

POSTOJEĆE TEHNIKE ZA SEGMENTACIJU SLIKE

RECENT IMAGE SEGMENTATION TECHNIQUES

Dragan Lazarević¹⁾, Dr Milan Mišić²⁾, Dr Bogdan Ćirković³⁾

Abstrakt: Podjela slike u smislene strukture, segmentacija slike, često je suštinski korak u analizi slike, predstavljanju objekta, vizuelizaciji, kao i mnogim drugim zadacima tokom obrade slike. Cilj segmentacije je da se pojednostavi i/ili promeni predstava slike u nešto što bi bilo smislenije i lakše za analizu. Tehnike za segmentaciju lociraju objekte koji se sastoje od piksela koji imaju nešto zajedničko. Najčešće to znači da su pikseli sa gotovo istim intenzitetom vrednosti grupisani zajedno, ili pikseli sa bojom istog koda. Ovaj rad daje pregled nekih od tehnologija koje se koriste za segmentaciju različitih slika i istraživanje nedavnih tehnika segmentacije.

Ključne reči: Segmentacija, procesiranje slike, prag, grupisanje.

Abstract: The division of an image into meaningful structures, image segmentation, is often an essential step in image analysis, object representation, visualization, and many other image processing tasks. The goal of segmentation is to simplify and/or change the representation of an image into something that is more meaningful and easier to analyze. Segmentation techniques locate objects consisting of pixels having something in common. Commonly this means that pixels with almost the same intensity values are grouped together, or pixels with the same colour code. This letter Reviews some of the Technologies used for image segmentation for different images and survey of recent segmentation techniques.

Keywords: Segmentation, image processing, threshold, Clustering.

1) UVOD

U sliku u generalnom smislu, mogu se svrstati svi mediji koje mogu da vide ljudska bića, kao što su nepokretna slika, video, animacija, grafika, crteži, grafikoni, pa čak i tekst [1]. Od slika, ljudska bića dobiju većinu informacija iz stvarnog sveta. Da bi se bolje doživjele slike i dobilo više informacija od zapažanja, razvijene su razne tehnike i otkrivene mnoge aplikacije. U zavisnosti od načina dobijanja, slike se mogu svrstati u različite tipove; takozvane slike intenziteta svetlosti (vizuelne slike), slike opsega ili dubine, slike magnetne rezonance, termalne slike itd. Sve tehnike slike mogu da se grupišu pod opštim okvirom – inženjeringom slike (Image Engineering – IE), koji se sastoji od tri sloja: procesiranja slike (Image Processing) – niži sloj, analize slike (Image Analysis) – srednji sloj, i razumevanja slike (Image Understanding) – visoki sloj [2]. Poslednjih godina, formiran je inženjering slike kao nova disciplina i napravio veliki napredak. Segmentacija slike je prvi korak, i jedan od

najkritičnijih zadataka analize slike. Ona ima za cilj dobijanje informacija (predstavljenih podacima), iz slike preko segmentacije slike (image Segmentation), reprezentacije objekta (Object Representation) i merenja odlike (Feature Measurement) (Slika 1).

Segmentacija slike se često definiše kao proces koji deli sliku na njene sastavne delove i izvlači delove (objekte) od interesa. To je jedan od najkritičnijih zadataka u automatskoj analizi slike, jer će rezultati segmentacije uticati na sve naredne procese analize slike, kao što su reprezentacija i opis objekta, merenje odlika pa čak i zadataka višeg nivoa, kao što su klasifikacija objekta i interpretacija scene.

Analiza slike je grana računaske vizije koja se bavi detekcijom semantičkih objekata na sceni. Tako dobijene informacije moguće je iskoristiti za čitav niz korisnih primena, na primjer; za analizu CT snimaka, poboljšanje kompresije videa, pretragu baze filmskog zapisa prema opisu scene, itd. U poslednjih nekoliko godina raste interes za tehnologijom koja bi se oslanjala na automatizovanu obradu velike količine

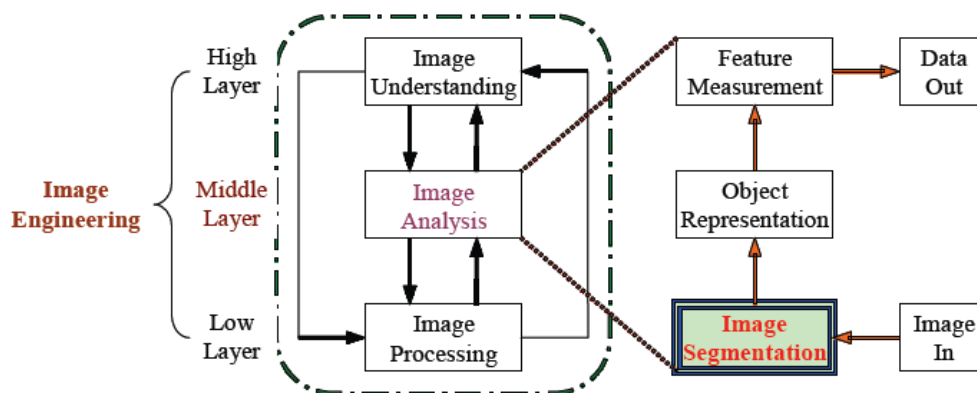
1) Visoka tehnička škola strukovnih studija Zvečan, mail: lazarevicddragan@yahoo.com

2) Visoka tehnička škola strukovnih studija Zvečan, m.misic@vts-zvecan.edu.rs

3) Fakultet tehničkih nauka K. Mitrovica, bogdancirkovic555@hotmail.com

multimedije. Međutim, uspešno izvlačenje semantičkog sadržaja iz slike/videoa, danas i dalje predstavlja vrlo izazovan naučno-tehnički problem. Kako bi razumeli značenje neke scene na slici koju analiziramo, moramo razumjeti osnovne komponente scene i njihovu međusobnu relaciju. Uobičajen postupak je razbijanje scene na semantičke objekte koji predstavljaju regiju slike uparenu sa nekim smislenim značenjem. Takvi objekti sastoje se od

regija slike uparenih sa meta-atributima koji ih semantički opisuju (npr. skupu piksela koji pripadaju automobilu dodeljen je semantički atribut "automobil"). Svaki semantički objekat mora jasno definisati vezu između objekta na slici i njegovih realnih aspekata. Dakle, ključan korak u razumijevanju slike je njena dekompozicija na segmente [3], a upravo to je zadatak algoritama za segmentaciju slike.



Slika 1. Inženjering slike i segmentacija slike [2]

2) DEFINICIJA SEGMENTACIJE

Segmentacija ima za cilj klasterizaciju, odnosno grupisanje, piksela u smislene regione na slici, tj. regione koji odgovaraju pojedinim površinama na slici, objektima ili delovima prirodnih objekata na slici [4].

S obzirom na segmentaciju slike kao podelu slike na skup neprekidajućih regiona čija unija je cela slika, neka pravila koja treba slediti za regione koje proističu iz segmentacije slike mogu se izraziti kao [5]:

1. Potrebno je da budu uniformni i homogeni u pogledu neke karakteristike;
2. Njihova unutrašnjost treba da bude jednostavna i bez mnogo malih rupa;
3. Susedni regioni treba da imaju značajno različite vrednosti u pogledu uniformnih karakteristika;
4. Granice svakog segmenta treba da budu što jednostavnije, glatke, i moraju biti prostorno tačne.

Segmentaciju slike R možemo formalno da definišemo [6] kao razdvajanje na neprekidajuće

regione R_i , gde su $i = 1, 2, \dots, n$ nesrazmerni neprazni skupovi. Ako je $P(R_i)$ indikator uniformnosti svih emenata u skupu R_i , a \emptyset prazan skup, onda važi:

1. $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
2. Za svako i i j , za koje važi $i \neq j$, vredi $R_i \cap R_j = \emptyset$
3. Za svako $i=1, 2, \dots, n$, mora da važi $P(R_i) = 1$
4. Za sve parove $i \neq j$, važi $P(R_i \cup R_j) = 0$
5. Za svako $i=1, 2, \dots, n$, R_i je povezan region (ovaj uslov nije neophodan i ponekad se izostavlja)

U prethodnom, uslov (1) ističe da suma segmentiranih regiona uključuje sve piksele na slici, uslov (2) ističe da se različiti regioni segmentacije ne smeju međusobno preklapati, uslov (3) ističe da pikseli istih regiona segmentacije treba da imaju neke slične osobine; uslov (4) ističe da pikseli koji pripadaju različitim segmentiranim regionima imaju neke različite osobine, i konačno, uslov (5) ističe da su pikseli u istom segmentiranom regionu povezani.

Regioni ili segmente je najlakše shvatiti i interpretirati prilikom segmentacije mirnih sivih (grayscale) slika, gde segmenti mogu biti oblasti približno iste svetline na slici, koji zadovoljavaju stavke iz prethodne formalne definicije. Nepomične

sive slike se obično predstavljaju kao funkcija koordinata, odnosno svetlina (nivo sivila) se predstavlja kao funkcija koordinata $f(x,y)$. Proširenje 2D na 3D slike se definiše preslikavanjem $f(x,y) \rightarrow f(x,y,z)$, dok se proširenje mirnih na pokretne slike ili nizove mirnih slika definiše preslikavanjem $f(x,y) \rightarrow f(x,y,t)$, dok je proširenje 2D na pokretne 3D slike definisano preslikavanjem $f(x,y) \rightarrow f(x,y,z,t)$. Uobičajen slučaj predstavlja proširenje mirnih sivih slika na mirne kolor slike, koje se predstavlja preslikavanjem $f(x,y) \rightarrow f(x,y)$. Najopštije, možemo da definišemo proširenje mirnih sivih slika na multidimenzionalne pokretne kolor slike ili nizove mirnih kolor slika, pomoću sledećeg preslikavanja $f(x,y) \rightarrow f(x,y,z,t)$. S obzirom na definicije proširenja slika, potrebno je definisati i odgovarajuće proširenje definicije segmentacije slika. Prilikom definisanja prethodnih preslikavanja, regioni, odnosno segmenti i svi uslovi treba da se prošire na višedimenzionalne blobove4 (blobs), tako da se pomenutih pet uslova mogu, i u ovako uopštenom slučaju, koristiti za definisanje segmentacije slika. Prilikom proširenja definisanog preslikavanjem $f(x,y) \rightarrow f(x,y,z)$, piksel se zamenjuje vokselom, tj. osnovnim zapreminskim elementom, dok za preslikavanja na više od tri dimenzije, osnovni elemenat nije definisan. Prilikom proširenja koja se definišu preslikavanjima koja uključuju i vremensku komponentu, postoje dve mogućnosti segmentacije, u prostornom i u vremenskom domenu, pa se i proširenja definicije treba izvršiti u skladu sa tim. Prilikom proširenja definisanog preslikavanjem $f(x,y) \rightarrow f(x,y,z,t)$, karakterisitike elemenata slike postaju vektori i u zavisnosti od definisanog preslikavanja govorimo o prostoru obeležja ili nekom drugom višedimenzionalom prostoru.

Na osnovu prethodnog razmatranja, možemo da zaključimo da je matematički stroga definicija segmentacije neophodna za najprostiji slučaj, mirnih sivih slika, dok se za sve ostale slučajeve definišu neophodna proširenja. Iz tog razloga prilikom izvođenja bilo kojih formulacija za segmentaciju, pod pojmom slika možemo da podrazumevamo najopštije slučajeve mirnih slika, pokretnih slika, kolor i sivih slika, itd [7].

3) METODE SEGMENTACIJE

U literaturi se mogu naći različite podele kada su u pitanju tehnike koje se primjenjuju pri segmentaciji slika. Međutim, kada se govori o osnovnoj podeli, izdvajaju se dve najčešće korištene tehnike: pronalaženje ivica – izdvajanje samo onih piksela koji pripadaju rubovima objekata, i izdvajanje regiona – izdvajanje cijelog objekta od pozadine pridružujući piksele čija je svetlost ispod nekog praga pozadini, a ostale objektu i obrnuto. U nastavku će biti reči o klasifikaciji algoritama za segmentaciju, tako da ćemo ovde dati samo kratak opis tehnika koje se najčešćnje primenjuju i koriste.

3.1. Segmentacija pragom (Thresholding)

Segmentacija pomoću praga predstavlja grupu metoda zasnovanih na poređenju osvetljenosti piksela sa jednim ili više pragova, pa u tom slučaju imamo segmentaciju sa jednim i segmentaciju sa više pragova. Ukoliko imamo slike u boji tada se vrši poređenje boje između piksela. Segmentacija sa jednim pragom predstavlja najjednostavniji vid segmentacije i njegova osnovna primena je za odvajanje objekta od pozadine, ukoliko pozadina ima uniformnu osvetljenost (boju) koja se razlikuje od objekta. Ovakav način segmentacije se može primjeniti, npr., kod izdvajanja pisanog ili štampanog teksta, analize nekih biomedicinskih slika, prepoznavanja tipa aviona koji leti, itd. Segmentacija sa više pragova je metoda koju je pogodno koristiti u slučaju kada imamo scene sa više različitih objekata.

3.2. Segmentacija klasterizacijom (Clustering)

Segmentacija pomoću klasterizacije je jedna od najstarijih tehnika segmentacije, s obzirom da se može koristiti za segmentaciju sivih i kolor slika. Za vektor $x=[x_1, x_2, \dots, x_N]^T$ koji predstavlja merenja karakteristika jednog piksela slike, merene veličine mogu biti tri komponente boje piksela, ili neka druga obeležja izračunata u malom prozoru oko posmatranog piksela. Postupak segmentacije se u tom slučaju sastoji od podjele N–dimenzionalnog prostora u uzajamno isključive oblasti, pri čemu svaka ta oblast obuhvata grupu podataka koja se odnosi na jedan region slike.

Takav proces podele prema sličnosti vektora podataka se naziva klasterizacija. U prvoj fazi segmentacije vrši se izračunavanje i izdvajanje nekih obeležja slike. Sledeća faza podrazumijeva određivanje optimalnog broja regiona (klastera), kao i određivanje skupa vektora koji predstavljaju centre svakog klastera. Nakon toga se vrši pridruživanje svakog piksela jednom od klastera. Pridruživanje se vrši na osnovu sličnosti vektora koji opisuje piksel i vektora koji opisuje centar klastera. Ova metoda je sa dosta uspeha primenjivana u segmentaciji multispektralnih satelitskih ili avionskih snimaka, gdje je osnovni cilj bio izdvajanje regiona na površini zemlje koji imaju iste karakteristike, kao što su npr., isti tip poljoprivrednih kultura, isti sastav zemljišta, ista nadmorska visina, itd. Nedostatak ove metode je taj što ima veliku računsku složenost.

3.3. Segmentacija regionom (Region)

Segmentacija pomoću regiona predstavlja skup metoda koje pokušavaju da izdvoje područja slike koja su homogena sa gledišta određenih karakteristika. U ovu grupu spadaju: segmentacija pomoću rasta regiona i segmentacija pomoću razdvajanja i spajanja regiona.

Osnovna ideja segmentacije pomoću rasta regiona je da se izvrši grupisanje susednih piksela sličnih osvetljenosti (boja), na osnovu čega se formiraju regioni. Postupak grupisanja počinje spajanjem po dva piksela istih karakteristika, pri čemu nastaje atomski region. Nakon toga se posmatraju dva susjedna regiona R_1 i R_2 , čiji su obimi (broj ivičnih piksela) označeni sa P_1 i P_2 . Neka C predstavlja dužinu zajedničke granice regiona, a D dužinu zajedničke granice gdje je razlika između karakteristika piksela sa obe strane granice manja od unapred definisane vrednosti. Kažemo da će se regioni R_1 i R_2 spojiti ukoliko važi:

$$\frac{D}{\min(P_1, P_2)} > \varepsilon_2$$

gde je ε_2 konstanta čija je vrednost najčešće jednaka 0.5. Zatim se vrši ispitivanje ostalih atomskih regiona, nakon čega se prelazi na ispitivanje regiona većih dimenzija sve dok je spajanje moguće. Na ovaj način se omogućava priključivanje manjih regiona većim, međutim spajanje regiona sličnih dimenzija nije dozvoljeno. Da bi se omogućilo spajanje dva

regiona sličnih veličina koji su razdvojeni tzv. „slabom“ granicom, mora biti ispunjen sljedeći uslov:

$$\frac{D}{C} > \varepsilon_3$$

gde je ε_3 konstanta čija je vrednost najčešće jednaka 0.75. Metoda rasta regiona je naročito pogodna kod segmentacije prostih scena sa malim brojem objekata i slabom teksturom.

Kod segmentacije pomoću razdvajanja i spajanja regiona, slika se deli na četiri kvadranta, nakon čega se ispituje da li su dobijeni podsegmenti uniformni po obeležju na osnovu kojeg se vrši segmentacija. Uniformnost se može definisati kao razlika između najmanje i najveće osvetljenosti piksela u regionu, preko varijanse osvetljenosti ili preko neke druge statističke mere. Svaki podsegment, za koji nije zadovoljen uslov uniformnosti, se dalje deli na četiri nova podsegmenta. Nakon što se izvrši razdvajanje, prelazi se na obrnuti postupak – spajanje regiona. Regioni koji imaju isto uniformno obeležje spajaju se u veći region. Nedostatak ove metode je u tome što se javlja vidljiva blokovska struktura regiona.

3.4. Segmentacija granicom regiona (Edge)

Metode koje vrše izdvajanje ivica generišu isprekidane granice objekata a ne zatvorene krive. Zbog toga se u procesu segmentacije koji koristi ivice mora primeniti i neki postupak za spajanje ivica, kako bi se formirale neprekidne granice regiona. U tu svrhu se mogu koristiti: metoda spajanja ivica fitovanjem krive, spajanje ivica heurističkim metodama i spajanje ivica Hafovom transformacijom.

Metodom fitovanja krivih se mogu rekonstruisati nedostajući segmenti ukoliko mapa ivica sadrži prekinute ivice. Fitovanje krivih je najjednostavnije kada nam je poznat oblik krive, pa se nedostajući segment dobija fitovanjem npr. pravih ili kružnih oblika. Kada su granice regiona složenije, vrši se razlaganje granice na jednostavnije delove. Glavna prednost ovog metoda je njena izuzetna jednostavnost i ona daje dobre rezultate u slučaju segmentacije jednostavnih scena. Međutim, kada imamo slike na kojima postoji veći broj objekata koji se preklapaju, mapa ivica sadrži tačke grananja, pa u tom slučaju ova metoda ne daje dobre rezultate.

Kod heurističkih metoda za spajanje ivica se prvo formira gradijentna slika primjenom odgovarajućih maski.

Ivice koje se dobijaju mogu biti isprekidane, ili se može desiti da dve ivične tačke budu spojene na više načina. Kratki prekidi se mogu premostiti pravim linijama, a višestruke veze se mogu eliminisati odbacivanjem duže stranice, ako je višestruka veza u vidu trougla, ili zamenom četvorougla njegovom dužom dijagonalom, kada je višestruka veza četvorougao.

Hafova (Hough) transformacija je preslikavanje linije iz pravouglog koordinatnog sistema u tačku u

4) RAZVOJ TEHNIKA SEGMENTACIJE

Istraživanje segmentacije slike počelo je sa razvojem tehnika za segmentaciju slika. Međutim, još uvek ne postoji opšta teorija za segmentaciju slike. Dakle, ovaj razvoj je tradicionalno bio ad-hoc proces [7]. Kao rezultat toga, mnogi istraživački pravci su eksploatisani, usvojeni su neki veoma različiti principi pa se pojavio i širok spektar algoritama segmentacije u literaturi. Primećeno je od strane mnogih da se ni jedan od razvijenih algoritama za segmentaciju generalno ne može primeniti na sve slike i različiti algoritmi nisu podjednako pogodni za pojedine aplikacije. Sa povećanjem broja algoritama za segmentaciju slike, vrednovanje performansi ovih algoritama postaje neophodno u proučavanju segmentacije. S obzirom na različite modalitete za dobijanje različitih slika i veliki broj aplikacija koje koriste segmentaciju slike, izbor odgovarajućih algoritama postaje važan zadatak.

Početak razvoja tehnika za segmentaciju slike može se pratiti unazad 50 godina. Od tada, ovo polje je evoluiralo veoma brzo i pretrpelo velike promene. 1965, uveden je operator za detekciju ivica između različitih delova slike, Roberts-ov operator (takođe se naziva Roberts-ov detektor ivice) [8]. Ovaj detektor je bio prvi korak ka razlaganju slike u sastavne komponente. Od tada, predložen je veliki broj tehnika i algoritama za segmentaciju slike, kao rezultat velikog napora posvećenog istraživanju i primeni procesa i razvoja segmentacije slike. U međuvremenu, koncept i obim slika se u velikoj meri proširio. Proširenje 2-D slika u 3-D, još uvek pokretne slike u sekvence slika (video), sive u slike u boji ili multi-opsežne slike, itd su takođe pomogli konceptima i tehnikama segmentacije slike da se razviju naširoko [7]. Uprkos nekoliko decenija

polarnom koordinatnom sistemu, pa se prava linija može predstaviti u parametarskom obliku:

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

gde je ρ rastojanje od koordinatnog početka do prave linije duž normale na liniju, a θ ugao između normale i x -ose.

istraživanja, segmentacije slika ostaje izazovna tema istraživanja.

Tokom 1960-ih, Bell Labs i Univerzitet u Merilendu, i nekoliko drugih mesta počeli su da razvijaju nekoliko tehnika za digitalnu obradu slike [9]. Primenjeni su na satelitskim snimcima, konverziji u žičani standard slike, medicinskim snimcima, videofonu, prepoznavanju karaktera, i unapređenju fotografija. Ali troškovi obrade su bili prilično visoki sa računarskom opremom tog doba. Tokom 1970-ih, kada su jeftiniji kompjuteri i odgovarajući hardver postali dostupni, obrada slike se proširila. Slike zatim počinju da se obrađuju u realnom vremenu, kod nekih namenskih problema kao što su konverzija televizijskih standarda. Računari, kao uređaji opšte namene, postali su brži, pa su počeli da preuzimaju ulogu namenskog hardvera za sve, ali najviše specijalizovanog za intenzivno izračunavanje operacija. Već tokom 2000-ih, brzi kompjuteri su postali dostupni za obradu signala i obrada digitalne slike je postao popularan oblik obrade slike. Zbog toga je obrada signala slike postao svestran, a takođe i najjeftiniji način procesiranja slike.

Tokom poslednjih 50 godina, istraživanje i razvoj tehnika segmentacije se dešavao neprekidno. Veliki broj algoritama za segmentaciju se razvio i taj broj se stalno povećava. Pre 20 godina, napravljena je procena broja međunarodno predloženih algoritama za segmentaciju slike [10]. Prvi put je rečeno da je zbirni broj u to vreme bio približno hiljadu (umesto "nekoliko stotina" kako su neki predviđali). Istraživanje iz 2006 g. [7] vrši pregled naučnih radova od 1965 do 2005 (zadnjih 40 godina) i daje konkretan broj izdatih radova (Tabela 1), koristeći termin "segmentacija slike" u naslovnom polju EI Compendex-a. Iz tabele se zapaža veliko interesovanje na ovu temu u zadnjih 10 godina, sa

tendencijom rasta u poslednjih 5. Iz tabele je očigledno da procena pre više od 10 godina nije verifikovana. Novija istraživanja [11] (2014) daju

pregled i poređenje metoda segmentacije slike koje se koriste od strane istraživača i industrije tokom zadnjih 5 godina.

Tabela 1. Pregled izdatih radova na temu segmentacija slike (EI Compendex) [7]

1965-1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
965	232	278	253	226	258	287	303	298	365	506	326	4297

5) KLASIFIKACIJA ALGORITAMA ZA SEGMENTACIJU

Algoritmi segmentacije slike različito se klasifikuju u zavisnosti od autora. Prema [12] su podeljeni u tri grupe:

1. Određivanje praga (Thresholding) ili klasterizacija (Clustering) (druga tehnika je višedimenzionalno produženje prethodne)
2. Detekcija ivica (Edge detection) i
3. Izvlačenje regija (Region extraction)

Problem sa ovom klasifikacijom je da je thresholding, u stvari, takođe tehnika izvlačenja regiona, grupa (1) je samo posebna podgrupa grupe (3) [7]. Druga studija razmatra različite algoritme za segmentaciju u šest grupa [13]:

1. Thresholding (Određivanje praga)
2. Klasifikacija piksela (uključujući relaksaciju, pristupe zasnovane na Markovom slučajnom polju i pristupe zasnovane na neuronskoj mreži)
3. Range image segmentation (Segmentacija opsega slika)
4. Segmentacija slike u boji
5. Detekcija ivica
6. Metode zasnovane na fazi teoriji skupova (fuzzy set theory) (uključujući fuzzy thresholding, fuzzy clustering i fuzzy edge detection)

Jasno je da se gore navedenih šest grupa nekako preklapaju sa tehničke tačke gledišta [7]. Na primer, grupe segmentacija opsega slike (range image segmentation) i segmentacija slike u boji naglašavaju kako da se segmentiraju slike. Međutim, algoritmi segmentacije ovih slika su i dalje zasnovani na

thresholding-u, klasifikaciji piksela ili detekciji ivica, kao što je navedeno od strane autora [13]. S druge strane, grupa algoritama bazirana na fuzzy set teoriji je kombinacija fuzzy set theory sa grupama (1), (2) i (5). Tako, u stvari, samo tri grupe algoritama segmentacije se ovde razlikuju. Na kraju, algoritmi iz grupa (1) i (2) imaju mnogo sličnosti [12], dok se, na primer, često korišćene tehnike rasta regiona, ne mogu uključiti među ovim grupama.

Klasifikacija algoritama u grupe, u načelu, je problem podele skupa u podskupove. Segmentacija slike sivog nivoa (gray level) se obično zasniva na jednoj od dve osnovne osobine vrednosti nivoa sivog u slikama: diskontinuiteta i sličnosti [14]. Tako se mogu razlikovati dve kategorije algoritama: zasnovane na granici, koje eksplicitno detektuju konture objekta pomoću diskontinuiteta osobine i one na bazi regiona koje lociraju područja objekata eksplicitno prema osobini sličnosti. Ove dve kategorije se mogu smatrati kao komplementarne. S druge strane, prema strategiji procesiranja, segmentacioni algoritmi se mogu podeliti u sekvencijalne i paralelne klase [15]. U prvoj klasi, neke replike iz ranijih koraka procesiranja su uzete iz narednih koraka. Dok u drugoj, sve odluke su nezavisne i istovremeno donešene. Obe strategije su takođe komplementarne sa tačke gledišta procesiranja. Kombinovanjem ove dve vrste kategorizacije, mogu se definisati četiri grupe tehnika: G1, G2, G3 i G4 [7] kao što je prikazano u Tabeli 2.

Tabela 2. Opšta klasifikacija algoritama segmentacije

Klasifikacija	Bazirani na ivici (razlika)	Bazirani na regionu (sličnost)
Paralelni procesi	G1: Ivični – paralelni	G3: Region – paralelni
Sekvencijalni procesi	G2: Ivični – sekvencijalni	G4: Region – sekvencijalni

Ove četiri grupe mogu da pokriju/uključue sve postojeće algoritme za segmentaciju, što je ispitano od [6] i [13]. Većina segmentacija zasnovanih na procedurama detekcije ivice mogu se svrstati tako da pripadaju grupi G1, dok ostali algoritmi bazirani na ivici koriste procese kao što su povezivanje ivice i praćenje granice, koji su po svojoj prirodi sekvencijalni, mogu se bolje klasifikovati u grupu G2. Sve Thresholding i tehnike grupisanja kao i mnogi postupci koji razmatraju segmentaciju kao problem klasifikacije piksela/voksela pripadaju grupi G3. Metode zasnovane na multirezolucionoju strukturi, rastu regiona, kao i podeli i spajanju regiona (region split and merge) se često označavaju grupom G4 [7]. Novi algoritmi zasnovani na mnogo različitih matematičkih teorija i modela, kao što su Bayesian theory, Brownian string, expert system, fractal, Gabor filtering, Gaussian mixture models,

generic algorithms, Gibbs Random Field, hidden Markov models, Markov random field (MRF), multi-scale edge detection, simulated annealing, wavelet modulus maxima, i tako dalje, su privukli pažnju mnogih istraživača. Iznad opšte klasifikacione šeme još uvek su primenjivi ovi novi algoritmi. Na primer, algoritmi zasnovani na SUSAN operatoru pripadaju grupi G1, ACM i ASM pripadaju grupi G2; različite tehnike thresholding-a, bez obzira što su oni zasnovani na wavelet transformaciji, maksimalnoj / minimalnoj entropiji ili fuzzy divergenciji, ili čak fuzzy C-means, pripadaju grupi G3; watershed algoritmi pripadaju granici objekta, ali tehnike segmentacije koje koriste watershed se obično zasnivaju na atributima regiona; kao tehnika rasta regiona, watershed koristi svojstva bazirana na regionu da odrede granicu regiona i na taj način mogu se svrstati u grupu G4.

6) PREGLED LITERATURE O TEHNIKAMA SEGMENTACIJE SLIKE

U ovom odeljku je dat pregled i evaluacija karakterističnih algoritama za segmentaciju slike koji su se pojavili tokom zadnjih desetak godina.

6.1. Metode na bazi ivice

Fernando C. Monteiro i aut. [16] su predložili novi metod segmentacije slike bazirane na informaciji o ivici i regionu uz pomoć spektralne metode (spectral method) i morfološkog algoritma sliva (morphological algorithm of watershed). Kao prvo, smanjili su šum iz slike koristeći bilateralni filter (bilateral filter) kao korak preprocesiranja, drugo, iskoristili su spajanje regiona čime su izvršili preliminarnu segmentaciju, generisli su sličnost regiona, a zatim su obavili grupisanje regiona bazirano na grafiku korišćenjem Multi-class Normalized Cut metode. Za skup podataka iskorišćen je Berkley segmentation dataset. Oni upoređuju tehniku sa mean shift, multi-scale graph baziranom segmentacijom, i JSEG. Ustanovljeno je da je predložena tehnika je nadmašila ostale metode i dala bolje rezultate.

R. V. Patil [17] tvrde da, ako se broj klastera proceni na precizan način, K-means segmentacija slike će obezbediti bolje rezultate. Oni su predložili

novi metod zasnovan na detekciji ivica za procenu broja klastera. Za detekciju ivica koristi se faza podudaranja (phase congruency). Onda se ove ivice koriste da pronađu klastere. Za formiranje klastera koriste Prag i Euklidsko rastojanje. A K-means da odrede konačnu segmentaciju slike. MATLAB su koristili za sprovođenje predložene tehnike. Eksperimente izvode na devet različitih slika i rezultati pokazuju da je broj klastera tačan i optimalan. Weihong Cui i Yi Zhang [18] su predložili na ivici baziran auto-threshold metod selekcije za generisanje multi-scale segmentacije slike. Band weight i NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) se koriste za generisanje težine ivice. Za izvršavanje segmentacije slike koristi se MST i ivični metod zasnovan na pragu. Eksperimenti su obavljani na slikama sa multi-scale rezolucijom, tj. Quick-bird multispectral slikama. Rezultati su pokazali da njihov metod čuva informacije o objektu i zadržava granice objekta segmenata slike. Anna Fabijańska [19] predstavlja novi metod koristeći Variance Filter za detekciju ivica u procesu segmentacije slike. Njen metod nalazi poziciju ivice pomoću Variance Filter-a. Sobel Gradient filter sa K-means-om se koristi takođe za izdvajanje ivica i poređenje sa predloženom tehnikom. Efekat filtriranja veličinom prozora na određivanju ivice se takođe diskutuje i utvrđeno je da, ukoliko se koristi prozor 9×9 za izdvajanje ivica, onda ivica kompletno i ispravno odgovara obliku

objekta na slici. U slučaju slika većih detalja, ponuđen je mali prozor filtriranja. Rezultati pokazuju da njihova predložena tehnika daje bolje rezultate od Sobelovog detektora ivica.

Mohammed J. Islam i aut. [20] su zaključili da je kompjuterska vizija najbolje rešenje za inspekciju kapsula u farmaceutskoj industriji u realnom vremenu. Autori su razvili sistem za kontrolu kvaliteta pomoću tehnika segmentacije slike bazirane na ivici. Oni koriste Sobel-ov detector ivica u cilju otkrivaju ivice i suzbijanja šuma. Nakon otkrivanja ivica, koriste Otsu Thresholding tehniku za lokalizaciju pozadinskih i prednjih piksela. Eksperimenti su sprovedeni i rezultati su upoređeni sa NN-baziranom tehnikom segmentacije u Visual C+++. Rezultati nadmašuju NN tehniku na osnovu tačnosti i sa vremenskom razlikom procesiranja od 10 ms.

6.2. Metode na bazi Fuzzy teorije

Liu Yucheng i aut. [21] su predložili novi fuzzy morfološki baziran fuzioni algoritam segmentacije slike. Algoritam je koristio morfološke operacije otvaranja i zatvaranja da izgladi sliku, a zatim izvrši operacije gradijenta na dobijenoj slici. Posle upoređivanja predloženog fuzionog algoritma sa algoritmom sliva [22] i Prewitt metodama, utvrđeno je da fuzioni pristup rešava problem prekomerne segmentacije Watershed algoritma. Takođe čuva informacije o detaljima slike i poboljšava brzinu. Syoji Kobashi [23] koristi scale baziranu fuzzy povezanu segmentaciju slike i fuzzy model objekta na segmentu MRI slike regiona cerebralnog parenhima novorođenog mozga. Region u prednjem planu, izdvojen je u prvom koraku, korekcija MRI intenziteta nehomogenosti je sledeći, a zatim se na rezultujuću sliku primenjuje scale baziran Fuzzy Object Model (FOM). Rezultati predloženog metoda se ocenjuju na bazi Fast Positive Volume Fraction (FPVF) i Fast Negative Volume Fraction (FVNF). Rezultati iz eksperimenta su pokazali da je FOM dostigao minimalne FPVF i FVNF vrednosti. Muhamed Rizvan Khokher i aut. [24] predstavili su novi metod segmentacije slike baziran na Fuzzy Rule sistem i Grafikon Cuts. Autori su prvo segmentirali sive boje, boje i teksture slike koristeći Graph Cuts. Težine se dodeljuju odlikama slike koristeći fazi

pravila. Njihov algoritam radi tako što prvo vadi karakteristike slike, računa konstante koristeći fazi pravila, izračunava ponderisani prosek konstanti da pronađe matricu sličnosti, deli graf koristeći Normalized Graph Cut metod, i na kraju se dobija segmentirana slika iz podeljenog grafikona. Berkley databaza se koristi za procenu algoritma. Simulacija se izvodi u Matlab i C jeziku. Rezultati se ocenjuju na osnovu srednje vrednosti, standardne devijacije, i PPV vrednosti. Oni su otkrili da je većina mera evaluacije u rasponu od 0,85 do 0,95 za SD i PPV.

6.3. Metode na bazi Veštačke neuronske mreže (ANN)

Wencang Zhao i aut. [25] predlažu novi algoritam segmentacije slike baziran na teksturnim odlikama i neuronskoj mreži da razdvoje ciljane slike iz pozadine. Koriste skup podataka o micro-CT slikama. De-noising filter se koristi za uklanjanje šuma iz slike kao korak pre-procesiranja, vađenjem odlike vrši se sledeći, a zatim se kreira Back Propagation Neural Network, i na kraju, što modifikuje težinski broj mreže, i čuva izlaz. Predloženi algoritam je upoređen sa Thresholding i Region Growing metodom. Rezultati su pokazali da predložena tehnika nadmašuje ostale metode u odnosu na brzinu i tačnost segmentacije. Lijun Zhang i aut. [26] su predložili novi sistem segmentacije slike baziran na neuronskoj mreži za slike u boji. Oni kombinuju Wavelet dekompoziciju (Wavelet Decomposition) i Self Organizing Map (SOM) i predložu novi metod, tzv SOM-NN. Glasanjem između dece piksela bira se roditeljski piksel. Nakon inicijalizacije, Artificial Neural Networks (ANN) pronalazi rezultate segmentacije koji zadovoljavaju sve nivoe. Wavelet dekompozicija se vrši radi uklanjanja šuma. Otuda se kombinuju Wavelet dekompozicija i SOM-NN da izvrši segmentaciju. Rezultati su pokazali da je metod smanjio šum i da proizvodi preciznu segmentaciju. Shohel Ali Ahmed i aut. [27] su predložili tehniku klasifikacije teksture slike na baz veštačkih neuronskih mreža (ANN). Najpre, slika je odsečena i izvršeno je pre-procesiranje, nakon toga, izvodi se funkcija ekstrakcije, dok se ANN klasifikator koristi za klasifikaciju tekstura, grupisanje se vrši na odvojenoj pozadinu odsečene slike.

Tehnika ANN kombinuje ulazne piksele u dva klastera koji predstavljaju rezultate. Ovo proizvodi klasifikaciju tekstone i segmentaciju slike.

6.4. Metode na bazi praga

Shiping Zhu i aut. [28] su predložili novi, na pragu zasnovan algoritam za detekciju ivice i segmentaciju slike. Oni određuju prag svakog piksela u slici na osnovu susednih piksela. Takođe su odredili ivice slike uz pomoć predloženog algoritma. Prag svakog piksela je dobijen pomoću histograma. Da izoluju pozadinu i prag slike koriste PDF. Oni sprovode svoj algoritam u Visual C++. Rezultati nadmašuju rezultate Canny operatora, jer algoritam pronalazi ivice i vrši segmentaciju istovremeno. Anping Xu i aut. [29] predložili su na pragu zasnovan level set pristup koji se sastoji od segmentacije na bazi praga i Fast Marching metode (FMM) za segmentaciju medicinske slike. Rezultat de-noising filtera se prosleđuju FMM za svrhu segmentacije uz pomoć na pragu zasnovane level set tehnike. Oni sprovode svoj metod u VC++ i ITK. Nakon eksperimenta, rezultati su pokazali da level set metod baziran na pragu daje jasnije rezultate, tačniju i savršenu segmentaciju, takođe izbegava curenje ivica i poboljšava brzinu segmentacije.

Wu Kaihua i Ban Tao [30] predstavili su novi optimalni metod segmentacije sa pragom na osnovu kriterijuma entropije i genetskog algoritma u cilju poboljšanja procesa akvizicije slike u kompjuterskoj viziji. Faktori koji oni koriste su iluminacija, svetlost, refleksija svetlosti, CCD vreme izlaganja i neke osobine histograma slike. Oni porede svoju predloženu tehniku sa Otsu algoritam i otkrivaju da je njihov algoritam efikasniji u traženju i u pronalaženju na pragu zasnovanoj segmentaciji slike. Frenk Jiang i aut. [31] su predložili novu multilevel na pragu zasnovanu tehniku segmentacije koristeći PSO i Wavelet mutaciju. Oni su takođe predložili novi PSO algoritam koji se koristi u prva dva koraka algoritma. Izlaz PSO je prošao kroz operacije Wavelet mutacija koje obavljaju operaciju mutacije i ažuriraju PSO jednačine nakon njega. Ovaj algoritam generiše optimizovan prag i ispravnu segmentaciju. Nakon upoređivanja svog metoda sa HCOCLPSO, otkrili su da on proizvodi optimalniji prag. Takođe tvrde da je njihov algoritam najbolji za aplikacije u realnom vremenu.

6.5. Metode na bazi regiona

D. Barbosa i aut. [32] su predložili novu tehniku segmentacije slike koja spaja na ivici i regionu zasnovane informacije sa spektralnom metodom koristeći morfološke algoritme sliva (Morphological Watershed algorithms). Kao prvo koristi se filter šuma sa gradientom magnitude u fazi pre-procesiranja, drugo, pre-segmentacija se vrši pomoću spajanja regiona, zatim se generiše grafik sličnosti regiona i konačno, segmentacija se vrši pomoću Multi Class Normalized Cut metode. Metod je upoređen sa Mean Shift, MNCUT i JSEG korišćenjem prirodnih slika. Predložena tehnika prevazilazi Spectral Clustering metod. Gang Chen i aut. [33] su utvrdili da je brza ekstrakcija informacija iz objekta date slike i dalje problem kod procesiranja slike u realnom vremenu. Oni su takođe utvrdili da su metode zasnovane na regiji takođe troše dosta vremena i ne daju efikasnu segmentaciju. Predložili su novu, na regionu zasnovanu, tehniku baziranu na metodi najmanjih kvadrata u cilju otkrivanja oštih objekata. Koristili su težinsku matricu za region bazirani metod koji takođe uzima u obzir lokalne informacije i korišćenjem metode najmanjih kvadrata obezbeđuje optimalnu i brzu segmentaciju. Poređenje njihove metode je sprovedeno sa Otsu i Chan-Vese metodom korišćenjem Lena slike. Njihov metod može da izvuče odlike preciznije od drugih metoda. Zhen Hua i Yewei Li [34] predložu novi metod segmentacije slike baziran na poboljšanju vizuelne pažnje i pristupu rasta regiona. Sive vrednosti i ivice ulazne slike su izdvojene pomoću Gabor filtera i Guass-Laplace filtera. Zatim se koriste ANN metode za izdvajanje regiona od interesa. Eksperimenti se vrše na prirodnim scenskim slikama, a utvrđeno je da ne samo da je njihov algoritam izvršio segmentaciju slike savršeno, već je i pronašao istaknute ivice koje drugi ne mogu pronaći. Tiancan Mei [35] tvrdi da Markov random field (MRF) metod pati od nedostatka sposobnosti za rad sa velikim spektrom interakcije. U cilju prevazilaženja ove mane MRF, oni su predstavili novu nadzorisanu metodu segmentacije slike, odnosno, multi-scale metod segmentacije zasnovan na regiji. Kao skup podataka koriste se slike sa prirodnom scenom. Korišćenjem regiona kao parametra u multi-scale MRF modelu, njihovi algoritmi su bolji nego druge tehnike.

Iz rezultata se primećuje da RSMAP poboljšava metod MSAP koji se koristi za segmentaciju slike.

7) ZAKLJUČAK

U ovom radu, dat je teoretski uvod i definicija segmentacije slike. Opisan je istorijski razvoj i dat kratak vremenski pregled izdatih radova. Nabrojani su i opisani osnovni algoritmi i tehnike segmentacije i dat predlog za opštu klasifikaciju u 4 grupe. Kroz pregled literature data je i evaluacija savremenih postupaka, ali je cilj prikazati i bogat izbor novih

tehnika i algoritama za segmentaciju slike. Evidentno je da ne postoji savršen metod za segmentaciju slike jer rezultat segmentacije slike zavisi od mnogih faktora, odnosno boje piksela, tekstone, intenziteta, sličnosti slika, sadržaja slike, i domena problema. Dakle, nije moguće razmotriti jedan metod za sve vrste slika, niti se sve metode mogu dobro primeniti za određenu vrstu slike. Tako da je dobro koristiti hibridno rešenje koje se sastoji od više metoda za problem segmentacije slike.

REFERENCE

- [1] Yu-Jin Zhang (2006), *Advances in Image and Video Segmentation*, Tsinghua University, Beijing, China, IMR Press.
- [2] Zhang, Y. J. (2002a). *Image engineering and related publications*. International Journal of Image and Graphics, 2 (3), 441-452.
- [3] *Video Segmentation and Its Applications*. Ngan, K.N. i H.Li. s.l. : Springer, 2011.
- [4] A.D. Jepson, D.J. Fleet, *Image Segmentation*, 2004.
- [5] Haralick, R. M., & Shapiro, L. G. (1985). *Image segmentation techniques*. *CVGIP*, 29, 100-132.
- [6] Fu, K. S., & Mui, J. K. (1981). *A survey on image segmentation*. *Pattern Recognition*, 13, 3-16.
- [7] Yu-Jin Zhang (2006), *An Overview of Image and Video Segmentation in the Last 40 Years*, Tsinghua University, Beijing, China.
- [8] Roberts, L. G. (1965). *Machine perception of three-dimensional solids*. In J. Tippett et al. (Eds.), *Optical and electro-optical information processing* (pp. 159-197).
- [9] A. A. Aly, S. B. Deris, N. Zaki (2011), *Research review for digital image segmentation techniques*, International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) Vol 3, No 5.
- [10] Zhang, Y. J. (1996). *A survey on evaluation methods for image segmentation*. *Pattern Recognition*, 29(8), 1335-1346.
- [11] M. W. Khan (2014). *A Survey: Image Segmentation Techniques*. International Journal of Future Computer and Communication, Vol. 3, No. 2.
- [12] Fu, K. S., & Mui, J. K. (1981). *A survey on image segmentation*. *Pattern Recognition*, 13, 3-16.
- [13] Pal, N. R., & Pal, S. K. (1993). *A review on image segmentation techniques*. *Pattern Recognition*, 26.
- [14] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital image processing* (2nd ed.). NJ: Prentice Hall.
- [15] Rosenfeld, A. (1981). *Image pattern recognition*. *Proceedings of IEEE*, 69(5), 596-605.
- [16] F. C. Monteiro and A. Campilho, "Watershed framework to region-based image segmentation," in Proc. ICPR 19th, pp. 1-4, 2008.
- [17] R. Patil and K. Jondhale, "Edge based technique to estimate number of clusters in k-means color image segmentation," (ICCSIT), pp. 117-121, 2010.
- [18] W. Cui and Y. Zhang, "Graph based multispectral high resolution image segmentation," (ICMT), pp. 1-5, 2010.
- [19] A. Fabijanska, "Variance filter for edge detection and edge-based image segmentation," (MEMSTECH), pp. 151-154, 2011.
- [20] M. J. Islam, S. Basalamah, M. Ahmadi, and M. A. S. hmed, "Capsule image segmentation in pharmaceutical applications using edge-based techniques," IEEE International Conference on EIT, pp. 1-5, 2011.
- [21] L. Yucheng and L. Yubin, "An algorithm of image segmentation based on fuzzy mathematical morphology," IFITA'09, pp. 517-520, 2009.
- [22] M. S. A. Shahzad, M. Raza, and K. Hussain, "Enhanced watershed image processing segmentation," Journal of Information & Communication Technology, vol. 2, pp. 1-9, 2008.
- [23] S. Kobashi and J. K. Udupa, "Fuzzy object model based fuzzy connectedness image segmentation of newborn brain MR images," IEEE International Conference on SMC, pp. 1422-1427, 2012.
- [24] M. R. Khokher, A. Ghafoor, and A. M. Siddiqui, "Image segmentation using fuzzy rule based system and graph cuts," (ICARCV), pp. 1148-1153, 2012.

- [25] W. Zhao, J. Zhang, P. Li, and Y. Li, "*Study of image segmentation algorithm based on textural features and neural network*," (ICICCI), pp. 300-303, 2010.
- [26] L. Zhang and X. Deng, "*The research of image segmentation based on improved neural network algorithm*," (SKG), pp. 395-397, 2010.
- [27] S. A. Ahmed, S. Dey, and K. K. Sarma, "*Image texture classification using Artificial Neural Network (ANN)*," (NCETACS), pp. 1-4, 2011.
- [28] S. Zhu, X. Xia, Q. Zhang, and K. Belloulata, "*An image segmentation algorithm in image processing based on threshold segmentation*," in Proc. Third International IEEE Conference on SITIS'0., pp. 673-678, 2007.
- [29] A. Xu, L. Wang, S. Feng, and Y. Qu, "*Threshold-based level set method of image segmentation*," (ICINIS), pp. 703-706, 2010.
- [30] W. Kaihua and B. Tao, "*Optimal threshold image segmentation method based on genetic algorithm in wheel set online measurement*," (ICMTMA), pp. 799-802, 2011.
- [31] F. Jiang, M. R. Frater, and M. Pickering, "*Threshold-based image segmentation through an improved particle swarm optimisation*," (DICTA), pp. 1-5, 2012.
- [32] D. Barbosa, T. D. J. Sr, J. D. D. F, and O. B, "*B-spline explicit active surfaces: An efficient framework for real-time 3-D region-based segmentation*," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 21, pp. 241-251, 2012.
- [33] G. Chen, T. Hu, X. Guo, and X. Meng, "*A fast region-based image segmentation based on least square method*," in Proc. IEEE International Conference on SMC, pp. 972-977, 2009.
- [34] Z. Hua, Y. Li, and J. Li, "*Image segmentation algorithm based on improved visual attention model and region growing*," (WiCOM), pp. 1-4, 2010.
- [35] T. Mei, C. Zheng, and S. Zhong, "*Hierarchical region based Markov random field for image segmentation*," in Proc. International Conference on RSETE, pp. 381-384, 2011.