

**OPTIMIZACIJA ALGORITAMSKIH REŠENJA ZA IZDVAJANJE OBELEŽJA
REGISTARSKIH TABLICA U USLOVIMA OTEŽANE DETEKCIJE
ON SOME OPTIMIZATION TECHNIQUES OF NUMBER PLATE RECOGNITION
ALGORITHM FOR IMPERFECT DETECTION CONDITIONS**

HANA STEFANOVIĆ¹, RADOSAV VESELINOVIĆ², GORAN BJELOBABA³, ANA SAVIĆ⁴

¹ Visoka škola strukovnih studija za IT, Beograd, hana.stefanovic@its.edu.rs

² Ekonomski fakultet, Beograd, veselinovic.ceda@gmail.com

³ Narodna banka Srbije, Beograd, Goran.Bjelobaba@nbs.rs

⁴ Visoka škola elektrotehnike i računarstva stukovnih studija, Beograd, ana.savic@viser.edu.rs

REZIME: U ovom radu predloženi su različiti optimizacioni postupci prilikom izdvajanja obeležja registarskih tablica u cilju identifikacije vozila, u uslovima otežane detekcije tabličnog regiona. Predloženi algoritam, realizovan u MATLAB programskom okruženju, obuhvata lokalizaciju i segmentaciju tablice, kao i izdvajanje očitanih karaktera, a nakon manjih modifikacija mogao bi se koristiti u okviru sistema za automatsko prepoznavanje registarskih tablica (ANPR – Automatic Number Plate Recognition). Algoritam uključuje i predobradu slike, uklanjanje šuma, korekciju senke i odsjaja, dodatno filtriranje u slučaju magle ili drugih klimo-geografskih uslova koji otežavaju detekciju, kao i dodatnu obradu primenom Hough-ove transformacije u slučaju iskošenih snimaka tabličnog regiona. Nakon odgovarajuće predobrade i primene predloženog postupka, sa velikom tačnošću dobijaju se segmentirani karakteri, primenom nekog od standardnih postupaka za optičko prepoznavanje karaktera (OCR – Optical Character Recognition).

KLJUČNE REČI: Automatsko prepoznavanje registarskih tablica (ANPR–Automatic Number Plate Recognition), Hough-ova transformacija, optičko prepoznavanje karaktera (OCR–Optical Character Recognition), otežana detekcija.

ABSTRACT: This paper provides an optimization of a simple MATLAB-based technique for Automatic Number Plate Recognition (ANPR). Digital image segmentation, after resizing image and removing noise, is applied, while some edge detection algorithms and some morphological techniques are used. Additional spatial filtering and Hough transformation are applied to compensate the variables that can affect the ANPR's ability to produce an accurate read, such as time of day, weather and angles between the cameras and the license plates. Free Optical Character Recognition (OCR) software is used to output results.

KEY WORDS: Automatic Number Plate Recognition (ANPR), Hough transformation, Optical Character Recognition (OCR), imperfect detection.

1. UVOD

Oblast primene sistema za automatsko prepoznavanje registarskih tablica (ANPR – *Automatic Number Plate Recognition*) obuhvata: kontrolu saobraćaja, kontrolu pristupa privatnim i poslovnim objektima, u policijskom sektoru, kao i u javnoj sigurnosti i transportu na carinama, parkinzima i naplatnim rampama (Patel *et al.* 2013).. ANPR tehnologija uglavnom koristi visokokvalitetne megapikselske kamere, kao i odgovarajući softver za prepoznavanje i klasifikaciju registarskih tablica (Anagnostopoulos *et al.* 2008), ali i interpretaciju znakova sa tablica i prikaz alfanumeričkog niza koji predstavlja sadržaj tablice (OCR – *Optical Character Recognition*), koji uključuje uglavnom i menadžment baze podataka.

ANPR tehnologija je takođe važna i u cilju identifikacije ukradenih ili neregistrovanih vozila, zatim u cilju regulisanja kontrole pristupa obezbeđenim objektima, a ima primenu i u sistemima za praćenje, kontrolu i upravljanje saobraćajem, kao i za nadgledanje korporacijskih vozila, uključujući i kontrolu odvijanja javnog i privatno-komercijalnog saobraćaja kompanija (Saha *et al.* 2009).

Algoritmi koji se koriste u ANPR sistemima uključuju detekciju područja registarske tablice i segmentaciju selektovanog područja, a u cilju izdvajanja i prepoznavanja znakova na tablici veliki značaj svakako ima i primena algoritama za

detekciju ivice u digitalnoj slici (Saha *et al.* 2009, Chong *et al.* 2013, Lalimi *et al.* 2013). U cilju smanjenja uticaja uslova osvetljenja, kao i uticaja vremenskih uslova na pouzdanost ANPR algoritama, poželjno je koristiti visokospecijalizovane kamere. Neke kamere koriste infracrveni deo spektra da bi se u što većoj meri eliminisao problem osvetljaja i reflektivnosti registarske tablice, dok se poboljšanje kontrasta prema reflektivnoj podlozi može se postići i upotrebom retroreflektivnih tablica i retroreflektivnih folija, sa ciljem reflektovanja svetlosti u smeru prema izvoru, dok na nekim tablicama samo znakovi na tablicama nisu reflektivni, čime se dodatno povećava stepen kontrasta prema reflektivnoj podlozi. Najčešće je i vodeni žig sadržan u retroreflektivnoj foliji.

Svakako je izbor adekvatne kamere važan faktor za pravilno funkcionisanje kompletnog ANPR sistema, mada u okviru ovog rada nisu korišćene profesionalne visokokvalitetne kamere. Ulazne slike na koje je primenjen predloženi algoritam snimljene su u uslovima dnevne svetlosti, kao i noću, pod pretpostavkom da se vozilo ne kreće ili se kreće malom brzinom. Fotografije su snimljene kamerom mobilnog telefona od 13 megapixel, sa Carl Zeiss optikom, dok je u noćnim uslovima korišćen dupli LED blic. Algoritam prikazan u ovom radu prilagođen je identifikaciji obeležja registarskih tablica sa područja Republike Srbije, koje su dimenzija 520,5×112,9 mm, sa međunarodnom oznakom Republike Srbije - "SRB"

u plavom polju na levoj strani, zatim dvoslovnom latiničnom oznakom registracionog područja, grbom Republike Srbije - crvenim štitom sa četiri ocila, ispod kojeg se nalazi manja ćirilična oznaka registrarskog područja, nakon čega sledi registrarski broj. Registrarski broj vozila sastoji se od kombinacije tri cifre (od "0" do "9") i kombinacije dva slova između kojih je horizontalna crtica. Slova registrarskog broja su sva slova latiničnog pisma, sa dodatkom slova "X", "Y" i "W". Osim laserski ugraviranog broja i holograma visoke sigurnosti, na tablici se nalazi i folija sa sigurnosnim žigom.

Algoritam izdvajanja obeležja registrarskih tablica implementiran u ovom radu, obuhvata lokalizaciju i segmentaciju tablice, kao i izdvajanje očitanih karaktera, a realizovan je u MATLAB programskom okruženju. Ulazne slike na koje je primenjen algoritam snimljene su u uslovima dnevne svetlosti, kao i noću, dok je u uslovima magle ili drugih klimo-geografskih faktora koji otežavaju ispravnu detekciju, kao i u slučaju iskošenih snimaka, primenjeno je adaptivno filteranje, kao i Hafova transformacija (*Hough transformation*) u cilju detekcije pravih linija, što je važno prilikom izdvajanja samog tabličnog regiona. Nakon odgovarajuće predobrade i obrade slike, dobijeni segmentirani karakteri prikazani su formatu koji bira korisnik, upotrebom besplatnih OCR alata za prepoznavanje teksta sa slike, kao što su Free Image OCR, Free Easy OCR, OnlineOCR, Recognita i drugi (<http://www.onlineocr.net/>). Čuvanje dobijenih rezultata u bazi podataka, kao i upravljanje bazom podataka, nisu obuhvaćeni ovim radom, dok bi implementacija dodatnih mogućnosti pretrage video arhive, kao i prikaz u realnom vremenu na nekom standardnom klijentskom modulu značajno doprineli kvalitetu aplikativnosti predloženog algoritma.

2. OPIS ALGORITMA

Uklanjanje šuma ulazne slike izvršeno je Median filtrom (Gonzalez *et al.* 2009). Nakon binarizacije slike, izvršena je detekcija ivica Sobelovim detektorom Wang (2009), posle čega su primenjene operacije erozije i dilatacije naizmenično, koristeći isti strukturni element. Uticaj izbora vrste detektora ivica analiziran je u Stefanović *et al.* (2015), dok su različiti postupci segmentacije i izdvajanja regiona ilustrovani u (Gonzalez *et al.* 2009). Postupkom binarizacije dobija se slika čiji pikseli imaju samo dve vrednosti, 0 ili 1, pri čemu je vrednost praga binarizacije vrlo bitna za proces izdvajanja regiona tablice, i može se sprovesti sa fiksnom ili promenljivom vrednošću.

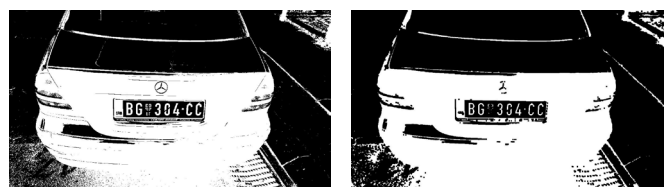
Primenom prvo dilatacije, pa zatim erozije, realizuje se operacija zatvaranja. Efekt koji se postiže zatvaranjem je popunjavanje praznina manjih od strukturnog elementa, čije dimenzije (u broju piksela) zavise od pretpostavljenog razmaka između karaktera na registarskoj tablici, a korisnik tokom vršenja algoritma može menjati i prilagođavati veličinu strukturnog elementa. Primenom ove operacije popunjavaju se praznine nastale postupkom binarizacije i izdvajanja ivica, popravljaju se i okvir tablice i izbegava mogućnost segmentacije tablice na više manjih delova, što bi svakako otežalo detekciju. Operacija otvaranja sastoji se od primene prvo erozije, pa za-

tim dilatacije. Efekat koji se postiže otvaranjem je uklanjanje nepotrebnih ili neželjenih delova slike, odnosno brisanje objekata manjih od strukturnog elementa, čije dimenzije korisnik može da menja tokom vršenja algoritma. Primenom operacije otvaranja se takođe uklanja šum sa slike i vrši razdvajanje objekata povezanih tankim linijama.

Ulazna slika prikazana na Sl.1. snimljena je u uslovima dnevne svetlosti, kamerom mobilnog telefona od 13 megapixel, sa Carl Zeiss optikom., dok je uticaj izbora praga binarizacije u cilju isticanja važnih delova slike, prikazan na Sl.2.a) i b).



Slika 1: Originalna slika snimljena u uslovima dnevne svetlosti



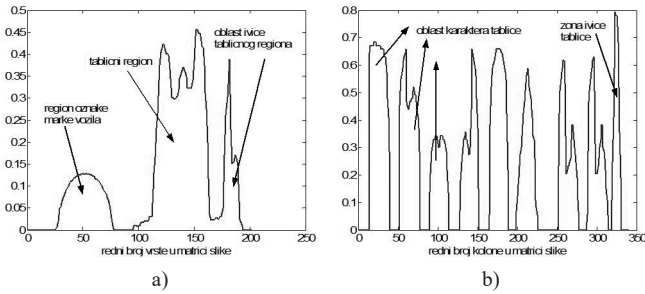
Slika 2 a) i b): Uticaj izbora praga binarizacije na proces izdvajanja regiona tablice

Izdvajanje tabličnog regiona, nakon uklanjanja šuma Median filtrom, prikazano je na Sl.3.a), detekcija ivica primenom Sobelovog detektora na Sl.3.b), rezultat primene operacije erozije i dilatacije naizmenično, koristeći isti strukturni element oblika diska, čiji se radijus zadaje brojem piksela, na Sl.3.c), a eliminacija oblasti regiona oznake marke vozila (Mercedes) na osnovu analize horizontalne i vertikalne projekcije digitalne slike Stefanovic *et al.* (2017), ilustrovana je na Sl.3.d).



Slika 3: a) Uklanjanje šuma Median filtrom b) Izdvajanje ivica Sobelovim detektorom c) Rezultat primene operacije erozije i dilatacije d) Eliminacija oblasti regiona oznake marke vozila

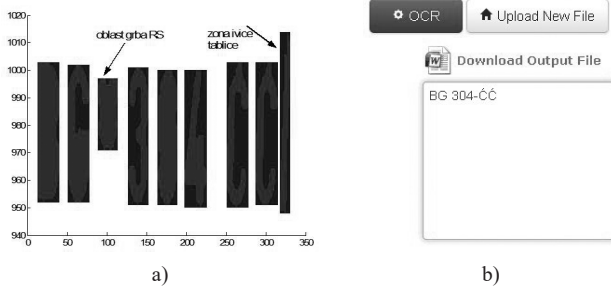
Grafici horizontalne i vertikalne projekcije prikazani su na Sl.4.a) i b), respektivno.



Slika 4: a) Vertikalna projekcija b) Horizontalna projekcija

Analiza vertikalne i horizontalne projekcije izvršena je u cilju jasnijeg definisanja tabličnog regiona i oblasti u kojima se nalaze karakteri. Vertikalna projekcija prikazana je na Sl.4.a), sa jasno izdvojenim regionom tablice, na osnovu čega se može eliminisati oblast regiona oznake marke vozila, dok je detekcija oblasti određenog karaktera, koja je identifikovana kao prostor između uzastopnih pikova funkcije na grafiku horizontalne projekcije, prikazana na Sl.4.b). Identifikacija ove oblasti moguća je čak i ako korisnik nema podatak o minimalnoj širini ili visini karaktera na tablici, a takođe je moguće registrovati i oblast oznake grba sa četiri ocila, ispod kojeg se nalazi manja ćirilična oznaka registarskog područja, što se lako može eliminisati u daljem postupku.

Nakon eliminacije ivičnog regiona tablice, kao i grba Republike Srbije, sa velikom tačnošću dobijaju se segmentirani karakteri, što je prikazano na Sl.5.a), a primenom nekog od standardnih postupaka za optičko prepoznavanje karaktera (OCR - Optical Character Recognition) koristeći neki od besplatnih OCR alata za prepoznavanje teksta sa slike, kao što su Free Image OCR, Free Easy OCR, OnlineOCR, Recognita i drugi, dobija se rezultat ispisan u formatu koji bira korisnik (<http://www.onlineocr.net/>), što je prikazano na Sl.5.b).



Slika 5: a) Prikaz segmentiranih karaktera b) Prikaz prepoznatih karaktera upotrebom besplatnih OCR alata

Otežani uslovi detekcije i segmentacije u smislu pokrivenosti dela tablice senkom, zatim u slučaju oštećenja ili zaprljanosti dela tablice, velikog stepena iskošenosti tablice i slično, zahtevaju dodatnu predobradu i obradu slike. U okviru ovog rada primenjeno je adaptivno filtriranje i korišćena je Hafova transformacija (*Hough transformation*) (Duda and Hart 1972, Stefanovic *et al.* 2015) u cilju detekcije pravih linija u digitalnoj slici, što je značajno u slučaju iskošenih snimaka.

3. REZULTATI PRAKTIČNE IMPLEMENTACIJE ALGORITMA

Konkretno, u slučaju analiziranog vozila marke Mercedes, postoji mogućnost detekcije oznake marke vozila kao karaktera O ili cifre 0, ukoliko se proces izdvajanja tablice ne izvrši korektno, kao i u slučaju postojanja latiničnog slova G i cifre 6 u oblasti tabličnog regiona. Takođe, algoritam je prilagođen za jednoreдне tablice, dok bi za slučaj dvorednih bile neophodne neke modifikacije. U slučaju izražene magle, ili ukoliko je slikano vozilo u pokretu, zamagljenje je smanjeno ili eliminisano upotrebom Motion Blur filtra (Gonzalez *et al.* 2009). Detekcija u nekim od ovih konkretnih situacija ilustrovana je na Sl.6, Sl.7, Sl.8 i Sl.9.



Slika 6 a) i b): Detekcija u slučaju iskošenih tablica u nepovoljnim klimo-geografskim uslovima (magla ili padavine)



Slika 7 a), b) i c): Detekcija u slučaju iskošenih tablica, izbor srtakturnog elementa prilikom erozije i dilatacije da bi se jasnije razlikovali karakter G i cifra 6

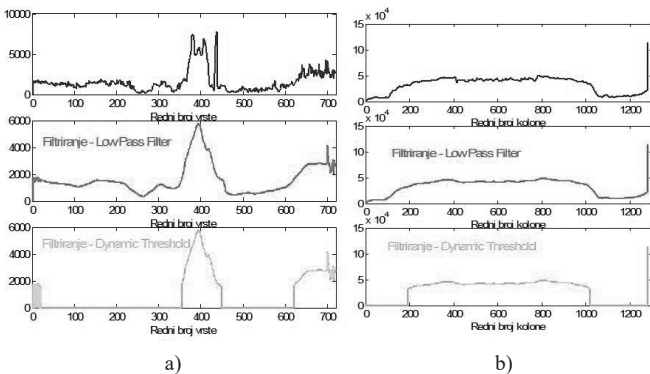


Slika 8 a), b), c), d) i e): Detekcija u slučaju postojanja karaktera O i cifre 0, uz eliminaciju oznake marke vozila Mercedes



Slika 9 a), b), c) i d): Detekcija u slučaju vozila u pokretu (prilikom parkiranja), uz primenu Motion Blur filtra

U slučaju dodatnog filtriranja, izvršena je analiza histograma vertikalne i horizontalne projekcije slike, u cilju preciznijeg lociranja tabličnog regiona. Nakon analize histograma vertikalne projekcije, prikazane na Sl.10.a) jasnije se može izdvojiti oblast ivice tabličnog regiona, region oznake marke vozila, kao i sam tablični region, dok se nakon analize histograma horizontalne projekcije detektuje oblast u kojoj su smešteni karakteri tabličnog regiona (Stefanovic and Veselinovic 2017), kao što je ilustrovano na Sl.10.b).



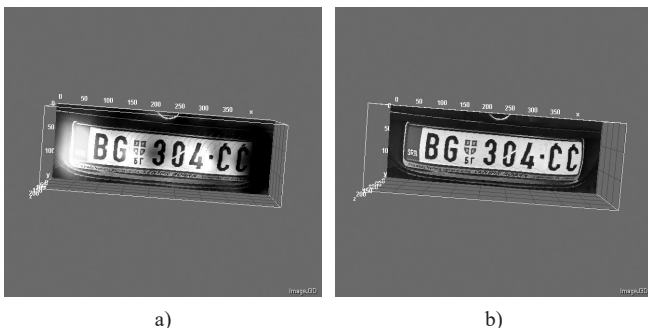
Slika 10: Analiza histograma a) vertikalne projekcije i b) horizontalne projekcije

4. PRIMENA ALGORITMA U NOĆNIM ČASOVIMA

Prilikom detekcije i segmentacije tablice u noćnim časovima, uočeno je da primena blica unosi značajno povećanje sjajnosti u centralnom regionu slike, kao što je prikazano na Sl.11, dok su, nakon korekcije ekspozicije, rezultati prikazani su na Sl.12.

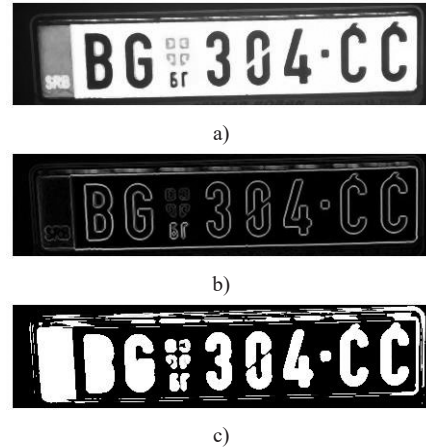


Slika 11: Originalna slika snimljena u noćnim časovima



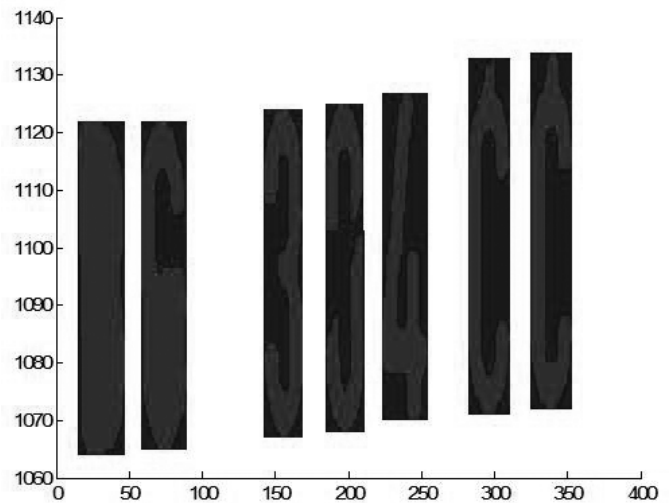
Slika12 a) i b): Ilustracija slike pre i nakon korekcije ekspozicije zbog povećane sjajnosti usled upotrebe blica

Efekat uklanjanja šuma Median filtrom, detekcija ivica primenom Sobelovog detektora, kao i rezultat primene operacije erozije i dilatacije koristeći isti strukturni element, prikazani su na Sl.13. a), b) i c).



Slika 13: a) Uklanjanje šuma Median filtrom b) Izdvajanje ivica Sobelovim detektorom c) Rezultat primene operacije erozije i dilatacije

Nakon analize horizontalne i vertikalne projekcije, izdvojeni karakteri prikazani su na Sl.14., uz zaključak da delimična iskošenost i snimanje vozila u noćnim uslovima osvetljenja ne utiču značajno na postupak izdvajanja karaktera.



Slika 14: Prikaz segmentiranih karaktera nakon eliminacije oblasti oznake marke vozila

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su rezultati praktične implementacije jednog jednostavnog algoritma izdvajanja obeležja registarskih tablica, koji obuhvata odgovarajuću predobradu slike, lokalizaciju i segmentaciju tablice, kao i izdvajanje očitanih karaktera, a realizovan je u MATLAB programskom okruženju, uključujući i dodatnu obradu u uslovima otežane detekcije.

Pravci budućih istraživanja svakako će se odnositi na analizu mogućnosti integracije sa algoritmima za prepoznavanje slova, kao i mogućnosti dodavanja nekih sintaksinih pravila, što bi sigurno doprinelo unapređenju opisanog algoritma, uključujući i upotrebu metoda veštačke inteligencije, i tehnika korišćenih u postojećim OCR sistemima. Bez obzira da li bi se implementirani algoritam za prepoznavanje slova oslanjao na poređenje sa šablonom, statističke metode ili identifikaciju granica objekata, odnosno vektorizaciju slike, bila bi neophodna analiza mogućnosti integracije sa algoritmom izloženim u ovom radu.

LITERATURA

- [1] Patel, C., Shah, D., & Patel, A. (2013). Automatic Number Plate Recognition System (ANPR): A Survey. *International Journal of Computer Applications*, vol.69, 9, 21-33.
- [2] Anagnostopoulos, C.N.E., Anagnostopoulos, I.E., Psoroulas, I.D., Loumos, V., & Kayafas, E. (2008). License Plate Recognition From Still Images and Video Sequences: A Survey. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol.9, 3, 377–391.
- [3] Saha, S., Basu, S., Nasipuri, M., & Basu, D.K. (2009). License Plate localization from vehicle images: An edge based multi-stage approach. *Int. J. of Recent Trends in Engineering*, vol.1, 1, 284-288.
- [4] Chong, J., Tianhua, C., & Linhao, J. (2013). License Plate Recognition Based on Edge Detection Algorithm. *Int. Conf. on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 395-398.
- [5] Lalimi, M.A., Ghofrani, S., & McLernon, D. (2013). A vehicle license plate detection method using region and edge based methods. *Computers & Electrical Engineering*, vol.39, 3, 834-845.
- [6] <http://www.onlineocr.net/>
- [7] Gonzalez, R.C., Woods, R.E., & Eddins, S.L. (2009). *Digital Image Processing Using MATLAB*, Knoxville, TN: Gatesmark Publishing.
- [8] Wang, W. (2009). Reach on Sobel Operator for Vehicle Recognition. *International Joint Conf. on Artificial Intelligence*, California, USA, 448-451.
- [9] Stefanović, H., Štrbac-Savić, S. & Milić, D. (2015). Poređenje performansi različitih metoda detekcije ivice u digitalnoj slici. *Int. Scientific Conf. of IT and Business-Related Research (Synthesis 2015)*, Belgrade, Serbia, 123-128.
- [10] Stefanovic, H., Miletic, A., Milic, D., Nikolic Z., & Bandjur M. (2017). Implementacija algoritma za izdvajanje obeležja registarskih tablica u MATLAB programskom okruženju, Međunarodni simp. INFOTEH 2017, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 597-602.

- [11] Duda, R.O., & Hart, P.E. (1972). Use of the Hough transform to detect lines and curves in pictures. *Commun. Ass. Comput. Mach.*, vol. 15, 11-15.
- [12] Stefanovic, H. Strbac-Savic, S. & Milic, D. (2015). Detection of straight-line segments in digital image using the Hough Transform in MATLAB. *Int. Conf. Science and Higher Education in Function of Sustainable Development (SED 2015)*, Uzice, Serbia, 2-1–2-6.
- [13] Stefanovic, H. & Veselinovic, R. (2017). Optimizacija algoritma za segmentaciju registarskih tablica u uslovima otežane detekcije. *Int. Symp. On Operations Research (SYM-OP-IS 2017)*, Zlatibor, Serbia, 170–175.



Dr Hana Stefanović, Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije (ITS) u Beogradu, Studijski program Informacione tehnologije, profesor strukovnih studija za oblast Elektrotehničko i računarsko inženjerstvo, uža naučna oblast Informacione tehnologije
Kontakt: hana.stefanovic@its.edu.rs
Oblasti interesovanja: računarski i bežični komunikacioni sistemi, digitalna obrada signala



Dr Ana Savić, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu, Studijski program Informacioni sistemi, profesor strukovnih studija za oblast Matematika i informatika
Kontakt: ana.savic@viser.edu.rs
Oblasti interesovanja: diskretna matematika i algoritmi, digitalna obrada signala



Radosav Veselinović, MSc, Ekonomski fakultet u Beogradu
Kontakt: veselinovic.ceda@gmail.com
Oblasti interesovanja: digitalna ekonomija, sigurnost i zaštita podataka na internetu



Goran Bjelobaba, MSc, Narodna banka Srbije
Kontakt: Goran.Bjelobaba@nbs.rs
Oblasti interesovanja: elektronsko poslovanje, sigurnost i zaštita računarskih sistema



UPUTSTVO ZA PRIPREMU RADA

1. Tekst pripremiti kao Word dokument, A4, u kodnom rasporedu 1250 latinica ili 1251 ćirilica, na srpskom jeziku, bez slika. Preporučeni obim – oko 10 strana, single prored, font 11.
2. Naslov, abstrakt (100-250 reči) i ključne reči (3-10) dati na srpskom i engleskom jeziku.
3. Jedino formatiranje teksta je normal, bold, italic i bolditalic, VELIKA i mala slova (tekst se naknadno prelama).
4. Mesta gde treba ubaciti slike, naglasiti u tekstu (Slika1...)
5. Slike pripremiti odvojeno, VAN teksta, imenovati ih kao u tekstu, radi identifikacije, u sledećim formatima: rasterske slike: jpg, tif, psd, u rezoluciji 300 dpi 1:1 (fotografije, ekranski prikazi i sl.), vektorske slike – cdr, ai, fh,eps (šeme i grafikoni).
6. Autor(i) treba da obavezno priloži svoju fotografiju (jpg oko 50 Kb), navede instituciju u kojoj radi, kontakt i 2-4 oblasti kojima se bavi.
7. Maksimalni broj autora po jednom radu je 5.

Redakcija časopisa Info M