

Branislav Zurković
Ivan Šeškar
Emil Sečerov

Fakultet Tehničkih Nauka
Institut za računarstvo,
automatiku i merenja
Veljka Vlahovića 3, Novi Sad

ANALIZA TRI METODE ZA REŠENJE PROBLEMA PREPOZNAVANJA ZNAKOVA

ANALYSIS OF THREE METHODS FOR CHARACTER RECOGNITION

SADRŽAJ: U radu su opisana tri rešenja problema prepoznavanja znakova. Rešenja se međusobno razlikuju po upotrebljenoj metodi za izdvajanje determinističkih osobina i po upotrebljenom klasifikatoru.

ABSTRACT: The paper describes three solutions of the optical character reading (OCR) problem. Three different extraction methods and two levels of classification are used.

UVOD

Osnovna ideja pri realizaciji ovog projekta bila je da se projektuje sistem koji bi omogućio brz i precizan prenos teksta sa papira u oblik prepoznatljiv računaru. Zbog toga su projektovana tri sistema za prepoznavanje znakova koja se međusobno razlikuju po upotrebljenoj metodi za izdvajanje determinističkih osobina i upotrebljenoj metodi za klasifikaciju.

Primenjene metode za izdvajanje osobina su:

1. metoda izdvajanja determinističkih osobina primenom diskretne Furijeove transformacije (DFT),
2. metoda izdvajanja determinističkih osobina primenom brze Furijeove transformacije (FFT) i
3. metoda izdvajanja determinističkih osobina primenom normalizacije matrice znaka.

ODREĐIVANJE DETERMINISTIČKIH OSOBINA KORIŠĆENJEM DFT

Određivanje determinističkih osobina znakova obavlja se na osnovu spoljašnjih konturnih linija predstavljenih u obliku niza od n konturnih elemenata. Svaki od konturnih elemenata određen je položajem u matrici znaka (X i Y koordinatom):

$$a(k) = (X(k), Y(k)) \quad (1)$$

Korišćenjem DFT nizovi X i Y koordinata konturne linije mogu se predstaviti kao:

$$X(k) = \sum_{u=1}^n a(u) e^{j2\pi uk/n} \quad (2)$$

$$Y(k) = \sum_{u=1}^n b(u) e^{j2\pi uk/n} \quad (3)$$

gdje su $a(u)$ i $b(u)$ kompleksni Furijeovi koeficijenti:

$$a(u) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n x(k) e^{-j2\pi uk/n} \quad (4)$$

$$b(u) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n y(k) e^{-j2\pi uk/n} \quad (5)$$

Ograničenjem broja Furijeovih koeficijenata $a(u)$ i $b(u)$ na, naprimer, 10-20 vrši se aproksimacija konturne linije sa daleko manjim brojem deskriptora.

Ovo je moguće uraditi zahvaljujući činjenici da niz Furijeovih koeficijenata konvergira ka nuli tako da je uticaj koeficijenata višeg reda zanemarljiv. Takođe, dobra osobina ove aproksimacije je eliminisanje uticaja šuma, budući da po svojoj prirodi sum pripada višem delu spektra konturne linije. Korišćenjem DFT, konturna linija sastavljena od 100-500 konturnih elemenata može se zadovoljavajuće kvalitetno opisati pomoću značajno manjeg broja osobina.

Nedostatak DFT, odnosno koeficijenata Furijeovog reda u slučaju da se koriste kao determinističke osobine predstavlja njihova velika osetljivost na varijacije konturne linije. Ovaj nedostatak posebno dolazi do izražaja u slučaju rotacije ili translacije konturne linije. Da bi se ovaj nedostatak eliminisao neophodno je definisati rotaciono i translaciono nezavisne osobine konturne linije znakova.

Rotaciono i translatorno nezavisne osobine mogu se predstaviti relacijom:

$$r(u) = \left(|a(u)|^2 + |b(u)|^2 \right)^{1/2} \quad u=1, \dots, N \quad (6)$$

Zavisnost osobina $r(u)$ od veličine znaka može se eliminisati korišćenjem normalizovanih osobina koji su dati izrazom:

$$s(u) = \frac{r(u)}{r(1)} \quad u=1, \dots, N \quad (7)$$

Iako su osobine $s(u)$ po svojim invarijantnim osobinama, najkvalitetniji za prepoznavanje znakova, u nekim primenama koriste se osobine $r(u)$ zbog velike greške prilikom prepoznavanja znakova koji se razlikuju samo po veličini (NPR 'p', 'p').

ODREĐIVANJE DETERMINISTIČKIH OSOBINA KORIŠĆENJEM FFT

Primenom algoritma brze Furijeove transformacije omogućeno daleko brže računanje diskretne Furijeove transformacije. Detaljan

opis algoritma dat je u literaturi [8]

ODREĐIVANJE DETERMINISTIČKIH OSOBINA PRIMENOM NORMALIZACIJE
MATRICE ZNAKA.

Opisana metoda za izdvajanje determinističkih osobina bazira se na činjenici da su svi znaci formirani od par osnovnih elemenata koji se ne razlikuju od fonta do fonta, pa čak ni kod rukom pisanih znakova. Ako znake alfabeta posmatramo sa stanovišta teorije prepoznavanja znakova vidi se da su osnovni gradivni elementi: lukovi (ili otvori), vertikalne, horizontalne i kose duži. Te osobine znakova koje ostaju iste u svakom fontu zovu se "čvrste osobine znakova" [3].

Čvrste osobine znakova su:

1. postojanje luka (otvora),
2. položaj luka (otvora) u znaku,
3. položaj vertikalne linije u odnosu na znak,
4. postojanje horizontalnih, vertikalnih i kosih duži.

Tako recimo, postojanje otvora unutar istog znaka u jednom fontu može biti predstavljeno elipsom a u drugom krugom, međutim u svim slučajevima postojanje sa svih strana okruženog dela predstavlja otvor.

Važne osobine znakova su i to da otvor ukoliko postoji uvek pokriva celu širinu znaka, što znači da u latiničnom alfabetu ne postoji znak sa dva otvora jedan uz drugi.

Položaj vertikalne linije u odnosu na otvor je još jedna osobina koja se ne menja varijacijom fonta. Vertikalna duž koja je locirana sa leve ili desne strane otvora uvek se, nezavisno od načina zapisa pojavljuje na istoj strani. Primer koji potkrepljuje ovu teoriju je odnos vertikalne linije i rupe koji jednoznačno definiše mala slova 'd', 'b', 'p' i 'q', bez obzira u kom su fontu i kojom rukom napisana. Položaj duži u odnosu na otvor odvađa slova 'p' i 'b' od 'q' od 'd', a relativan položaj rupe u odnosu na znak slova 'p' od 'b' i 'd' od 'q'.

Razvijenim postupkom pokušano je da se "čvrste osobine znakova" sačuvaју prilikom prevodenja znaka iz prostora uzoraka u prostor osobina. Kako su čvrste osobine znakova identične i za štampane i za rukom pisane znake, u radu se ne vodi posebna briga o rukom pisanim znacima.

Ulaz u proceduru normalizacije je matrica izdvojenog znaka. U matrici znaka pronalazi se središnja vertikalna linija, koja se naziva centralna kolona. Sve čvrste osobine znaka mogu biti uočene pomerajući se duž centralne kolone idući od vrha prema dnu matrice znaka.

Procedura normalizacije podeljena je na dva dela:

Prvi deo pretraživanja matrice znaka je proces formiranja matrice parametara. Matrica znaka opisuje znak u prostoru uzoraka i sadrži mnogo nepotrebnih informacija o znaku kao što su podaci o obliku znaka (fontu), veličini i širini znaka, debljini linija itd. Količina informacija relevantnih za identifikaciju u poređenju sa podacima sadržanim u celoj matrici znaka je mala.

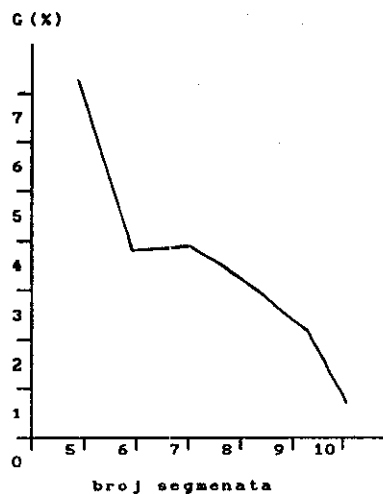
Karakteristično za matricu parametara je to da se ona dobija sažimanjem matrice znaka po širini, tj ako su dimenzije znaka, predstavljenog matricom znaka, širina*visina, znak preslikan u matricu parametara imaće dimenzije BrojKolona*visina gde je BrojKolona=5 i uzet je po kriterijumu datom u literaturi [3].

Karakteristično za kodiranu matricu je to da se ona dobija sažimanjem matrice parametara po visini, tj ako su dimenzije znaka, predstavljenog matricom parametara, BrojKolona*visina, znak preslikan u kodiranu matricu imaće dimenzije BrojKolona*BrojSegmenata gde je BrojSegmenata=10 i uzet je po kriterijumu (8).

$$C_n = E_n * V_n \quad (8)$$

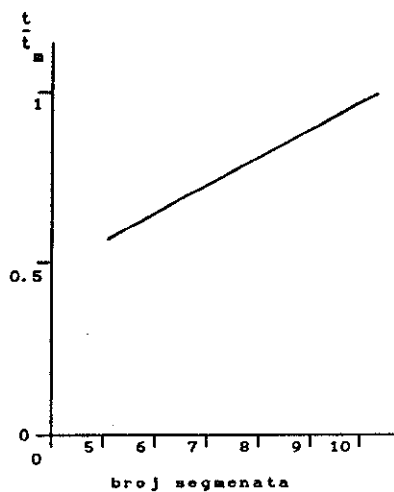
gde je E_n - procenat greške za parametre n, a
 V_n - brzina potrebna za prepoznavanje jednog znaka

Na slikama 1 i 2 dati su grafici uticaja broja segmenata na tačnost i brzinu prepoznavanja.



Uticaj broja segmenata na tačnost prepoznavanja

slika 1.



Uticaj broja segmenata na brzinu prepoznavanja

slika 2.

U cilju smanjenja uticaja greške koja je moguća prilikom formiranja kodirane matrice vrši se izdvajanje topoloških osobina i klasifikacija znaka na nivou topoloških klasa.

4.4.KLASIFIKACIJA

U toku istraživanja korišćeni su klasifikatori na dva nivoa:
 1.klasifikacija na nivou topoloških osobina i
 2.klasifikacija na nivou determinističkih osobina.

U svim metodama korišćen je klasifikator na nivou topoloških osobina, dok je u cilju poboljšanja klasifikacije u metodi prepoznavanja znakova korišćenjem normalizovane matrice znaka, upotrebljena kombinacija obe metode klasifikacije.

111111000000011111	10001	
111100000000011111	10001	
1111000000000001111	10101	
11100000111110000111	00100	
1100001111111100011	01110	
1100011111111100001	01110	
1000011111111110001	01110	
1000111111111110001	01110	
1000111111111110000	01110	
1000111111111111000	01110	
0001111111111111000	01110	10001
0001111111111111000	01110	00100
0001111111111111000	01110	01110
0001111111111111000	01110	01110
0001111111111111000	01110	01110
0001111111111111000	01110	01110
0001111111111111000	01110	01110
0001111111111111000	01110	01110
0001111111111111000	01110	00100
0001111111111111000	01110	10001
0001111111111111000	01110	
0000111111111111000	01110	
0000111111111111000	01110	
10001111111111110000	01110	
10000111111111110001	01110	
1100001111111100001	01110	
1100000111111000011	01110	
1110000011110000011	00100	
11110000000000000111	10000	
11110000000000000111	10001	
11111000000000001111	10001	
1111110000000111111	11001	

Matrica znaka

Matrica
parametaraKodirana
matrica

Proces formiranja kodirane matrice
slika 3.

ZAKLJUČAK

U radu su projektovane i realizovane tri metode za prepoznavanje znakova.

Obuhvaćeni su problemi detekcije znaka, izdvajanja topoloških i determinističkih osobina i problem klasifikacije.

Pedložena su tri rešenja problema prepoznavanja znakova:

1. Rešenje u kome je kao ekstraktor korišćena metoda diskretne Furijeove Transformacije, a kao klasifikator metoda najmanjeg kvadratnog rastojanja, dalo je rezultate koji su prikazani u tabeli 4. Poboljšanje ove metode prvenstveno treba tražiti u korišćenju kvalitetnijeg klasifikatora, zatim u poboljšanju metode za detekciju znaka kao i u uvođenju drugostepene klasifikacije na osnovu topoloških osobina.

Font PICA10			
Broj znakova klasi 20			
Broj klasa 40			
METODA	GRESKA (zn)	GREŠKA (%)	BRZINA(s/zn)
DFT	19	2.375	1.943
FFT	15	1.875	0.955

Rezultati prepoznavanja znakova (metode FFT i DFT)
tabela 4

2. Rešenje u kome je kao ekstraktor osobina korišćena metoda brze Furijeove transformacije, a kao klasifikator metoda najmanjeg kvadratnog rastojanja. Primena ove metode delimično je unapredila proces prepoznavanja znakova u smislu tačnosti ali njena prvenstvena prednost je u dvostruko bržem procesu prepoznavanja. U smislu poboljšanja metode trebalo bi, osim pomenutih modifikacija (za metodu DFT), realizovati metodu koja bi umesto rotaciono nezavisnih, koristila rotaciono zavisne osobine znakova.
3. Rešenje u kome je kao ekstraktor osobina korišćena metoda normalizacije matrice znaka, a kao klasifikatori metode topološke klasifikacije i metoda najmanjeg kvadratnog rastojanja. Dobijeni rezultati upućuju da bi se daljim usavršavanjem, ova metoda za prepoznavanje znakova mogla praktično primenjivati. Dalji razvoj ove metode trebao bi ići u pravcu korišćenja boljeg klasifikatora, zbog toga što je korišćenje srednje vrednosti, za formiranje vektora predstavnika referentnih klasa, neprecizno naročito u slučaju rukom pisanih znakova i u slučaju multifont režima rada.
- U tabeli 5 dati su rezultati prepoznavanja za datoteke koje sadrže po 63 predstavnika svakog latiničnog znaka i po isto toliko predstavnika svakog broja (0 - 9). Datoteke se međusobno razlikuju po tipu znakova (fontu).

Treba reći da je najveći broj grešaka nastao zamenom znakova ('C' i 'C') i ('D' i 'D'), što je posledica male osetljivosti primenjene metode na male varijacije oblika znaka.

Broj znakova u klasi 63			
Broj znakova u obučavajućem skupu 10			
Broj segmenata 10			
FONT	GRESKA (zn)	GREŠKA (%)	BRZINA(s/zn)
PICA10	33	1.34	0.06232
ELITE12	33	1.34	0.06821
GOTIC10	10	0.39	0.06288
ITALIC10	94	3.11	0.06095

Rezultati prepoznavanja znakova za različite tipove znakova
tabela 5

LITERATURA

1. Prof. dr Ludvik Gyergek, dipl.ing.
Prof. dr Nikola Pavlešić, dipl.ing.
Prof. dr Slobodan Ribarić, dipl.ing.
UVOD U RASPOZNAVANJE UZORAKA
Tehnička knjiga, Zagreb 1988.
 2. K.S.FU
DIGITAL PATTERN RECOGNITION
Springer-Verlag, Berlin 1977.
 3. M.E. Valdez
T. Ozkul
*A NEW PROCEDURE FOR RECOGNIZING HANDWRITTEN AND
TYPEWRITTEN ALPHABETICAL CHARACTERS*
Conference Proceedings of the IEEE
Southeast Con. CH2161, 1985.
 4. Šeskar Ivan, dipl.ing.
PREPOZNAVANJE KARAKTERA PRIRODNIH ZNAKOVA
Fakultet tehničkih nauka
OOUR Naučno-Obrazovni Institut
za Mernu tehniku Novi Sad, 1985.
 5.
THE KURZWEIL 4000
A STATE OF-THE-ART READER
PC Magazine, july 1985.
 6. Tokyo Keiki Co.
BOUNDARY TRACEING
patent No. 59-36796, Tokyo, 1980.
 7. H.Yamada
*CONTOUR DP MATCHING METHOD AND ITS APPLICATION
TO HANDPRINTED CHINESE CHARACTER RECOGNITION*
Seventh International Conference on
Pattern Recognition, Vol. 1,
Montreal, 1984.
 8. E.O. Brigham,
R.E. Morow
THE FAST FOURIER TRANSFORM
IEEE Spectrum december 1967. .
 9. I. Stojanović,
OSNOVI TELEKOMUNIKACIJA
Građevinska knjiga, Beograd, 1978.
-