura 2, la costruzione del classificatore strutturato ad albero binario prevede di:

- definire un set di immagini di addestramento comprendente, per ciascuna classe di immagine, una pluralità di immagini aventi differenti caratteristiche (blocco 70);

- indicizzare ciascuna delle immagini di addestramento per estrarre da ciascuna di esse un rispettivo vettore dei descrittori, le cui componenti sono costituite dai valori assunti, per detta immagine di addestramento, dai suddetti N descrittori (blocco 80); e

- costruire il suddetto classificatore strutturato ad albero binario effettuando una procedura di partizione binaria recursiva basata sui vettori dei descrittori estratti dalle immagini di addestramento e su di un criterio di partizione prefissato (blocco 90).

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BMJ)

Nella terminologia propria dei processi di costruzione degli alberi, lo spazio dei descrittori definito dagli N descrittori è il nodo radice mentre le varie regioni di classificazione sono i nodi terminali o foglie dell'albero, ciascuno dei quali è etichettato con una relativa classe di immagine.

La classificazione di una immagine viene in pratica effettuata fornendo in ingresso al classificatore strutturato ad albero binario il vettore dei descrittori $\underline{X}$ di una immagine, percorrendo quindi il classificatore fino a giungere ad un nodo terminale e di associare all'immagine sottoposta a classificazione la classe di immagine costituita dall'etichetta attaccata al nodo terminale entro il quale il vettore dei descrittori $\underline{X}$ è finito.

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMJ

La procedura di costruzione di un classificatore strutturato ad albero binario è sostanzialmente definita da tre regole:

- il criterio di suddivisione dei nodi adottato;
- il criterio di terminazione della procedura di costruzione; e
- il criterio di etichettamento dei nodi terminali.

In particolare:

- il criterio di etichettamento dei nodi terminali è tale da minimizzare la probabilità di errata classifi-

cazione delle immagini oppure i costi attesi derivanti da una errata classificazione delle immagini;

- il criterio di suddivisione è tale da rendere più omogenei al loro interno i due nodi figli derivati da un nodo padre in termini di tipologia di immagini in essi contenute; e

- il criterio di terminazione della procedura di costruzione è definito dal raggiungimento di una dimensione minima dei nodi (ossia il raggiungimento di un numero minimo di immagini all'interno di ciascun nodo).

Uno dei problemi chiave del processo di suddivisione dei nodi è come definire la bontà della suddivisione. L'approccio più largamente utilizzato è quello di selezionare la suddivisione che faccia sì che i dati contenuti nei nodi figli siano più "omogenei" dei dati contenuti nel nodo padre. Una funzione che definisce una misura della bontà della suddivisione è la funzione "impurità dei nodi", la quale misura in pratica il "disordine" delle classi di immagine all'interno del nodo e tanto più piccola è l'impurità di un nodo tanto più elevata è la bontà della suddivisione.

In altri termini, per effettuare la suddivisione di un nodo vengono prima di tutto generate una pluralità di possibili suddivisioni imponendo un insieme finito di condizioni su ogni componente del vettore dei descritto-

ri e fra le varie possibilità di suddivisione viene scelta quella che massimizza la differenza fra l'impurità del nodo padre e le impurità dei nodi figli.

Un'altra funzione utilizzabile per misurare la bontà di una suddivisione di un nodo è la riduzione della devianza; per una trattazione più dettagliata si rimanda ai seguenti testi:

1) "Tree-based models" di L.A. Clark e D. Pregibon, Statistical Models in S., J.M. Chambers and T.J. Hastie (eds.), pp. 377-419, Chapman and Hall, London, 1992; e

2) "Generalized Linear Models" di P. McCullagh e J.A. Nelder, Chapman and Hall, London, 1989.

In generale, i classificatori strutturati ad albero possono essere molto grossi, sovraccarichi di dati anche se definenti modelli poveri della struttura del problema. Uno dei vantaggi significativi della metodologia Cart è che "l'albero esplorativo" ottenuto originariamente può essere sfoltito e la procedura di sfoltimento produce una sequenza di sottoalberi, le prestazioni di ciascuno dei quali, in termini di probabilità di errata classificazione, o di costi attesi derivanti da una errata classificazione, sono valutate sulla base di set di immagini di test non presenti nel set di immagini di addestramento o per mezzo del cosiddetto approccio di validazione incrociata ("cross-validation approach") ap-

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

plicato al set di immagini di addestramento.

L'utilizzo, come classificatori, degli alberi migliori della sequenza di alberi sfoltiti, invece degli alberi esplorativi, fornisce classificatori più economici e riduce la forte dipendenza delle predizioni dal set di immagini di addestramento.

Il presente metodo di classificazione è stato sottoposto dalla richiedente ad un test su problema di classificazione cosiddetto ad alto livello in cui occorreva distinguere fotografie da grafici e testi.

In particolare, il test è stato effettuato utilizzando sia il set di immagini di addestramento utilizzate per la costruzione del classificatore sia un set di immagini di set del tutto scorrelato ed indipendente dal set di immagini di addestramento.

In dettaglio, per il test è stato utilizzato un database di immagini formato da 4500 immagini provenienti da varie sorgenti: immagini scaricate dal Web o acquisite per mezzo di uno scanner e versioni "bitmap" di pagine elettroniche. In particolare, il database di immagini comprendeva 2600 fotografie, 1300 grafici e 700 testi.

Le varie immagini differivano nella dimensione (variabile fra 120x120 e 1500x1500 pixel), nella risoluzione e nella profondità tonale. Le classi di fotografie includevano fotografie di scene realizzate in interni e

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

in esterni, paesaggi, gente e cose; la classe di grafici comprendeva standardi, logotipi, mappe, schizzi e grafici fotorealistici; la classe dei testi comprendeva invece testi manoscritti digitalizzati, testi in bianco e nero e a colori, scannerizzati o generati a computer in vari caratteri. Le classi dei testi e dei grafici comprendevano immagini, quali ad esempio testi con sfondo altamente colorato, o solamente poche parole in larghi caratteri, e grafici fotorealistici, la cui classificazione può essere particolarmente difficoltosa.

Inizialmente sono stati costruiti alcuni alberi esplorativi utilizzando diversi set di immagini di addestramento composti da circa 1600 immagini (circa 700 fotografie, 600 grafici e 300 testi) estratte casualmente dal suddetto database; in tutti gli esperimenti le immagini non comprese nel set di immagini di addestramento sono state usate per formare un set di immagini di test.

Negli esperimenti effettuati utilizzando il set di immagini di addestramento e gli alberi esplorativi, le percentuali di corretta classificazione delle immagini sono state le seguenti: fotografie 95%-97%; grafici 91%-93%; testi 94%-97%, mentre negli esperimenti effettuati utilizzando il set di immagini di test e gli alberi esplorativi, le percentuali di corretta classificazione delle immagini sono state le seguenti: fotografie 90%-

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

91%; grafici 80%-85%; testi 89%-91%.

Sono poi stati ripetuti tali esperimenti utilizzando alberi sfoltiti ottenuti eliminando quei descrittori che catturavano caratteristiche puramente locali, quali, ad esempio, gli istogrammi dei colori e delle direzioni dei bordi, ottenendo così un set di 72 descrittori.

Negli esperimenti effettuati utilizzando gli alberi sfoltiti si è avuto un aumento medio della probabilità di corretta classificazione del 4% per le foto e del 3% per i grafici; in particolare, utilizzando il set di immagini di addestramento, le percentuali di corretta classificazione delle immagini sono aumentate e sono state le seguenti: fotografie 97%-98%; grafici 93%-95%; testi 93%-96%, mentre il set di immagini di test, le percentuali di corretta classificazione delle immagini sono state le seguenti: fotografie 94%-95%; grafici 84%-87%; testi 88%-91%.

Da un esame delle caratteristiche del metodo di classificazione realizzato secondo la presente invenzione sono evidenti i vantaggi che esso consente di ottenere.

In particolare, si sottolinea il fatto che i risultati sorprendenti sopra illustrati sono ottenibili con uno sfruttamento delle risorse computazionali molto inferiore a quello necessario per l'implementazione dei

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/AMJ

metodi secondo l'arte nota in quanto l'unico vero sforzo computazionale è costituito dalla costruzione del classificatore strutturato ad albero, la quale avviene una volta sola ed al di fuori del flusso di esecuzione in fase di utilizzo del metodo.

Inoltre il presente metodo di classificazione è altamente ottimizzabile e modulare, si presta ad una implementazione attraverso strutture architettoniche di tipo parallelo ed è estremamente "robusto", in quanto l'utilizzo di un classificatore strutturato ad albero elimina del tutto la possibilità di non prendere in considerazione particolari casistiche che possono presentarsi nelle immagini.

Risulta infine chiaro che al metodo di classificazione qui descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione.

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BM

R I V E N D I C A Z I O N I

1. Metodo di classificazione di immagini in formato digitale in base al loro contenuto, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

- definire un set di descrittori a basso livello^a descriventi il contenuto semantico dell'immagine, detti descrittori essendo grandezze ricavabili dall'immagine tramite espressioni logico-matematiche note a priori e la scelta di detti descrittori dipendendo dalle classi di immagine utilizzate nella classificazione;

- suddividere lo spazio dei descrittori definito da detti descrittori in un numero finito di regioni di classificazione, a ciascuna di dette regioni di classificazione essendo associata una rispettiva classe di immagine e ciascuna di dette regioni di classificazione essendo il luogo dei punti di detto spazio dei descrittori definito da un insieme finito di condizioni poste su almeno una componente di detto vettore dei descrittori;

- indicizzare una immagine da classificare per estrarre da essa un vettore dei descrittori le cui componenti sono costituite dai valori assunti, in detta immagine, da detti descrittori;

- identificare, fra dette regioni di classificazione, una specifica regione di classificazione contenente detto vettore dei descrittori; e

- identificare la classe di immagine associata a detta specifica regione di classificazione.

2. Metodo di classificazione secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti descrittori di detto set sono scelti nel gruppo comprendente:

a) l'istogramma di colore nello spazio di colore HSV quantizzato a 64 colori;

b) i vettori di coerenza di colore nello spazio di colore HSV quantizzato a 64 colori;

c) l'istogramma della transizione di colore quantizzato a 11 colori nello spazio di colore HSV;

d) i momenti di inerzia della distribuzione dei colori nello spazio di colore HSV non quantizzato;

e) i momenti di inerzia e la curtosi della luminosità dell'immagine;

f) la percentuale di pixel non colorati nell'immagine;

g) il numero di colori dell'immagine nello spazio di colore HSV quantizzato a 64 colori;

h) le informazioni statistiche sui bordi dell'immagine estratti per mezzo dell'algoritmo di Canny, in particolare:

h1) la percentuale di pixel di bordo a basso, medio ed alto contrasto nell'immagine;

h2) le soglie parametriche sull'intensità del gra-

diente corrispondente a bordi a medio ed alto contrasto;

h3) il numero di regioni connesse identificate da contorni chiusi ad alto contrasto; e

h4) la percentuale di pixel di bordo a medio contrasto connessi a bordi ad alto contrasto;

i) l'istogramma delle direzioni dei bordi estratte per mezzo del rilevatore di bordo di Canny;

j) il valor medio e la varianza dei valori assoluti dei coefficienti delle sottoimmagini dei primi tre livelli di risoluzione della trasformata "wavelet" con base di Daubechies della luminanza dell'immagine;

k) la stima delle caratteristiche di tessitura dell'immagine basate sulla matrice NGTDM (Neighborhood Gray-Tone Difference Matrix), in particolare la granulosità, il contrasto, la rumorosità, la complessità e lo "strenght";

m) l'istogramma cromatico-spaziale delle regioni di colore identificate per mezzo del processo di quantizzazione a 11 colori dello spazio HSV, in particolare:

m1) le coordinate del baricentro dei colori; e

m2) la dispersione delle regioni di colore rispetto ai loro baricentri;

n) la composizione spaziale delle regioni di colore identificate per mezzo del processo di quantizzazione a 11 colori, in particolare:

n1) frammentazione;

n2) distribuzioni delle regioni di colore rispetto al centro dell'immagine; e

n3) distribuzione delle regioni di colore rispetto all'asse x e rispetto all'asse y.

3. Metodo di classificazione secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detta fase di suddividere detto spazio dei descrittori comprende la fase di:

- costruire un classificatore strutturato ad albero partizionando recursivamente detto spazio dei descrittori secondo un determinato criterio di partizione.

4. Metodo di classificazione secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detto classificatore è un classificatore strutturato ad albero binario.

5. Metodo di classificazione secondo la rivendicazione 3 o 4, caratterizzato dal fatto che detto classificatore strutturato ad albero è costruito utilizzando la metodologia Cart.

6. Metodo di classificazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 3 a 5, caratterizzato dal fatto che detta fase di costruire un classificatore strutturato ad albero comprende le fasi di:

- definire un set di immagini di addestramento comprendente, per ciascuna classe di immagine, una plurali-

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

tà di immagini aventi differenti caratteristiche;

- indicizzare ciascuna di dette immagini di addestramento per estrarre, da ciascuna di esse, un rispettivo detto vettore dei descrittori;

- costruire detto classificatore strutturato ad albero a partire dai vettori di immagine estratti da dette immagini di addestramento e a detto determinato criterio di partizione.

7. Metodo di classificazione secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta fase di costruire detto classificatore strutturato ad albero comprende la fase di:

- etichettare nodi terminali di detto classificatore secondo un criterio di etichettamento minimizzante la probabilità di classificazione errata di una immagine.

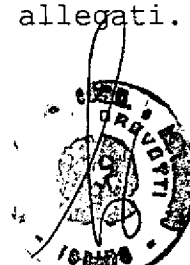
8. Metodo di classificazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 3 a 7, caratterizzato dal fatto che detto criterio di partizione è tale da rendere più omogenei al loro interno i due nodi figli derivanti dalla suddivisione di un nodo padre in termini di tipologia di immagini in essi contenute.

9. Metodo di classificazione di una immagine in formato digitale in base al suo contenuto, sostanzialmente come descritto con riferimento ai disegni allegati.

p. i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

CERBARO Elena
CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)



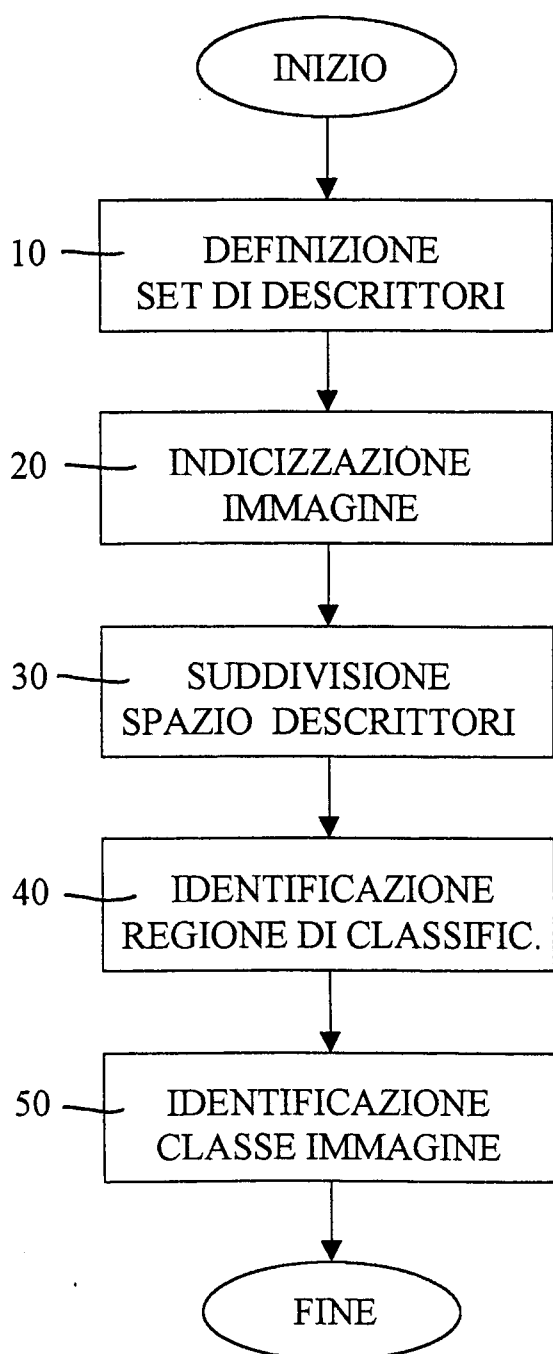


FIG. 1

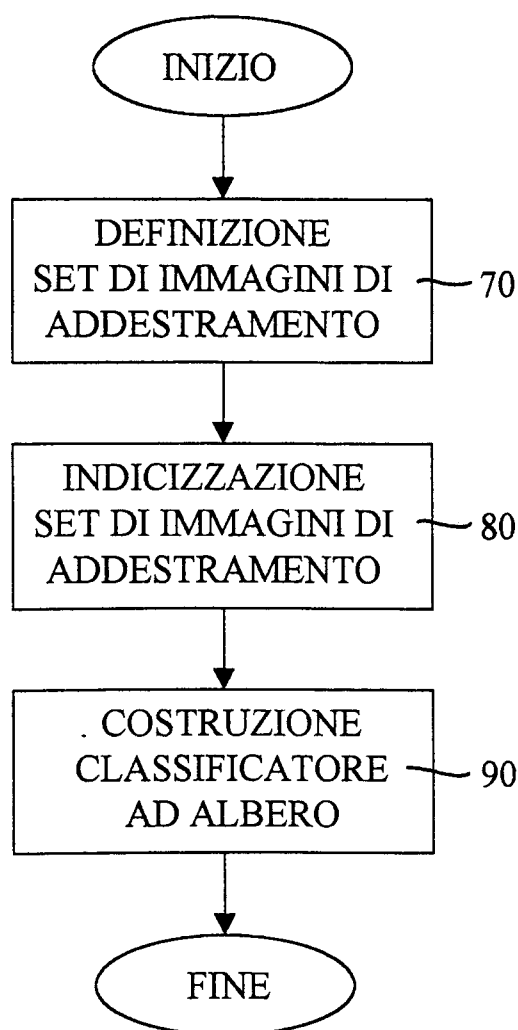


FIG. 2

