

RECUNOAȘTEREA FORMELOR ȘI CLASIFICAREA AUTOMATĂ A IMAGINILOR, O MODELARE ÎN PATRU PAȘI

Ioan ISPAS

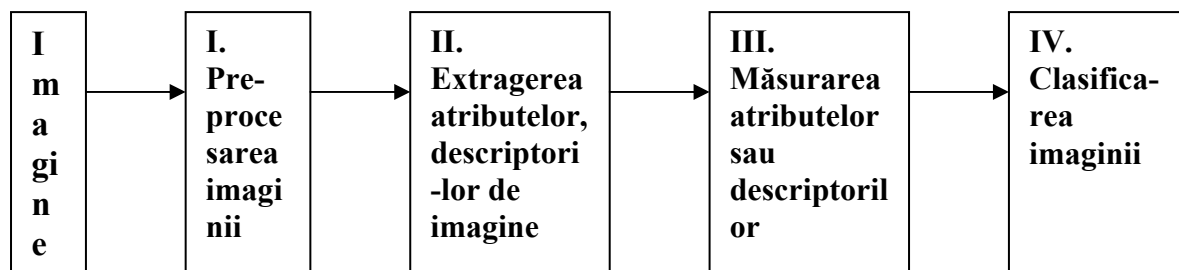
Abstract

Problema clasificării automate a imaginilor pe baza recunoașterii formelor din imagini este o problemă de importanță strategică în multe domenii de mare interes. Sistematizarea metodelor și informațiilor care tratează acest subiect este un demers foarte dificil dar în același timp necesar. Contribuția noastră este tocmai realizarea acestui efort ce permite o viziune de ansamblu asupra problemei studiate și creează premisele pentru modelarea acesteia.

Clasificarea automată a imaginilor este o problemă de importanță strategică în multe domenii de mare interes. Rezolvarea ei se bazează pe metodele de recunoaștere a formelor sau a conținutului din imagini. Demersul original al acestor pagini este de a sistematiza mulțimea abordărilor existente pentru a permite obținerea unei baze în vederea modelării acestei probleme.

Parcurgând atent literatura de specialitate putem concluziona că recunoașterea și clasificarea imaginilor este un proces ce se desfășoară în patru pași – etape - esențiali și inevitabili. Evidențierea acestor patru etape ale procesului de recunoaștere și clasificare a imaginilor permite apoi sistematizarea garadată a tuturor metodelor existente.

Schema procesului de recunoaștere și clasificare automată a imaginilor este următoarea:



I. Preprocesarea imaginii. Prin această etapă de preprocesare se înțelege de fapt aplicarea, unor algoritmi DIP specializați de îmbunătățire a calității imaginii.

II. Extragerea atributelor sau descriptorilor de imagine (*feature extraction*). Este etapa cheie, este cea care dă măsura performanțelor și a profesionalismului aplicației de

recunoaștere. Alegerea unor atribute sau caracteristici cât mai potrivite este cheia succesului algoritmilor de recunoaștere. Rezultatul final al acestei etape este un vector de n atribute extrase (v_1, v_2, \dots, v_n) nu neapărat numerice.

III. Măsurarea atributelor sau descriptorilor (*feature/pattern measurement*).

Această etapă este bine tratată teoretic deoarece există un aparat matematic bine pus la punct – *Teoria măsurii* – cu ajutorul căruia se pot introduce diferite metrici n -dimensionale sau metode discriminative eficiente. Rezultatul final al acestei etape este de obicei o valoare numerică uni- sau multi-dimensională (un vector) privită ca fiind "distanța" vectorului de atribute față de granițele regiunilor (borders) sau față de "bornele" de clasificare.

IV. **Clasificarea imaginii (*pattern classification*)**. Este etapa finală în care se colaborează rezultatele măsurătorilor multiple anterioare (realizate cu mai multe metrici diferite). Ea stabilește apartenența formei, obiectului sau imaginii - descrise prin vectorul de atribute -la o clasă de imagini, pe baza unor *criterii matematice sau funcții de apartenență*. Rezultatul final al etapei de clasificare este numărul C al clasei de apartenență sau direct denumirea ei.

Pe baza pașilor III și IV, literatura de specialitate grupează modelele și metodele generale de recunoaștere și clasificare în patru mari categorii sau strategii, denumite *abordări (pattern recognition approaches)* [2, pag.6] :

- A. Recunoașterea prin potrivirea cea mai bună (*template matching approach*);
- B. Recunoașterea prin metode statistice (*statistical approach*);
- C. Recunoașterea cu ajutorul rețelelor neuronale (*neural networks approach*);
- D. Recunoașterea sintactică sau structurală (*syntactic or structural approach*);

Există și o altă clasificare în doar două mari categorii [1, pag.XIV]:

- A. Recunoașterea bazată pe metode teoretice de decizie (*decision-theoretic methods*);
- B. Recunoașterea sintactică sau structurală (*syntactic or structural methods*);

Tabelele ce urmează sintetizează și descriu informațiile despre cele patru strategii de modelare a problemei recunoașterii și clasificării automate a imaginilor.

| Strategia de abordare / Modelarea matematică | Modele de reprezentare a atributelor (descriptorilor) | Modele / funcții de discriminare (recunoaștere) | Modele / criterii (condiții) de discriminare |
|---|---|---|--|
| Potrivirea cea mai bună (<i>Template matching approach</i>) | mostre de pixeli, contururi, forme | funcția de corelație, diferite metrice | Minimizarea erorii/maximizarea a potrivirii |
| Metode statistice (<i>Statistical approach</i>) | valori numerice, contururi, forme | funcția de discriminare | Minimizarea pierderii (riscului) |
| Rețele neuronale (<i>Neural networks approach</i>) | forme și mărimi numerice de antrenament | funcție de decizie neuronală | Minimizarea erorii la învățare |
| Sintactică / structurală (<i>Syntactic / structural approach</i>) | șiruri de coduri (simboluri) | reguli de derivare (sintactice) | arbore de derivare sintactică |

În articolele de specialitate pe această temă se oferă explicit strategiile de modelare folosite, numite tehnici, metode sau abordări. Astfel, [4] oferă trei strategii generale de recunoaștere și regăsire a imaginilor: 1. *the signature-based technique*, 2. *the partition-based approach*, 3. *the cluster-based approach*.

[5] propune o clasificare asemănătoare, tot în trei mari strategii: 1. *text-based retrieval*, 2. *content-based retrieval*, 3. *semantic-based retrieval*. Sunt trecute în revistă metodele utilizate de sistemele automate de recunoaștere și regăsire a imaginilor existente pe piață. Există șase criterii generale de căutare /recunoaștere /regăsire: 1. *Color Content (CC)*, 2. *Shape Content (SC)*, 3. *Texture Content (TC)*, 4. *Color Structure (CS)*, 5. *Brightness Structure (BS)*, 6. *Aspect Ratio (AR)*.

Există însă și alte abordări, particulare [3]: *Component Classification using Fuzzy Approach*, *User and Task-Based Approach*, *Contextual Clues and Automatic Pseudofeedback*, *Relevance Feedback*, etc.

| Etapa în procesul recunoașterii → Modelul /Strategia de abordare ↓ | I. Preprocesare a imaginii | II. Extragerea atributelor (<i>feature extraction</i>) | III. Măsurarea atributelor (<i>feature measurement</i>) | IV. Clasificarea (<i>pattern classification</i>) |
|--|---|---|---|--|
| A. Potrivirea cea mai bună (<i>Template matching approach</i>) | <ul style="list-style-type: none"> restaurarea imaginii, îmbunătățirea calității, amplificarea contrastului; eliminarea parazitilor și a "zgomotului" (<i>noise reduction</i>); transformarea Fourier a imaginii, folosită mai ales pentru analizarea texturii | <p>algoritmi morfologici: <i>dilatare, eroziune, umplere, înfășurătoarea convexă, scheletizare</i>;</p> <p>algoritmi de segmentare a imaginii: <i>detectarea discontinuităților - puncte, linii, muchii (edges), conectarea segmentelor (edge linking), determinarea conturilor (boundries), filtre globale și adaptative (thresholdings), histograma</i>;</p> <p>algoritmi de reprezentare și descriere a formelor: <i>descrierea conturilor, momente statistice invariante,</i></p> | algoritmi de determinare a potrivirii: <i>minimum distance classifier, matching by correlation</i> | algoritmi de determinare a graniței (<i>decision boundary</i>) între clase; |
| B. Modelare prin metode statistice (<i>Statistical approach</i>) | | | metode statistice de minimizare a pierderii (a riscului) (<i>conditional average risk statistical equation</i>) | Algoritmi /funcții de discriminare statistică: <i>funcția Bayes (optimum statistical Bayes classifier)</i> ; |
| C. Modelare prin rețele neuronale (<i>Neural networks approach</i>) | | | perceptroni, metode de antrenare, rețele neuronale multistrat, algoritmi de învățare | metode neuronale de antrenare și învățare, de exemplu <i>training by back-propagation</i> ; |
| D. Modelare sintactică / structurală (<i>Syntactic / structural approach</i>) | | | algoritmi de reprezentare și descriere a formelor: <i>înlănțuire de coduri, aproximări poligonale, semnături, descriptori topologici, shape numbers</i> | gramatici și reguli de derivare sintactică, arbori de derivare (analiză) sintactică, automate finite de recunoaștere |

Fără a epuiza subiectul, în lista următoare apar înșirate alte metode /tehnici /algoritmi folosiți în recunoaștere și clasificare [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Ele combină strategiile de mai sus sau introduc abordări noi, particulare:

Fourier transform for segmentation, Wavelets analysis methods, Multi-level color histogram, Similarity Measure methods, Dominant color classification, Joint histograms, Edge angle distribution, 3D neighborhood graph model, Hough transform based methods, Data covariance matrix based methods, Connected component analysis, Statistical image differences methods, Degradation features based techniques, Clustering methods, Skew estimation methods, Skew detection using morphology, Classification and segmentation using support vector machines, Multilevel thresholding – Region growing – Complex background analysis, Regions of interest based methods, Classification and segmentation using boundary characteristics, etc.

Concluzii

Problema recunoașterii formelor s-a combinat cu *problema clasificării automate a imaginilor* odată cu dezvoltarea deosebită luată de tehnologiile multimedia și de Internet. Din perspectiva modelării matematice fundamentale, această problemă este - într-o mare măsură - o *problemă deschisă*. Cea mai bună dovadă este faptul că, după atâția ani de eforturi asidue, nu se cunoaște o metodă sau o aplicație soft de referință pentru rezolvarea ei.

Există în schimb, așa cum se poate observa și în aceste pagini, o mulțime numeroasă de *modele /abordări /strategii /metode și algoritmi*. Ele “atacă” soluționarea problemei din perspective variate, majoritatea particulare. Niciuna dintre abordări nu conduce însă la o eficiență foarte bună în soluționarea problemei recunoașterii /regăsirii automate a imaginilor.

Lucrarea de față sintetizează, grupează și clasifică cea mai mare parte a modelelor /strategiilor existente pentru a crea premisele necesare modelării matematice a *Problemei recunoașterii formelor și clasificării automate a imaginilor*.

BIBLIOGRAFIE

- [1] - **GONZALEZ R., WOODS R.** - *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2002, 2nd Edit.
- [2] – **A. JAIN, R. DUIN, J. MAO** – *Statistical Pattern Recognition: A Review*, IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 1, January 2000
- [3] **IOAN ISPAS** – *Algoritmi de recunoașterea formelor și clasificarea automată a imaginilor*, Referat, Univ. Babeș-Bolyai, Facultatea de Matematică-Informatică, Cluj-Napoca, 2004
- [4] **KIAN-LEE TAN, BENG CHIN OOI, CHIA YEOW YEE** - *An Evaluation of Color-Spatial Retrieval Techniques for Large Image Databases*, Multimedia Tools and Applications, 14, 55–78, 2001, Kluwer Academic Publishers
- [5] **MARJO MARKKULA, EERO SORMUNEN, MARIUS TICO, BEMMU SEPPONEN AND KATJA NIRKKONEN** - *A Test Collection for the Evaluation of Content-Based Image Retrieval Algorithms - A User and Task-Based Approach*, Information Retrieval, 4, 275–293, 2001, Kluwer Academic Publishers
- [6] **OGE MARQUES, BORKO FURHT** – *MUSE: A Content-Based Image Search and Retrieval System Using Relevance Feedback*, Multimedia Tools and Applications, 17, 21-50, 2002, Kluwer Academic Publishers
- [7] **Y. ALP ASLANDOGAN, CLEMENT T. YU, RAVISHANKAR MYSORE, BO LIU** - *Robust content-based image indexing using contextual clues and automatic pseudofeedback*, Multimedia Systems 9: 548–560 Springer-Verlag 2004
- [8] **KIAN-LEE TAN , BENG CHIN OOI , CHIA YEOW YEE** - *An Evaluation of Color-Spatial Retrieval Techniques for Large Image Databases*, Multimedia Tools and Applications, 14, 55–78, 2001, Kluwer Academic Publishers.
- [9] **A. SRIVASTAVA, A.B. LEE, E.P. SIMONCELLI, S.-C. ZHU** - *On Advances in Statistical Modeling of Natural Images*, Journal of Mathematical Imaging and Vision 18: 17–33, 2003 Kluwer Academic Publishers.

- [10] JOHANNES DAHMEN, DANIEL KEYSERS, HERMANN NEY AND MARK OLIVER GÜLD - *Statistical Image Object Recognition using Mixture Densities*, Journal of Mathematical Imaging and Vision 14: 285–296, 2001, Kluwer Academic Publishers
- [11] MARTIN HECZKO, ALEXANDER HINNEBURG, DANIEL KEIM, MARKUS WAWRYNIUK - *Multiresolution similarity search in image databases*, Digital Object Identifier (DOI) 10.1007/s00530-004-0135-6, Multimedia Systems 10: 28–40, Springer-Verlag 2004
- [12] WEI-YING MA, B. S. MANJUNATH - *NeTra: A toolbox for navigating large image databases*, Multimedia Systems 7: 184–198 (1999) Multimedia Systems, Springer-Verlag, 1999