

Šokac, M., Budak, I., Jakovljević, Ž., Santoši, Ž., Vukelić Đ.

PREGLED STANJA I ANALIZA NAJČEŠĆE PRIMENJIVANIH METODA ZA SEGMENTACIJU SLIKE

Rezime: Uopšteno govoreći, segmentacija predstavlja postupak klasifikacije objekata od interesa i njihove ekstrakcije od pozadine, a kao postupak predstavlja neizostavan korak kod obrade slike. U okviru ovog rada biće predstavljena podela i pregled najčešće primenjivanih metoda za segmentaciju slike. Na osnovu literaturnih izvora izvršena je klasifikacija metoda u odnosu na njihov mehanizam sa kratkim opisom osnovnih podela i analizom najčešće primenjivanih metoda.

Cljučne reči: Segmentacija, slika, analiza slike, klasifikacija

1. UVOD

Tačna ekstrakcija bitnih objekata od interesa u odnosu na pozadinu (segmentacija) danas predstavlja veoma aktuelnu temu u analizi slike. Ovaj problem je privukao veliku pažnju istraživača [1–6] što je rezultiralo razvojem različitih mehanizama segmentacije koji su bazirani na različitim pristupima. Razlog ovome jeste to što rezultati segmentacije imaju veoma veliki uticaj na sve naredne postupke vezane za analizu slike, kao što su reprezentacija i opis objekta, merenje određenih karakteristika, pa čak i na zadatke višeg nivoa, kao što su klasifikacija objekta i interpretacija scene [6]. Segmentacija je kompleksan problem koji može da zavisi od brojnih ulaznih parametara sa slike među kojima su i boja ili tekstura slike [7, 8].

U okviru ovog rada biće prikazana podela i klasifikacija metoda za segmentaciju slike. Cilj istraživanja sprovedenog u okviru ovog rada fokusiran je na najčešće primenjivane metode za segmentaciju, pa nisu uzete obzir detaljnije podele svih postojećih metoda.

2. PREGLED METODA ZA SEGMENTACIJU SLIKE

Prema nekim autorima [9–12], vrši se različita klasifikacija kada su u pitanju algoritmi za segmentaciju slike. Kod pojedinih autora, metode za segmentaciju su prikazane u vidu opšte podele [9, 11, 13–16], dok su kod drugih autora ove metode prikazane dosta opširnije. Kada je u pitanju klasifikacija metoda za segmentaciju,

najpotpuniju podelu su prikazali autori u [13]. Međutim, kako bi se dobila potpunija slika, ova klasifikacija je dodatno proširena dodatnim poddelama, a među njima se nalaze i hibridne metode za segmentaciju [7, 17] koje su nastale kao rezultat kombinovanja dve ili više metoda, a sa ciljem poboljšanja rezultata segmentacije slike.

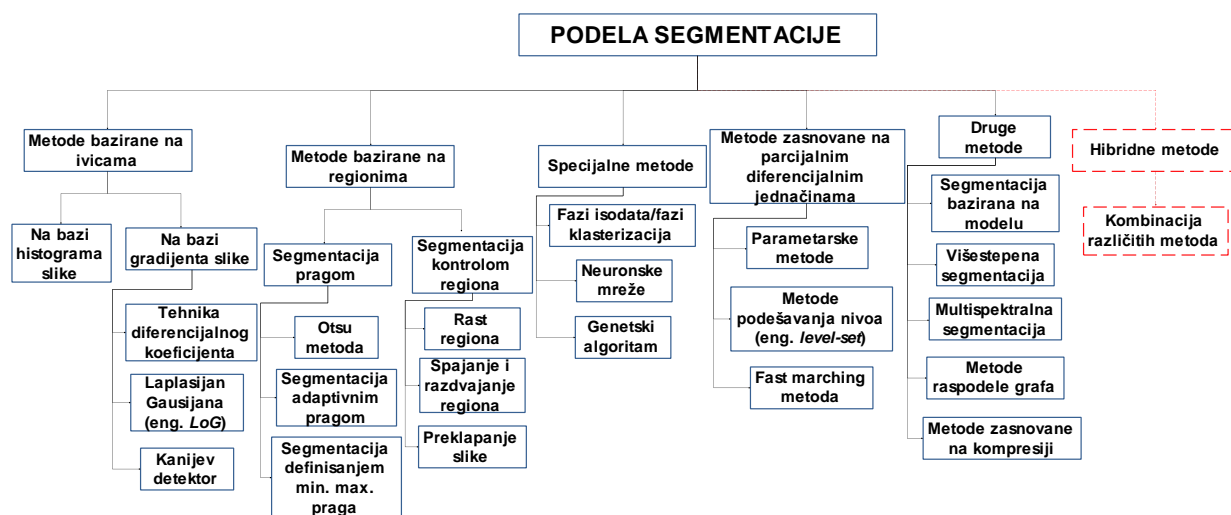
U skladu sa podelama prikazanim u naučnoj literaturi na slici 1 prikazana je podela koja je bazirana na podelama iz više literaturnih izvora [9, 11, 13–15, 18] uz odgovarajuća prilagođavanja i proširenja. Prikazana klasifikacija objedinjuje sve osnovne podele metoda za segmentaciju, međutim, postoji još više pod-podela metoda za segmentaciju.

Na osnovu tabele prikazane na slici 1 može se videti kako se osnovna podela metoda za segmentaciju slike može izvršiti na šest osnovnih grupa, u okviru kojih se nalaze metode za segmentaciju koje pripadaju datim grupama.

2.1 Metode bazirane na ivicama (engl. Edge Based)

Uopšteno gledano, ivica predstavlja jedan skup povezanih 2D piksela koji leže na granici između različitih regiona, gde postoje intenzivni diskontinuiteti kao što su promena intenziteta piksela, različite nijanse boje, različita tekstura itd. [13]. Slika se može segmentirati izdvajanjem takvih vrsta diskontinuiteta. Detekcija ivice može predstavljati kompleksan zadatak pri obradi slike, pogotovu kod slika u boji zbog njihove višedimenzionalne prirode.

Postoji mnogo izazova kod primene metode detekcije ivica, a neki od njih su [13]:



Sl. 1. Klasifikacija metoda za segmentaciju slike (adaptirano iz [11], [13], [14])

- Promena osvetljenja na slici;
- Dinamična pozadina slike;
- Šum ima veliki uticaj na oblikovanje ivice;
- Lažna detekcija ivice (detektovanje ivice gde ona ne postoji);

Primer segmentacije metode bazirane na ivicama (Kenijev detektor – engl. *Canny method*) prikazan je na slici 2a.

2.2 Metode bazirane na regionima (eng. Region Based)

Metode zasnovane na regionima zasnivaju se na kontinuitetu određenog parametra slike. Ove tehnike dele celu sliku u pod-regione u zavisnosti od nekih pravila, npr. svi pikseli u jednom regionu moraju imati isti intenzitet. Metode bazirane na regionu se oslanjaju na uobičajene obrasce vrednosti intenziteta piksela unutar klastera susednih piksela. Klaster se naziva region, a cilj algoritma segmentacije jeste grupisanje regiona prema njihovim funkcionalnim ulogama [13]. U poređenju sa metodom detekcije ivice, algoritmi segmentacije bazirani na regionu su relativno jednostavni i manje osetljivi na šum prisutan na slici [18]. Metode bazirane na regionu vrše particiju slike u regione koji su slični prema skupu unapred definisanih kriterijuma [13, 19]. Primer segmentacije slike korišćenjem metode bazirane na regionima (Otsu metoda) prikazan je na slici 2b.

2.3 Specijalne metode

U ovu grupu spadaju metode za segmentaciju višeg stepena u odnosu na prethodne dve. Ova grupa se može kategorizirati na sledeći način [13]:

- Segmentacija zasnovana na genetskom algoritmu;
- Segmentacija zasnovana na neuronskoj mreži;

- Segmentacija slike zasnovana na klasterizaciji;

Primer segmentacije korišćenjem specijalne metode (Fazi *c-means* klasterizacija/fazi isodata) je prikazana na slici 2c.

2.4 Metode zasnovane na parcijalnim diferencijalnim jednačinama

Koristeći metodu parcijalne diferencijalne jednačine (PDJ) i rešavanje PDJ numeričkim metodama, može se segmentirati slika [20]. Propagacija krivine je popularna tehnika u ovoj kategoriji, sa brojnim aplikacijama. Glavna ideja je da se razvije početna krivulja prema najnižem potencijalu funkcije cilja, gde se njena definicija odražava na zadatak koji treba rešiti. Što se tiče najčešćih inverznih problema, minimizacija funkcionalnosti troškova nije trivijalna i nameće određena ograničenja na rešenje, što se u ovom slučaju može izraziti kao geometrijska ograničenja na evoluirajućoj krivini [20, 21]. Primer metode za segmentaciju zasnovane na PDJ (metoda podešavanja nivoa – engl. *level set method*) prikazan je na slici 2d.

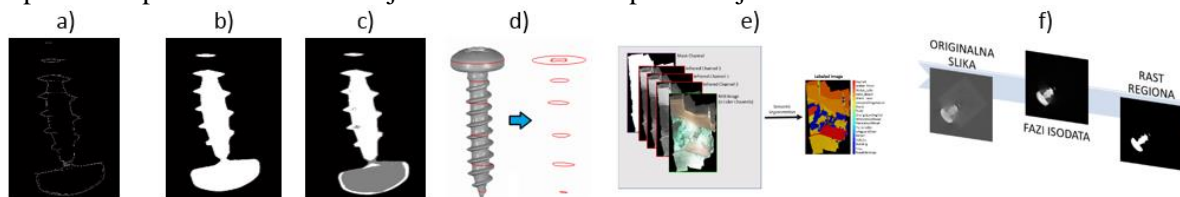
2.5 Druge (ostale) metode

Postoji mnogo drugih metoda segmentacije kao što je npr. višestepena segmentacija, metoda raspodele grafa, multispektralna segmentacija ili metode zasnovane na kompresiji. Više informacija o ovim metodama može se pronaći u radovima [22–26]. Primer drugih metoda segmentacije (konkretno multispektralna metoda segmentacije) [27] prikazana je na slici 2e.

2.6 Hibridne metode

Sa povećanjem kompleksnosti segmentacije slike, nameće se potreba za razvojem novih algoritama i metoda koji će se na adekvatan način

suočiti sa ovim potrebama. Kombinovanjem dve ili više metoda moguće je razviti hibridne metode i postići bolje rezultate segmentacije. Po pravilu, hibridne metode su robusnije, tj. manje osetljive na promene parametara i kod njih se sa istim

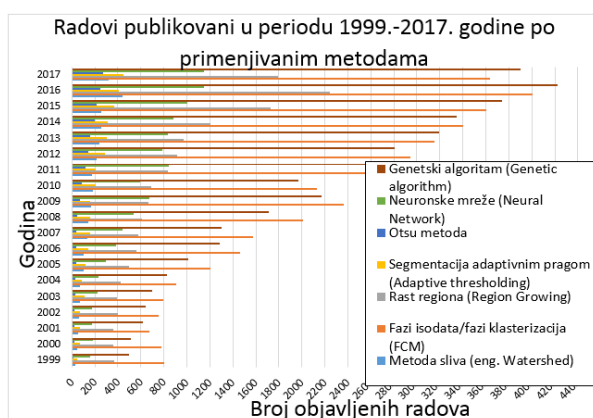


Sl. 2. Pregled osnovnih grupa metoda za segmentaciju baziranih na a) ivicama, b) regionima, c) specijalne metode, d) diferencijalnim jednačinama, e) drugim metodama [27] i f) hibridnim metodama [28]

3. NAJČEŠĆE PRIMENJIVANE METODE ZA SEGMENTACIJU CT SNIMAKA

Kod segmentacije i obrade snimaka generisanih primenom kompjuterizovane tomografije (CT), primenjuju se različite metode, kako u medicini, tako i u mašinskoj industriji. Sa ciljem prikaza rasprostranjenost i upotrebe ovih metoda izvršena je sistematizacija njihove primene u oblasti inženjerstva preko portala *Konzorcijuma biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku (KoBSON)*. U obzir su uzeti svi radovi publikovani u periodu od 1999. – 2017. godine (Slika 3) sa pretragom ključnih reči za sledeće metode:

- Metoda sliva (engl. *Watershed*),
- Fazi isodata/fazi *c-means* klasterizacija (engl. skraćeno *FCM*);
- Rast regiona (engl. *Region Growing*);
- Segmentacija adaptivnim pragovanjem (engl. *Adaptive thresholding*);
- Otsu metoda;
- Neuronske mreže (engl. *Neural Network*);
- Genetski algoritam (engl. *Genetic algorithm*).



Sl. 3. Radovi publikovani u periodu od 1999. – 2017. godine u oblasti inženjerstva preko portala KoBSON

Navedene metode su uzete u obzir kao reprezentativne metode koje se često koriste za

parametrima mogu dobiti dobri rezultati segmentacije za relativno širok spektar različitih slika [15]. Primer hibridne metode za segmentaciju (kombinacija dve metode) [28] prikazan je na slici 2f.

potrebe segmentacije. Sa slike 3 može se primetiti trend rasta primene svih metoda tokom poslednjih godina što doprinosi sve popularnijoj primeni računarskih algoritama i metoda kod obrade slike. Od ukupnog broja radova obuhvaćenih analizom, u najvećem broju su primenjivani genetski algoritmi (4226 radova), metode fazi isodata (4006 radova), rast regiona (2242 rada) i neuronske mreže (1148 radova). Kao razlog za sve češće potrebe za primenom metoda zasnovanih na mašinskom učenju može se identifikovati kompleksnost zadatka segmentacije i sve veća rasprostranjenost kompjuterizovane tomografije u identifikaciji različitih procesa.

4. ZAKLJUČAK

U radu je, na osnovu analize većeg broja literaturnih izvora, prikazan pregled metoda za segmentaciju slika, pri čemu je dat poseban osvrt na metode za segmentaciju CT snimaka. Pregled pruža uvid u trenutno stanje u ovoj kompleksnoj oblasti, a istovremeno ukazuje na konstantan razvoj novih metoda za segmentaciju slike, koji je najvećim delom posledica sve strožijih zahteva za tačnom i efikasnom ekstrakcijom informacija sa slike.

5. REFERENCE

- [1] Heinzl, C.: *Analysis and Visualization of Industrial CT Data*, Doktorska disertacija, 2008.
- [2] Hasanzadeh, R. P. R., Rezaie, A. H., Sadeghi, S. H. H., Moradi, M. H., Ahmadi, M.: *A density-based fuzzy clustering technique for non-destructive detection of defects in materials*, NDT and E International, Vol. 40, no. 4, pp. 337–346, 2007.
- [3] Bradley, D., Roth, G.: *Adaptive Thresholding using the Integral Image*, Journal of Graphics Tools, Vol. 12, no. 2, pp. 13–21, 2007.
- [4] Heinzl, C., Kastner, J., Gröller, E.: *Surface extraction from multi-material components for metrology using dual energy CT*, IEEE

- Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 13, no. 6, pp. 1520–1527, 2007.
- [5] Schmitt, R., Isenberg, C., Niggemann, C.: *Knowledge-Based System to improve dimensional CT Measurements*, 4th Conference on Industrial Computed Tomography (iCT), pp. 363–372, 19–21 September, Wels, Austria, 2012.
- [6] Sáenz, D. C., Castillo, N. G., Romeva, C. R., Macià, J. L.: *A fuzzy approach for the selection of non-traditional sheet metal cutting processes*, Expert Systems with Applications, Vol. 42, no. 15–16, pp. 6147–6154, 2015.
- [7] Wang, X.Y., Zhang, X.J., Yang, H.Y., Bu, J.: *A pixel-based color image segmentation using support vector machine and fuzzy C-means*, Neural Networks, Vol. 33, pp. 148–159, 2012.
- [8] Siang Tan, K., Mat Isa, N. A.: *Color image segmentation using histogram thresholding Fuzzy C-means hybrid approach*, Pattern Recognition, Vol. 44, no. 1, pp. 1–15, 2011.
- [9] Zaitoun, N. M., Aqel, M. J.: *Survey on Image Segmentation Techniques*, Procedia Computer Science, Vol. 65, pp. 797–806, 2015.
- [10] Geyer, L. L., Schoepf, U. J., Meinel, F. G., Nance, J. W., Bastarrika, G., Leipsic, J. A., Paul, N. S., Rengo, M., Laghi, A., De Cecco, C. N.: *State of the Art: Iterative CT Reconstruction Techniques*, Radiology, Vol. 276, no. 2, pp. 339–357, 2015.
- [11] Yogamangalam, R., Karthikeyan, B.: *Segmentation Techniques Comparison in Image Processing*, International Journal of Engineering and Technology (IJET), Vol. 5, no. 1, pp. 307–313, 2013.
- [12] Withey, D. J., Koles, Z. J.: *A Review of Medical Image Segmentation: Methods and Available Software*, Methods, Vol. 10, no. 3, pp. 125–148, 2008.
- [13] Saini, R., Dutta, M., Kumar, R.: *A comparative study of several image segmentation techniques*, Journal of Information and Operations Managements, Vol. 3, no. 1, pp. 21–24, 2012.
- [14] Kaur D., Kaur, Y.: *Various Image Segmentation Techniques: A Review*, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol. 3, no. 5, p. 809–814, 2014.
- [15] Pantofaru, C., Hebert, M.: *A Comparison of Image Segmentation Algorithms*, Robotics, Vol. 5, no. 40, pp. 123–130, 2005.
- [16] Lazarević, D., Mišić, M., Ćirković, B.: *Postojeće tehnike za segmentaciju slike*, 41. Nacionalna konferencija o kvalitetu, pp. 26–30, 22–23.06., Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac, 2014.
- [17] Liu, D., Yu, J.: *Otsu method and K-means*, Proceedings - 2009 9th International Conference on Hybrid Intelligent Systems - HIS 2009, Vol. 1, no. 2, pp. 344–349, 2009.
- [18] Matta, S.: *Review: Various Image Segmentation Techniques*, International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 5, no. 6, pp. 7536–7539, 2014.
- [19] Muthukrishnan, R., Radha, M.: *Edge Detection Techniques for Image Segmentation*, International Journal of Computer Science, Vol. 3, no. 6, pp. 259–267, 2011.
- [20] Saikumar, T., Sainadh Sandeep, K.: *Various Image Segmentation Methods Based On Partial Differential Equation-A Survey*, International Conference on Computer & Communication Technologies 2K14, pp. 183–186, 28–29.03., Hyderabad, Telangana, CMR Technical Campus, Hyderabad, 2014
- [21] Bin, Z., Xiao-Lin, Y., Rui, L., Wei, W.: *Image Segmentation with Partial Differential Equations*, Information technology journal, Vol. 9, no. 5, pp. 1049–1052, 2010.
- [22] Thayammal, S., Selvathi, D.: *A Review On Segmentation Based Image Compression Techniques*, Journal of Engineering Science and Technology Review, Vol. 6, no. 3, pp. 134–140, 2013.
- [23] Torres, A. S., Monteiro, F. C.: *Image segmentation by graph partitioning*, IPB Campus Santa Apolónia, Vol. 805, pp. 802–805, 2012.
- [24] Karande, M., Kshirsagar, D. B.: *Probabilistic model based image segmentation*, The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA), Vol. 6, no. 2, pp. 11–22, 2014.
- [25] Chan, T., Moelich, M., Sandberg, B.: *Some Recent Developments in Variational Image Segmentation*, Image Processing Based on Partial Differential Equations, Vol. 40, pp. 175–210, 2007.
- [26] Li, Y., Feng, X.: *A multiscale image segmentation method*, Pattern Recognition, Vol. 52, pp. 332–345, 2016.
- [27] Kemker, R., Salvaggio, C., Kanan, C.: *Algorithms for semantic segmentation of multispectral remote sensing imagery using deep learning*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 145, pp. 60–77, 2018.
- [28] Katić, M., Šokac, M., Budak, I.: *Primjena računalne tomografije kod proizvoda od različitih materijala*, International conference on materials corrosion, heat treatment, testing and tribology, pp. 217–222, 04–07.10., Croatian Society for Materials and Tribology, Zadar, Croatia, 2017.

ZAHVALNICA

U ovom radu su prikazani rezultati postignuti u okviru projekta TR-35020, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Autori: Mast.inž. Mario Šokac, Vanr. prof. dr Igor Budak, mast.inž. Željko Santoši, Vanr. prof. dr Đorđe Vukelić, Univerzitet Novi Sad, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovica 6, 21000 Novi Sad, Serbia, Tel: +381 21 485 2332. E-mail: marios@uns.ac.rs; budaki@uns.ac.rs; zeljkos@uns.ac.rs; vukelic@uns.ac.rs
Vanr. prof. dr Živana Jakovljević, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16 11120 Beograd, Tel.: 011 3302 264. E-mail: zjakovljevic@mas.bg.ac.rs