

ARHITECTURA UNUI SISTEM DE RECUNOAȘTERE A CARACTERELOR SCRISE DE MÂNĂ

dr. ing. Mihaela M. Oprea

Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Catedra de Informatică

Rezumat: Lucrarea prezintă arhitectura unui sistem de recunoaștere a caracterelor scrise de mână, sistem dezvoltat în cadrul proiectului de cercetare INFOSOC, contract nr. 58/2002.

Cuvinte cheie: recunoașterea formelor, recunoașterea caracterelor scrise de mână.

1. Introducere

Dezvoltarea unor sisteme robuste de recunoaștere a caracterelor scrise de mână reprezintă una din direcțiile prioritare ale inteligenței artificiale, aplicate în implementarea unor interfețe om-calculator cât mai prietenoase. Există la ora actuală o serie de sisteme de recunoaștere on-line sau off-line a caracterelor scrise de mână. Exemple de astfel de sisteme sunt descrise în [1], [2], [3]. Complexitatea problemei recunoașterii caracterelor scrise de mână este crescută de prezența zgomotului și de variabilitatea scrisului de mână ca rezultat al stilului de scris, al vitezei de scriere etc. O metodă de recunoaștere robustă trebuie să țină cont de trei criterii: viteza de recunoaștere, rata recunoașterii și flexibilitatea [4].

Lucrarea propune arhitectura unui sistem de recunoaștere off-line a caracterelor scrise de mână, dispozitivul de introducere a textului fiind scanner-ul sau tableta grafică cu stiloul.

Rezultatele prezentate în această lucrare au fost obținute în cadrul proiectului de cercetare INFOSOC, contract nr. 58/2002 - *Interfață inteligentă pentru recunoașterea caracterelor scrise de mână.*

2. Arhitectura sistemului de recunoaștere

Figura 1 prezintă arhitectura sistemului de recunoaștere proiectat. Principalele componente sunt: un modul de procesare a imaginii, un modul de recunoaștere a caracterelor scrise de mână, o bază de modele, o bază de cunoștințe și o interfață de conversie a textului.

Modulul de procesare a imaginii preia datele de intrare (textul scris de mână) dintr-un fișier bitmap, preluat de la un scanner sau de la o tabletă grafică, și aplică diferite operații de procesare a imaginii (filtrare, binarizare, alinierea corectă a formularului scanat, identificarea liniilor, extragerea caracterelor, subțierea caracterelor extrase, detectarea muchiilor etc). Modulul de recunoaștere a caracterelor scrise de mână aplică o metodă de recunoaștere structurală sintactico-euristică și utilizează o bază de modele (cu toate modelele de caractere din alfabetul român pentru diferite stiluri de scris) și o bază de cunoștințe (care include reguli euristice ce vor fi aplicate de metoda de recunoaștere în situațiile ambigue). Modulul de conversie a textului realizează conversia textului de mână recunoscut, într-un procesor de text sau într-un editor matematic.

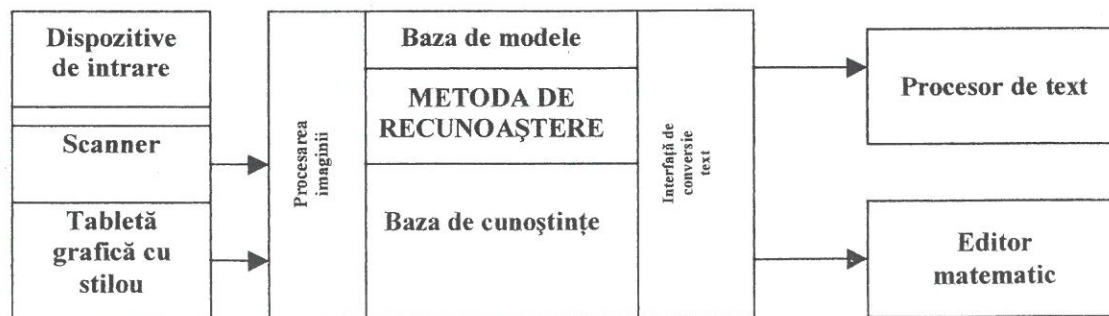


Figura 1. Arhitectura sistemului de recunoaștere

Mulțimea caracterelor care pot fi recunoscute este inclusă în baza de modele și conține litere majuscule și minuscule din alfabetul român (inclusiv diacriticele: â, î, ș, ț, ă, Â, Ă, Ț, Ș, Î), cifre și anumiți operatori matematici (Σ , Π , +, *, -, /, =, \times , \int). Baza de modele a fost creată cu ajutorul tabletei grafice cu stiloul prin preluarea diferitelor stiluri de scris ale unui eșantion reprezentativ de persoane, de diferite vârste și cu profesii

diferite. Datorită variațiilor care pot apare în timpul scrisului, formele caracterelor pot fi distorsionate, astfel că este necesară o bază de cunoștințe, care să fie utilizată pentru a ghida procesul de recunoaștere. De asemenea, în anumite cazuri, se poate utiliza informația contextuală (un dicționar de cuvinte este inclus în sistem) pentru a distinge anumite caractere care ar putea fi ușor confundate (de exemplu, '1' și '7', 'n' și 'u', 'u' și 'y', 'u' și 'v', 'n' și 'm', 'l' și 't').

3. Metoda de recunoaștere

Figura 2 descrie procesul de recunoaștere, urmat de către sistemul de recunoaștere. Din motive de eficiență, am utilizat reprezentarea caracterelor sub formă de șir - lanț de coduri Freeman. Această formă de reprezentare furnizează informații direcționale (0-7) [5], [6]. Din secvența de puncte sunt extrase structura și caracteristicile unui șablon (un caracter sau o linie de text) și pentru a obține un text cursiv (scris continuu) este necesară operația de reconstrucție prin aplicarea unor operatori specifici.

La pasul 1, este aplicată metoda de recunoaștere structural-sintactică [7], [8], [9]. Primitivele structurale

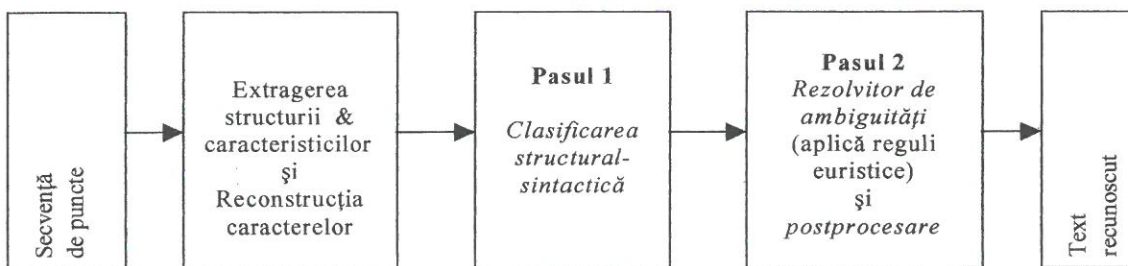


Figura 2. Procesul de recunoaștere

utilizate includ linie, buclă, punct, curbă în sensul acelor de ceasornic, curbă în sens invers acelor de ceasornic, plus alte primitive care sunt specifice alfabetului român (diacriticele).

Gramatica G proiectată este un 4-tuplu compus din mulțimea de terminale (primitivele structurale, codurile Freeman și alte simboluri de separație cum sunt ',' și '(' , ')'), mulțimea de simboluri neterminale (**Caracter**, **Mult_Trasatura**, **Trasatura**, **Mult_Primitive**, **Primitive**, **Tip_Primitiva**, **Directie**), setul de producție (P) și simbolul de start (S, un **caracter**). În fiecare caracter, pot fi una sau mai multe trăsături. Fiecare trăsătură constă dintr-un număr de puncte care trasează o cale pe suprafața de scriere de la poziția stilou pe hârtie, la poziția stilou ridicat în stilul normal de scriere.

1. ∪ 65432	a	8. \ 7 sau 3	h
2. ∩ 21076	b	9. O 07654321	i
3. 6 sau 2	c	10. punct (.)	p
4. ⊂ 43210	d	11. virgula (,)	r
5. ⊃ 07654	e	12. ^	t
6. — 0 sau 4	f	13. ~	s
7. / 1 sau 5	g	14. sub	u
		15. deasupra	v
		16. bucla	o

Figura 3. Mulțimea de primitive

Mulțimea de primitive (extrase în sensul acelor ceasornicului) este prezentată în figura 3.

Fiecare primitivă are un subșir cu codul Freeman asociat și o literă care reprezintă simbolul terminal pentru gramatica asociată. Primitivele 10, 11, 12, 13 sunt necesare pentru literele: i, ș, ț, Ș, Ț, î, Â, â, Ă. Primitivele 14 și 15 sunt necesare pentru specificarea poziției unui subșir, de exemplu *sub* sau *deasupra* șirului anterior (de exemplu, pentru caracterele ș, ț, â, ă). Simbolul star (*) reprezintă repetarea unei litere care este scrisă înainte.

Exemple de codificări:

A – g*h*f*	B – c*ee	C – d	D – c*e
E – c*fufuf	F – c*fuf	G – bgaf	H – c*f*c*
I – c*vp or c*p	J – c*af	Ă – g*h*f*vs	Â – g*h*f*vt
Ț – c*f*ur	Ș – deur		

Relațiile de derivare sunt specificate de setul de producție P.

P = {

Caracter → {Mult_Trasatura}
 Trasatura → Trasatura
 Mult_Trasatura → Trasatura, Mult_Trasatura
 Trasatura → Mult_Primitive
 Mult_Primitive → Primitive
 Mult_Primitive → Primitive, Mult_Primitive
 Primitive → {Tip_Primitiva, Directie}
 Primitive → o
 Primitive → p | r | t | s |
 Primitive → a | b | c | d | e | f | g | h | i
 Tip_Primitiva → u | v
 Directie → 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7
 }

Simbolul de start S este un *Caracter*.

La pasul 2, sunt rezolvate situațiile ambigue prin utilizarea unor reguli euristice sau a informației contextuale. Două tipuri de ambiguități sunt rezolvate: (a) unele clase de caractere sunt reprezentate utilizând aceeași structură (de exemplu, 'D' și 'P'); (b) unele clase de caractere par a fi similare (de exemplu, 'A' și 'H', 'u' și 'y'). Euristicile vor ghida căutarea și pot reduce timpul necesar recunoașterii corecte. Un exemplu de regulă euristică este următoarea:

Regula 23

dacă $|h_1 - h_2| \leq T_{1-uy}$ atunci

Caracterul este 'u'

altfel

Caracterul este 'y';

unde h_1 și h_2 sunt înălțimea din partea stângă, respectiv dreaptă, pentru caracterul analizat, iar T_{1-uy} este un prag determinat experimental. Alte reguli euristice sunt date pentru diacritice concave, convexe, virgulă etc.

4. Concluzii

Problema recunoașterii caracterelor scrise de mână este o problemă complexă, care constituie încă o provocare a cercetării în domeniul dezvoltării de interfețe inteligente om-calculator [10]. Scopul unui sistem robust de recunoaștere este de a realiza un optim global al celor trei cerințe fundamentale: viteză de recunoaștere, precizie și flexibilitate. Lucrarea a prezentat arhitectura unui sistem de recunoaștere off-line a caracterelor scrise de mână, preluate de la un scanner sau de la o tabletă grafică cu stilou, sistem care utilizează o metodă hibridă de recunoaștere, ce combină recunoașterea sintactică cu o recunoaștere euristică în vederea obținerii unui optim global pentru cele trei criterii anterior menționate. Sistemul de recunoaștere, a cărui arhitectură a fost succint

descrișă în lucrare, este, în prezent, în faza de implementare și testare. Experimentarea sistemului se realizează pe două tipuri de aplicații: procesarea automată a formularelor de înscriere la examenul de admitere la facultate și procesarea automată a formularelor bancare. Pentru aceste aplicații, textul care trebuie recunoscut include majuscule și cifre. Sistemul de recunoaștere prezentat poate fi aplicat în orice domeniu în care se dorește o recunoaștere robustă a caracterelor scrise de mână. Creșterea ratei de recunoaștere poate fi realizată prin includerea informațiilor contextuale, din domeniul de aplicație, în particular, se poate implementa un dicționar de termeni specifici domeniului.

Bibliografie

1. **TAPPERT, C., C. SUEN, T. WAKAHARA:** The state of the art in on-line handwriting recognition. În: IEEE Transactions Pattern Anal. Machine Intelligence, 12(8), 1990, pp. 787-808.
2. **NAKAGAWA, M., T. OGUNI, T. YOSHINO:** Human interface and application on IdeaBoard. În: Proc. of IFIP TC13 Int. Conf. on Human-Computer Interaction, 1997, pp. 501-508.
3. **YOSHIDA, K., H. SAEO:** Online handwritten character recognition for a personal computer system. În: IEEE Transactions Consumer Electron, CE-28(3), 1982, pp.202-208.
4. **TAPPERT, C.:** Speed, accuracy and flexibility trade-offs in on-line character recognition. În: P.S.P. Wang (Ed), Character and Handwriting Recognition: Expanding Frontiers, World Scientific, Singapore, 1991, pp. 79-95.
5. **FREEMAN, H.:** Computer processing of line drawing images. În: ACM Comput. Surveys, 6(1), 1974, pp. 57-98.
6. **OKAMOTO, M., K. YAMAMOTO:** On-line handwritten character recognition using direction-change features that consider imaginary strokes. În: Pattern Recognition, 32, 1999, pp. 1115-1128.
7. **OPREA, M.:** Contribuții la elaborarea unor algoritmi de recunoaștere a formelor cu aplicații la vederea roboților, teză de doctorat, Universitatea din Ploiesti, 1996.
8. **PAVLIDIS, T.:** Structural Pattern Recognition, Springer Verlag, Berlin, 1977.
9. **BUNKE, H., A. SANFELIU (Eds):** Syntactic and Structural Pattern Recognition – Theory and Applications, World Scientific, Singapore, 1990.
10. **OPREA, M.:** Recunoașterea caracterelor scrise de mână. În: Revista Română de Informatică și Automatică, Vol. 12, Nr. 4, 2002, pp. 54-61.