

Ispitivanje identifikacije gustoće tkanine temeljeno na matrici binarnih značajki

Xiuchen Wang^{1,2}

Xiaojiu Li²

Zhe Liu¹

¹Zhongyuan University of Technology

Zhengzhou, Kina

²Tianjin Polytechnic University

Tianjin, Kina

e-mail: 18236905986@163.com

Prispjelo 27.8.2012.

UDK 677.074:677.017.2(516)

Izvorni znanstveni rad

Za ispravnu identifikaciju gustoće tkanine predlaže se novi algoritam temeljen na matrici binarnih značajki. Najbolja ravnina praga određuje se sa sivom skalom slike tkanine, 3D siva slika tkanine se segmentira prema najboljoj ravnini praga i tako se dobije siva slika značajki grupe. Zatim se značajka grupe normalizira kako bi se slika tkanine transformirala u matricu binarnih značajki samo s vrijednošću praga i vrijednošću značajki. Također se postavljaju jednadžbe za izračun gustoće tkanine pomoću matrice binarnih značajki. Eksperimentalni rezultati dokazuju da predloženi algoritam ima mogućnost preciznog izračuna i velike brzine, što može učinkovito identificirati gustoću tkanine i dati novu ideju za prepoznavanje gustoće.

Ključne riječi: *matrica binarnih značajki, tkanina, gustoća tkanina, identifikacija*

1. Uvod

Istraživanje automatske identifikacije gustoće tkanine je važan zadatak u tekstilnom području, što može povećati brzinu i točnost prepoznavanja gustoće tkanine. Znanstvenici su proveli istraživanja, ali zasad ne postoji savršena teorija o ovom predmetu. Mnogi postojeći postupci otkrivanja gustoće tkanine mogu se podijeliti u dvije kategorije: prostornu domenu i frekvencijsku domenu. Prostorna domena uključuje digitalnu analizu slike, autokorelacijsku metodu, neizrazito grupiranje i neuronsku mrežu. Digitalna analiza slike je predstavljena u svrhu prepoznavanja gustoće tkanine [1]. Slika tkanine je pretvorena u vodoravni ili okomiti smjer

pomoću vrijednosti sivih tonova, a položaj preplitanja osnovinih i potkinih niti zadan je geometrijskom analizom omjera. U radu [2] upotrijebljena je autokorelacijska metoda za dobivanje matrice veza i gustoća tkanine. Određena je pređa s analizom svjetline međuprostora između pređa te su određene osnovine vezne točke s povećanjem omjera dužine potkinih i osnovinih veznih točaka. U radu [3] upotrijebljeno je neizrazito svrstavanje (grupiranje) za otkrivanje gustoće. Stupanj sivih tonova na slici tkanine izračunat je prema stupnju zbijenosti, te je načinjeno grupiranje pređe i međuprostora. Ispitivači su koristili postupak neuronske mreže sa širenjem unatrag da bi konstruirali neurone i postupak neuronske mreže

sa slikom u sivoj skali i izračunali različite parametre pomoću vektorskog množenja da izdvoje gustoću tkanine [4]. Nedavno se pojavio veći broj novih algoritama. Varijacija među sivim tonovima dobivena je pomoću izračuna položaja između sivih tonova na slici tkanine i razlike sivih tonova kako bi se dobila gustoća tkanine [5]. Gustoća tkanine je otkrivena prema konstrukciji gradijenta boje pomoću postupka određivanja gradijenta [6]. Osim toga, velik broj ispitivanja karakteristika slike, kao što je automatsko mikroskopsko snimanje vlakna [7], postupak izdvajanja karakteristike pogreške [8] i inteligentni postupak vrednovanja pravilnosti kulirnih pletiva [9] također

imaju referentno značenje za gustoću.

Frekvencijska domena je postupak kojim se slika tkanine transformira u različite spektre. Karakteristične vrijednosti spektra se izdvajaju kako bi se dobila svaka karakteristična vrijednost tkanine, te se gustoća tkanine analizira automatski. Postojeće metode uglavnom uključuju Fourierovu transformaciju, Gaborovu transformaciju i wavelet transformaciju. Fourierova transformacija proučavana je u radovima [10-12]. Slika tkanine je transformirana i karakteristike su analizirane da se dobije obilježje gustoće tkanine. Postoji mali broj primjena Gaborove transformacije u analizi gustoće tkanine. Ugavnom se primjenjuje za transformaciju slike pogreške u tkanini [13]. Postoji značajan broj informacija o obilježju tkanine pomoću wavelet algoritma. S. Aruvazhagan [14], F. He [15] i J.L. Shen i sur. [16] proučavali su algoritam i izvršili analizu parametara tkanine.

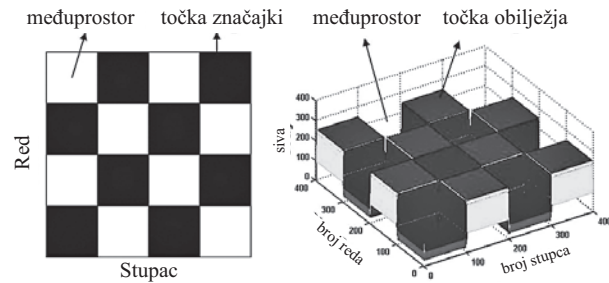
Gornji algoritmi imaju svoje prednosti, ali još uvijek imaju dva uobičajena problema. Jedan je da se točnost obilježja tkanine još treba poboljšati. Drugi je da se postupak izračuna mora pojednostaviti.

Da bi se riješili ovi problemi, u ovom radu se predlaže novi algoritam identifikacije gustoće tkanine koji se temelji na matrici binarnih značajki. Izrađuje se 3D model sa slikom tkanine u sivoj skali i odabire se prikladna ravnina praga. 3D model u sivim tonovima se segmentira da se dobije značajka grupe na graničnoj ravnini, a značajke grupe se normaliziraju. Konačno se izradi matrica binarnih značajki koja uključuje samo ravninu praga i vrijednost značajki grupe da se postigne prepoznavanje gustoće tkanine.

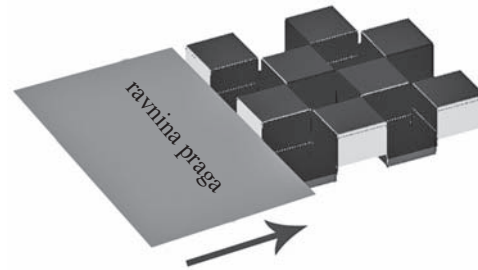
2. Model algoritma

2.1. Glavna zamisao

Glavni problem kod izdvajanja strukture je kako izdvojiti veznu točku. Kod



Sl.1 Položaj točke značajki idejnog vala na slici u sivim tonovima



Sl.2 Dijagram podjele značajki grupe

promatranja slike tkanine sa čistim bojama (sl.1) vidljivo je da se točke značajki koje predstavljaju vez tkanine pojavljuju na površini tkanine s većom vrijednošću sive skale, a vrijednosti sive skale svake točke značajke se nalaze u nekom području.

Zato se u ovom radu pokušalo odrediti prikladnu visinu za segmentiranje 3D slike u sivoj skali s ravninom prema sl.2. Pikseli koji mogu označavati značajke tkanine razdvajaju se od drugih točaka, te se zatim pikseli dalje obrađuju kako bi oblikovali točke značajki. Vrijednost sivih skala visine praga naziva se vrijednost praga, a ravnina podjele ravninom praga.

Iz sl.2 vidljivo je da se značajke grupe mogu segmentirati ravninom praga sve dok je visina podjele odgovarajuća. Dobije se nova 3D slika u sivim tonovima čiji je donji dio ravnina praga i u ravnini su mnoge značajke grupe. Vrijednost sivih tonova drugih piksela je jednaka vrijednosti ravnine praga, osim za značajke grupe. Lako je izolirati ravninu praga i procijeniti značajke grupe. Ove značajke grupe se mogu transformirati u vrijednosti značajki koje obilježavaju strukturu veza tkanine kako bi se dobila matrica značajki strukture.

Međutim, 3D slike tkanine u sivim tonovima nisu pravilne kao one na sl.1 i 2 zbog savijanja pređe i sjaja tkanine. Značajke grupe ne pokazuje podjelu ravnine ili točaka, već nepravilnu razdiobu grupe. Čak i tako, uzевši u cjelini, uočava se da značajke grupe odgovaraju točkama značajki na slici u sivim tonovima, sl.3.

Promatrajući sl.3 kao cjelinu neke grupe nepravilnih značajki odgovaraju točkama značajki tkanine. Međutim, siva vrijednost svakog piksela značajki grupe nema varijacije koja bi se slijedila. Zato je problem kako da se ove značajke grupe bez pravilnosti transformiraju u grupu s pravilnošću kako prikazuju sl.1 i 2. Postupak normalizacije uvodi se da bi se riješio ovaj problem.

2.2. Izrada modela

2.2.1. Konstrukcija matrice slike tkanine u sivim tonovima

Koordinate u 3D prostoru konstruiraju se pod pretpostavkom da se slika tkanine nakon obrade slike sastoji od $N \times M$ piksela, najviša točka O na dnu lijevog kuta slike je ishodište, vodoravni smjer je x os, okomiti smjer je y os, vrijednost sivih tonova svakog piksela je z os, gdje su vrije-

dnosti na x i y osi prirodni brojevi, a područje vrijednosti z osi je $0,255$. Neka je koordinata bilo kojih piksela x, y vrijednost sivih tonova označena kao $g(x,y)$, pa se matrica sivih tonova A_g slike tkanine može odrediti kao:

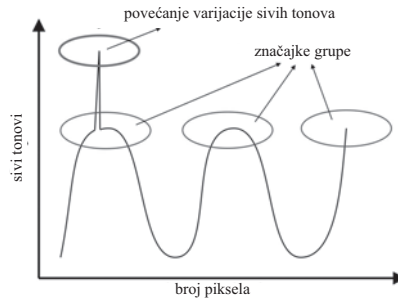
$$A_g = \begin{bmatrix} g(1,1) & g(1,2) & \dots & g(1,M) \\ g(2,1) & g(2,2) & \dots & g(2,M) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ g(N,1) & g(N,2) & \dots & g(N,M) \end{bmatrix} \quad (1)$$

3D slika u sivim tonovima crta se matricom A_g kao na sl.3. Vidljivo je da vrijednost sivih tonova točno označava 3D sliku u sivim tonovima.

2.2.2. Izbor ravnine podjele

Izbor ravnine podjele je glavni problem ovog ispitivanja. Ako je vrijednost praga prevelika, značajke grupe se mogu izostaviti. Međutim, značajke grupe ne mogu se pravilno segmentirati.

U idealnom stanju, točka značajki će se uspješno segmentirati kada je vrijednost praga svaka vrijednost između maksimalne i minimalne vrijednosti sivog tona slike, sl.2. Za stvarnu sliku tkanine maksimalne i minimalne vrijednosti sivog tona su područje vrijednosti kao što je "značajka grupe" na sl.3. Vrijednosti sivih tonova piksela u području nisu iste, one su u nekom području. Međutim, postoje neki neovisni pikseli na slici, kao pikseli "povećanja varijacije sivih tonova" na sl.4. Vrijednost sivih tonova može se povećati (ili smanjiti) i veća je od područja vrijednosti "značajke grupe". Pogreška nastaje ako se vrijednost praga povećava maksimalnim i minimalnim vrijednostima svih piksela. Zbog toga što su maksimalna vrijednost sivih tonova i minimalna vrijednost



Sl.4 Varijacija sivih tonova

sivih tonova dobiveni promjenom točke vrijednost sivih tonova pojedinačnog piksela koji ne odražava točno stvarnu značajku slike.

Zato se nepovoljni efekti koji nastaju kod varijacije vrijednosti sivih tonova moraju odstraniti prije nego se odredi vrijednost praga. Da bi se riješio taj problem, u obzir se mora uzeti broj piksela s vrijednošću sivih tonova kada se ispituje vrijednost sivih tonova. Maksimalne i minimalne vrijednosti sivih tonova koje stvaraju nekoliko piksela ocjenjuju se kao varijacija vrijednosti sivih tonova. Varijacije vrijednosti sivih tonova se ne uzimaju u obzir kada se određuje vrijednost praga.

Iz toga razloga uvodi se postupak analize razine sivih tonova. Prvo se uzimaju sve vrijednosti sivih tonova slike tkanine; vrijednosti se postavljaju prema redu vrijednosti sivih tonova, te se stvara razina vrijednosti sivih tonova. Zatim se izračuna broj odgovarajućih piksela na svakoj razini vrijednosti sivih tonova kako bi se dobila struktura podataka koja može opisati broj piksela svake razine vrijednosti sivih tonova. Neka T označuje broj piksela svake razine vrijednosti sivih tonova, a broj pikse-

la svake razine vrijednosti sivih tonova predstavlja se pomoću $T(x)$, x je razina vrijednosti sivih tonova, a njegovo područje vrijednosti je $[g_{MIN}, g_{MAX}]$, g_{MIN} i g_{MAX} predstavljaju minimalne i maksimalne vrijednosti sivih tonova slike. Struktura podataka može se opisati oblikom vala razine vrijednosti sivih tonova kao na sl.5. Prvi maksimum vala s desna na lijevo je stvarna maksimalna vrijednost x_l u niskom području vrijednosti sivih tonova. Prvi maksimum vala s desna na lijevo je stvarna maksimalna vrijednost x_h u visokom području vrijednosti sivih tonova.

Kada se odabere vrijednost praga, vrijednost piksela sivih tonova je manja nego vrijednost x_l i veća nego vrijednost x_h i ocjenjuje se kao točka odstupanja te se ne uzima u obzir.

Maksimum vala može se odrediti prema sljedećem načelu: pretpostavlja se da je apscisa svake točke oblika vala vrijednosti sivih tonova x na sl. 5, a od lijeve i desne točke su x_l i x_r . Ako tri točke ispunjavaju uvjet:

$$T(x) - T(x_l) > 0 \quad \text{i} \quad T(x) - T(x_r) > 0 \quad (2)$$

tada je maksimum vala na položaju x lokalni maksimum vala.

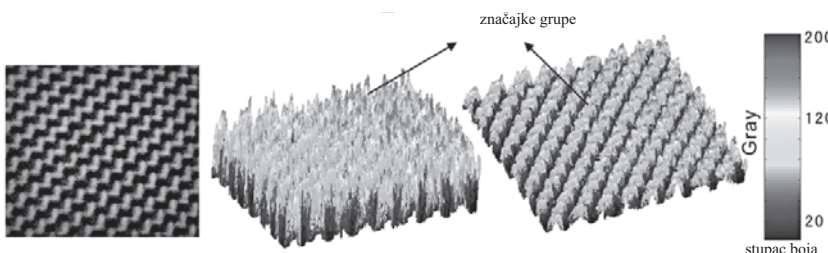
Stvarna maksimalna vrijednost sivih tonova i stvarna minimalna vrijednost sivih tonova određuju se prema gornjoj analizi, a granična vrijednost se dobije određivanjem prosječne vrijednosti.

Vrijednost ravnine praga G_a može se računati kao:

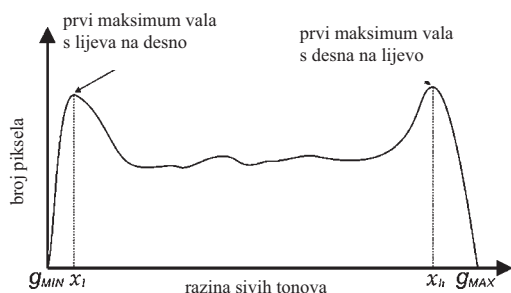
$$G_a = \frac{\sum_{i=x_l}^{x_h} iT(i)}{\sum_{j=x_l}^{x_h} T(j)} \quad (3)$$

2.2.3. Normalizacija značajki grupe

Nekoliko značajki grupa koje obilježavaju značajke vala dobiju se nakon što se slika tkanine segmentira ravninom praga. Značajke grupe određuju se duž praga značajki grupe i ocjenjuju vrijednošću G_a . Prema sl.6 neka je veličina područja analize $\Delta x \times \Delta y$,



Sl.3 Shema značajki grupe tkanine



Sl.5 Oblika vala razine sivih tonova

gdje postoje slučajni pikseli $p(x_p, y_p)$, $p(x_s, y_s)$, $p(x_c, y_c)$ u području. Ako je $\{g(x_1, y_1), g(x_2, y_2), \dots, g(x_c, y_c)\} > G_a$ (4)

tada su $p(x_p, y_p)$, $p(x_s, y_s)$, $p(x_c, y_c)$ skupine točaka značajki grupe. Piksel, koji zadovoljava uvjet značajki grupe i jedan je pored drugog, pridružuje se odgovarajućoj grupi značajki pomoću postupka povezivanja kod računalne obrade slike [17]. Pod pretpostavkom da je rezultat određivanja grupa S , onda postoje m_k pikseli u k grupi. Svaka značajka grupe može se normalizirati kao:

$$F_k = \frac{\sum_{i=1}^{m_k} g(x_i, y_i)}{m_k} \quad (5)$$

gdje je:

F_k vrijednost normalizacije k grupe, $g(x_p, y_p)$ označuje vrijednost sivih tonova svake točke $p(x_p, y_p)$ u k grupi. Da bi se izradila matrica značajki, svaka značajka grupe ima istu vrijednost sivih tonova; srednja vrijednost F_{AVE} svih grupa značajki izračuna se kao:

$$F_{AVE} = \frac{\sum_{i=1}^S F_i}{S} \quad (6)$$

2.2.4. Izrada matrice binarnih značajki

Matrica binarnih značajki F_T može se izraditi nakon što se normalizira zna-

čajka grupe. Vrijednost elementa ove matrice ima samo dvije vrijednosti: vrijednost sivih tonova F_{AVE} na položaju značajki grupe G_a u međuprostorima značajki grupe. Matrica binarnih značajki F_T izražena je kao:

$$F_T = \begin{bmatrix} F_{AVE} & G_a & \dots & F_{AVE} \\ G_a & F_{AVE} & \dots & G_a \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{AVE} & G_a & \dots & F_{AVE} \end{bmatrix}_{N_F \times M_F} \quad (7)$$

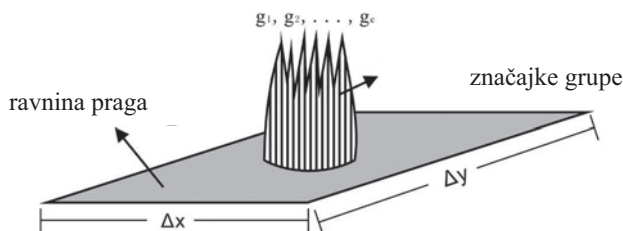
gdje su $N_F \times M_F$ red i stupac matrice binarnih značajki, F_{AVE} i G_a slučajni položaji koji se mogu odrediti jednadžbama (1)-(6).

2.2.5. Identifikacija gustoće

Gustoća tkanine može se lako izračunati pomoću binarne matrice F_T . Gustoća osnove tkanine je D_H (niti/10 cm), gustoća potke je D_V (niti/10 cm) broj značajki grupe u i redu binarne matrice je P_i , a broj u j stupcu je P_j veličine slike u vodoravnom i okomitom smjeru su L_H (cm) i L_V (cm). Za osnovni vez tkanine gustoća se može izračunati iz:

$$D_H = \frac{P_i}{L_H} \times 10 \quad (8)$$

$$D_V = \frac{P_j}{L_V} \times 10 \quad (9)$$



Sl.6 Normalizacija značajki grupe

Kod složenog veza tkanine značajke grupe svakog reda i svakog stupca u binarnoj matrici odnose se na vezne točke tkanine. Gustoća tkanine može se izračunati pomoću autokorelacijske metode opisanoj u [2].

3. Rezultat

3.1. Eksperimentalni postupak

Za potvrdu predloženog algoritma koristi se MATLAB 7.0 za kompilaciju računalnog programa. Za uzorke je odabrano 60 vrsta tkanina različite gustoće za uzorke. Vezovi uzoraka su platno, keper i atlas. Veličina uzorka je 10 x 10 cm. Slike uzoraka snimljene su kod dobrog prirodnog svjetla digitalnom kamerom Canon EO-S550D. Područje analize je svako područje na slici uzorka s rezolucijom, odnosno razlučivosti 72 ppi. 3D slika u sivim tonovima, slika značajki grupe i matrica binarnih značajki uzoraka su izlazni podaci računala. Gustoća se može otkriti promatranjem oblika vala matrice binarnih značajki.

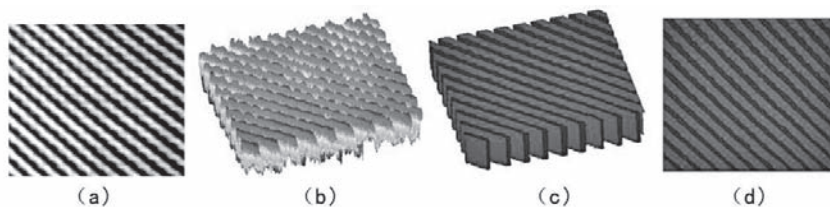
3.2. Rezultati mjerenja

Rezultati ispitivanja triju vrsta uzoraka prikazani su na sl.7 do 9. Na sl.10 prikazan je oblik vala uzorka 1 sa sl.7 u smjeru redova matrice binarnih značajki.

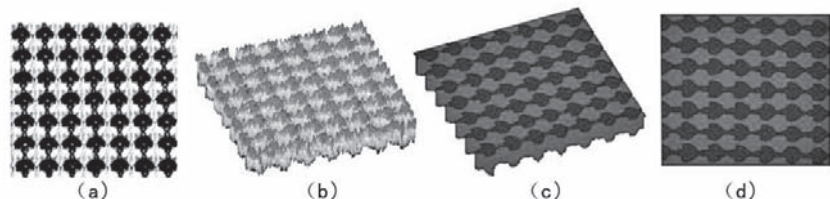
3.3. Rezultati identifikacije gustoće

Analizirane su matrice binarnih značajki 60 pripremljenih uzoraka prema jednadžbama (8) i (9) za određivanje gustoća osnove i potke u tkanini. Istodobno se određuje gustoća osnove i potke uzoraka tkanine pomoću uređaja za identifikaciju gustoće (YG871). Rezultati računalnog određivanja gustoće tkanine u smjeru osnove uspoređeni su s istim rezultatima dobivenim manualnim putem kako bi se potvrdila točnost matrica binarnih značajki.

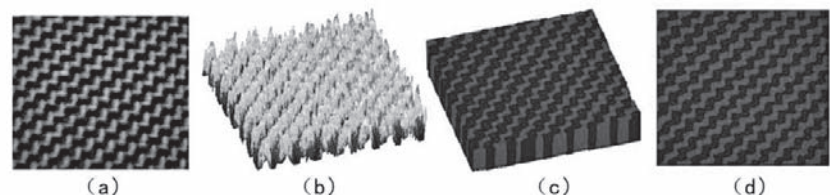
Uvodi se relativna pogreška da se procijeni pogreška između rezultata identifikacije gustoće tkanine dobive-



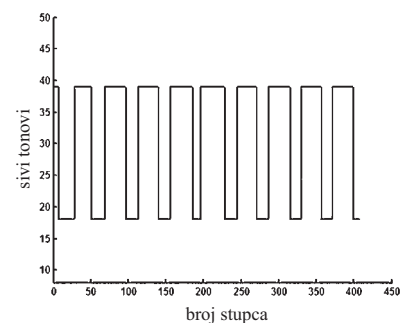
Sl.7 Izvorna slika (a), 3D slika u sivim tonovima (b), slika značajki grupe (c) i slika matrice binarnih značajki uzorka 1 (d)



Sl. 8 Izvorna slika (a), 3D slika u sivim tonovima (b), slika značajki grupe (c) i slika matrice binarnih značajki uzorka 2 (d)



Sl.9 Izvorna slika (a), 3D slika u sivim tonovima (b), slika značajki grupe (c) i slika matrice binarnih značajki uzorka 3 (d)



Sl.10 Oblik vala uzorka 1 prikazanog na sl.7 u smjeru redova matrice binarnih značajki

nih računalno i manualno. Pretpostavlja se da je rezultat identifikacije slike binarnih značajki D_c , da je rezultat manualnog načina D_m . Relativna pogreška λ može se izraziti:

$$\lambda = \frac{|D_c - D_m|}{D_m} \times 100\% \quad (10)$$

Dobivene vrijednosti λ rezultata identifikacije gustoće osnove i potke svakog uzorka, dijele se s vrijednosti

λ u 4 klase: $\lambda=10\%$, $10\% \geq \lambda > 5\%$, i $5\% \geq \lambda > 0\%$. Broji se broj vrijednosti λ koje se podudaraju s gornje četiri klase. Pretpostavlja se da ukupan broj identifikacija gustoće tkanine u smjeru osnove i potke W , S_i označuje broj vrijednosti λ koje se podudaraju s i -tom klasom, R_i je omjer vrijednosti S_i prema vrijednosti W . Zato se R_i može izračunati kao:

$$R_i = \frac{S_i}{W} \times 100\% \quad (11)$$

Broj identifikacija gustoće potke ili osnove svakog od uzoraka je 1, pa je vrijednost W 120. Rezultati relativne pogreške λ 60 uzoraka navedeni su u tab.1.

Prema tab.1 uočava se da su rezultati identifikacije prema matrici binarnih značajki točni. Konstantni stupanj između računalne identifikacije i manualne identifikacije doseže 92,5%. Kada je relativna pogreška manja od 5% stupanj iznosi 97,5%, kada je re-

lativna pogreška manja od 10% stupanj iznosi 99,2%. Zato se zaključuje da identifikacija gustoće pomoću slike binarnih značajki daje dobar rezultat.

4. Rasprava

4.1. Prednost predloženog algoritma

Svrha izrade matrice binarnih značajki je brzo identificirati gustoću tkanine. Složena slika tkanine se transformira u jednostavnu matricu koja se izražava s dvije vrijednosti sivih tonova koristeći ravninu praga tako da se učinkovito opisuje unutarnja značajka slike kako bi se dobila baza podataka za identifikaciju gustoće. Promatranjem sl.7 do 9 struktura se uspješno izdvoji, a matrica binarnih značajki označavala je samo dvije srednje vrijednosti značajki grupe F_{AVE} a vrijednost praga G_a se dobiva nakon što se slika obrađuje predloženim algoritmom. Time se olakšava daljnja analiza gustoće. Na sl.10 se dokazuje da je oblik vala bio pulsni val; očito je prikazana značajka gustoće tkanine. Zato se gustoća tkanine može izračunati jednadžbama (8) i (9).

Predloženi postupak za tkanine u platnenom vezu, keperu i atlasu ima dobar učinak identifikacije prema eksperimentalnim rezultatima prikazanim u tab.1. Premda nije provjerena identifikacija za druge vrste vezova, može se smatrati da se točke značajki tkanine mogu analizirati predloženim postupkom prema analizi prikazanoj na sl.10 i jednadžbom (10). Gustoća tkanine u smjeru osnove i potke dobivaju se prema autokorelacijskoj analizi poprečnog oblika vala vrijednosti sivih tonova i uzdužnog oblika vala vrijednosti sivih tonova. Predloženi algoritam ima vrijednost za identifikaciju gustoće većine tkanina. Uglavnom se govori o modelu matrice binarnih značajki tkanine za identifikaciju gustoće, a o daljnjoj obradi modela se ne raspravlja.

Zapravo binarna matrica ne osigurava samo bazu podataka za izračun gustoće tkanine, već i teoretsku osno-

Tab.1 Pogreška identifikacije gustoće tkanina 60 uzoraka prema predloženom algoritmu

Gustoća	Broj uzoraka u različitom području pogreške			
	$\lambda > 10\%$	$10\% \geq \lambda > 5\%$	$5\% \geq \lambda > 0\%$	$\lambda = 0\%$
Gustoća osnove	1	1	3	55
Gustoća potke	0	1	3	56
R_i (100 %)	0,8	1,7	5	92,5

vicu vezova i analizu strukture. Bit binarne matrice je izdvojiti informaciju o značajkama tkanine, odstraniti nepotrebne piksele i najjednostavnijim postupkom izraziti gustoću tkanine. Ovaj postupak olakšava procjenu položaja brijega i dola vala, izračun razmaka između brijega i dola vala te izračun broja ciklusa. Zato predloženi algoritam ima referentnu vrijednost za identifikaciju drugih parametara tkanine.

4.2. Zahtjevi kvalitete slike tkanine

Da bi se izradila matrica binarnih značajki, mnoge točke u grupi značajki se normaliziraju na vrijednost. Kvaliteta slike je važna jer se ocjenjuje svaka točka u grupi značajki. Svjetlina različitih područja tkanine je različita u eksperimentima zbog okolnog svjetla što otežava obradu fotografije. Boja i sjaj ne utječu na kvalitetu slike u uvjetima normalnog svjetla, ali je svjetlina fotografije velika kod snažnog svjetla što rezultira u sivom valu koji se teško identificira. Zato se mora osigurati da se tkanina postavi na najbolju ravninu, da svjetlo bude jednolično i blago, da svjetlina bude umjerena te da se digitalna kamera fokusira na središnju točku tkanine. Unatoč prethodno navedenom, dolazi do pojave velikog broja malih šumova (smetnji). Zato se slika mora prethodno obraditi da se odstrani šum (smetnja) nakon što se slika snimi. Da bi se osiguralo da slika bude jasnija i jednoličnija, sa slike se odstrani šum (smetnja) pomoću medijan filtra. Radi se o vrlo fleksibilnom postupku. Ovdje se koristi modificirani 2D dvosmjerni medijan filter koji je predstavljen u [18]. Funkcija detalja se određuje iz:

$$G(i, j) = G_i \times \frac{L_w}{L_w + L_n} + G_j \times \frac{L_h}{L_w + L_n} \quad (12)$$

G_i predstavlja izlazni podatak bočnog medijan filtra, G_j je izlazni podatak okomitog medijan filtra. L_w označuje dužinu bočnog prozora, L_n se odnosi na dužinu okomitog prozora.

G_i i G_j mogu se izračunati na sljedeći način:

$$G_i = Med\{w_{i-v_w}, \dots, w_{i-1}, w_i, w_{i+1}, \dots, w_{i+v_w}\} \quad (13)$$

$$G_j = Med\{k_{j-v_k}, \dots, k_{j-1}, k_j, k_{j+1}, \dots, k_{j+v_k}\} \quad (14)$$

v_w se odnosi na vrijednost piksela bočnog prozora, v_k označuje vrijednost okomitog prozora, Med označuje središnju vrijednost niza.

4.3. Komparativna analiza s drugim algoritmom

Brzina predloženog algoritma je velika. Iz jednadžbi (1) do (9) uočava se da su procesi određivanja vrijednosti praga i izrade matrice binarnih značajki jednostavni i da je računanje jednostavno. U usporedbi s Fourierovim, wavelet i neizrazitim algoritmom izračun predloženog algoritma je na niskoj razini čime se može uštedjeti vrijeme. Osim toga, vrijednosti sivih tonova mnogih piksela u tkanini se transformiraju u vrijednosti praga nakon što se slika tkanine segmentira vrijednošću praga. Razdioba vrijednosti sivih tonova se pojednostavljuje čime se poboljšava napredak i brzina daljnje analize vrijednosti sivih tonova.

Predloženi algoritam ima veću točnost identifikacije. Poznato je da se sve točke slike spektralno transformiraju pomoću metode frekvencijske domene. Neke bespotrebne točke za značajke slike se također transformiraju što utječe na točnost identifikacije. Također se točka slike obrađuje specijalnom domenom, točnost iden-

tifikacije se smanjuje nekim nepotrebnim pikselima. Međutim, matrica binarnih značajki može učinkovito opisivati značajke strukture slike primjenom dvije vrijednosti sivih tonova. Lako je analizirati varijaciju između matričnih faktora. Prema tome, rezultat identifikacije je točniji i pouzdaniji. Rezultat izdvajanja pomoću matrice binarnih značajki (sl.7 i 8) i potvrđivanje identifikacije gustoće (tab.1) pokazuju da izrađena matrica binarnih značajki ima dobru učinkovitost i točnost.

Osim toga, predloženi algoritam ima široku primjenu što znači preporuku za identifikaciju strukture tkanine, jednodimenzionalnosti strukture i veznih točaka. Zato u usporedbi s postojećim algoritmima algoritam za identifikaciju gustoće tkanine temeljen na matrici binarnih značajki ima sljedeće prednosti: velika brzina identifikacije, velika točnost identifikacije i široko područje upotrebe.

5. Zaključak

Predloženi algoritam može racionalno birati najbolju vrijednost praga za segment slike tkanine i izraditi sliku značajki grupe na ravnini praga prema 3D slici tkanine u sivim tonovima.

Predstavljena funkcija normalizacije može učinkovito određivati područje ravnine praga i značajke grupe za izradu matrice binarnih značajki samo s dvije vrijednosti: značajkom grupe F_{AVE} i vrijednošću praga G_a . Predloženi algoritam može konstruirati model podataka matrice binarnih značajki tkanine, što olakšava analizu parametara alternativnog broja bregova i dolova vala, kontinuirane dužine i intervalnog razmaka i može identificirati gustoću tkanine brzo i točno.

(Preveo M. Horvatić)

Literatura:

- [1] Kang T.J. et al.: Automatic recognition of fabric weave patterns by digital image analysis, *Textile Research Journal* 69 (1999) 2, 77-83

- [2] Gao W.D. et al.: Automatic identification of fabric texture, *Cotton Textile Technology* 30 (2002) 4, 218-220
- [3] Kuo C.F. et al.: Automatic recognition of fabric weave patterns by a fuzzy C-Means clustering method, *Textile Research Journal* 74 (2004) 2, 107-111
- [4] Jeffrey Kuo C.F. et al.: Computerized color separation system for printed fabrics by using backward-propagation neural network, *Fibers and Polymers* 8 (2007) 5, 529-536
- [5] Liu Z., X.J. Li: Computer evaluation of fabric texture uniformity, *Journal of Textile Research* 30 (2009) 12, 125-128
- [6] Pan R.R. et al.: Automatic inspection of double-system-mélange yarn-dyed fabric density with color-gradient image, *Fibers and Polymers* 12 (2011) 1, 127-131
- [7] Wang R.W. et al.: Automatic identification of ramie and cotton fibers using characteristics in longitudinal view, part I: locating capture of fiber images, *Textile Research Journal* 79 (2009) 14, 1251-1259
- [8] Liu J.L., B.Q. Zuo: Identification of fabric defects based on discrete wavelet transform and back-propagation neural network, *Journal of the Textile Institute* 98 (2007) 4, 355-362
- [9] Semnani D., M. Sheikhzadeh: New intelligent method of evaluating the regularity of weft-knitted fabrics by computer vision and grading development, *Textile Research Journal* 79 (2009) 17, 1578-1587
- [10] Wood E.J.: Applying fouier and associated transforms to pattern characterization in textiles, *Textile Research Journal* 60 (1990) 4, 210-222
- [11] Ravandi S.A.H., K.Toriumi: Fourier transform analysis of plain woven fabric appearance, *Textile Research Journal* 65 (1995) 678-683
- [12] Tunák M. et al.: Automatic assessing and monitoring of weaving density, *Fibers and Polymers* 10 (2009) 6, 830-836
- [13] Zhang X.Y. et al.: Design gabor filters in the frequency domain for unsupervised fabric defect detection, *Industria Textila* 62 (2011) 4, 177-182
- [14] Arivazhagan S., L. Ganesan: Texture classification using wavelet transform, *Pattern Recognition letters* 24 (2003) 9, 1513-1521
- [15] He F. et al.: Woven fabric density measure based on adaptive wavelets transform, *Journal of Textile Research* 28 (2008) 2, 32-35
- [16] Shen J.L. et al.: Detection method for fabric texture direction based on wavelet transform, *Computer Engineering* 33 (2007) 6, 182-184
- [17] Xia D.S., D.S. Fu: Modern graphic processing technology and application, Southeast University Press, Nanjing 2001, 121-130
- [18] Liu Z., S.Z. Cui: Computer recognition algorithm for density uniformity of clothing fabric, 9th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, Kunming, China (2008), 22-25

SUMMARY**Study on fabric density identification based on binary feature matrix***X. Wang^{1,2}, X. Li², Z. Liu¹*

In order to correctly identify the fabric density, a new algorithm based on binary feature matrix is proposed in this paper. A best threshold plane is determined by the gray level of fabric image, the 3D gray image of fabric is segmented according to the best threshold plane and a gray image of feature cluster is obtained. Then the feature cluster is normalized to transform the fabric image into a binary feature matrix only with threshold value and feature value. Finally, equations for density computation of fabric with binary feature matrix are given. Experimental results show that the proposed algorithm possesses features of accurate computation and fast speed, which can effectively identify the fabric density and provide a new idea for density recognition.

Key words: binary feature matrix, fabric, density, identification

¹*Zhongyuan University of Technology
Zhengzhou, China*

²*Tianjin Polytechnic University
Tianjin, China*

e-mail: 18236905986@163.com

Received August 27, 2012

**Studie über Gewebedichteidentifizierung basierend auf binärer
Merkmalmatrix**

Um die Gewebedichte richtig zu identifizieren, wird ein neuer Algorithmus, basierend auf binärer Merkmalmatrix in diesem Artikel vorgeschlagen. Die beste Grenzfläche wird durch die Graustufe des Gewebebildes bestimmt, das 3D graue Bild des Gewebes wird entsprechend der besten Grenzfläche segmentiert und ein graues Bild des Eigenschaftscluster wird erhalten. Dann wird das Eigenschaftscluster normalisiert, um das Gewebebild in eine binäre Merkmalmatrix nur mit Grenz- und Eigenschaftswert umzuwandeln. Schließlich werden Gleichungen für Dichteberechnung des Gewebes mit binärer Merkmalmatrix gegeben. Versuchsergebnisse zeigen, dass der vorgeschlagene Algorithmus Eigenschaften der genauen Berechnung und der hohen Geschwindigkeit besitzt, die die Gewebedichte effektiv identifizieren und eine neue Idee für Dichteidentifizierung sicherstellen können.