

PRIMJENA INFRACRVENOG SPEKTRA U DIGITALNOJ FORENZICI

THE POSSIBILITY OF USING THE INFRARED SPECTRUM IN THE DIGITAL FORENSICS

Marinko Žagar

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

Sažetak

Ovim radom prikazat će se mogućnost upotrebe infracrvenog spektra u forenzičkom prepoznavanju lica kao i dosezi različitih istraživanja u ovom području. Primjena digitalne tehnologije u različitim aspektima ljudskog djelovanja dovodi do toga da danas gotovo nema kriminalnih aktivnosti koje ne uključuju upotrebu nekog oblika digitalne tehnologije. Kao posljedica, gotovo na svim poprištima kriminalnog djelovanja pronalaze se različiti digitalni uređaji na kojima su pohranjeni digitalni tragovi, a često se analiziraju snimljeni video materijali nadzornih kamera. Prihvatanje digitalnih dokaza u sudskom procesu strogo je definirano i osim same kvalitete dokaza ključan je postupak odnosno poštivanje procedure pronalaska, identificiranja i obrade dokaza. Primjena infracrvenog spektra u traženju i identifikaciji digitalnih dokaza pridonosi kvalitetnijoj analizi i identifikaciji digitalnih tragova.

Ključne riječi: *digitalna forenzika, infracrveni spektar, digitalni tragovi, biometrija,*

Abstract

Use of Infrared spectrum for digital forensic
This paper will show the possibility of using the infrared spectrum in forensics face recognition and achievements of different research in this area. The use of digital technology in various aspects of human activity leading to the fact that today almost every criminal activity involving the use of some form of digital technology. As a result, almost on all the scenes of criminal activity are found various digital devices that have stored digital traces and very often video material from surveillance cameras is analyzed. Acceptance of digital evidence in the trial process is strictly defined and beside to quality

of the evidence, the key is finding procedure and processing evidence. The use of the infrared spectrum in the finding and identification of digital evidence contributes to the better analysis and identification of digital traces.

Keywords: *digital forensics, infrared spectrum, digital evidence*

1. Uvod

1. Introduction

Primjena infracrvenog spektra poznata je u forenzici a istražitelji koriste infracrvene kamere kako bi fotografirali poprište kriminalnog događaja radi otkrivanja oku nevidljivih stvari poput ljudskih izlučevina, krvi, ključeva u džepu, i sl. Jednako tako u fazi analize dokaza koristi se infracrveni spektar kako bi se na samim dokazima otkrili nevidljivi tragovi. Kad je u pitanju digitalna forenzika i analiza digitalnih tragova, primjena infracrvenog spektra moguća je ukoliko su za takvu analizu stvorene pretpostavke. Ako se izuzme mjesto istraživanog događaja i fotografiranje infracrvenim fotoaparatom radi same analize pronađenih i zatečenih stvari, pohranjeni sadržaj koji je predmet analize može nam dati kvalitetnije rezultate ukoliko su primjerice nadzorne kamere opremljene infracrvenim filterima. Količina instaliranih nadzornih kamera svakim danom sve je veća kao što je i količina snimljenog i pohranjenog digitalnog sadržaja. Ako povučemo paralelu sa brojem uređaja spojenih na Internet u 2016. godini, koji je procijenjen je na 6,4 milijarde, a do 2020. bit će 20,7 milijardi uređaja spojenih na Internet [1] možemo reći da digitalni forenzičari imati sve više materijala za analizu.

Količina elektroničkih uređaja u svakodnevnoj upotrebi čini nas ovisna o tehnologiji ali nam olakšava svakodnevne aktivnosti. Jednako tako, elektroničke uređaje koriste i kriminalci za počinjenje kaznenih djela i kriminalnih aktivnosti. Porast organiziranog kriminala putem interneta posljednjih godina značajan je prema svim izvješćima [2], [3], a sve aktivnosti i korištenje digitalnih uređaja, ostavlja digitalne tragove. Danas, možemo reći, kako nema kriminalnih aktivnosti koje ne ostavljaju neki oblik digitalnih tragova. Bez obzira radi li se o primjeni tehnologije za počinjenje kriminalnih aktivnosti, da li je tehnologija cilj ili se tehnologija koristi u komunikacijske i slične svrhe, krivičnim zakonom u glavi XXV jasno su definirane kaznene odredbe u slučaju počinjenja navedenih djela [4]. Prihvatljivost digitalnog dokaza u istrazi zahtijeva posebnu pažnju i poštivanje propisanih procedura u rukovanju dokazima, a primjena infracrvenog spektra u traženju i identifikaciji digitalnih dokaza pridonosi kvalitetnijoj analizi i identifikaciji digitalnih dokaza.

2. Prihvaćanje i korištenje digitalnih dokaza

2. *Acceptance and use of digital evidence*

Prihvaćanje digitalnih dokaza u sudskom procesu je strogo definirano, a osim same kvalitete dokaza ključan je postupak odnosno poštivanje procedure pronalaska, identificiranja, prikupljanja, obrade i prezentacije dokaza kako bi dokazi bili prihvatljivi u sudskom postupku. Elektronički ili digitalni dokaz definiran je u Zakonu o kaznenom postupku [5], ali rapidni razvoj u području digitalne tehnologije zahtijeva stalna unapređenja i prilagodbe. Prihvatljivost digitalnog dokaza određuje da li je dokaz prihvatljiv u sudskom postupku a bazira se na nekoliko načela: autentičnost, cjelovitost, relevantnost, pouzdanost, vjerodostojnost i točnost [6]. Digitalni dokazi su po svojoj strukturi podložni vanjskim utjecajima pa je ključan uvjet za prihvatljivost dokaza na sudu rukovanje s dokazima kroz „lanac dokaza” tj. digitalni dokaz u svakoj fazi obrade mora biti pod odgovarajućim nadzorom te mora biti evidentirano tko, kad, gdje i na koji način je dolazio u doticaj sa

1 Chain of custody ili chain of evidence

dokazom. Za iznošenje dokaza u sudskom procesu koristi se mišljenje sudskih vještaka, experta imenovanih od strane suda za područje digitalne forenzike, koji za prihvatljivost i analizu digitalnog dokaza koriste znanstvene metode opisane u Daubertovom² standardu:

- Da li se korištena teorija ili tehnika može testirati
- Da li je korištena tehnika objavljena i da li je podvrgnuta recenziji
- Da li su poznate statistike pogrešaka
- Da li postoji i da li se održava standard koji kontrolira izvođenje
- Da li je procedura prihvaćena i relevantna znanstvenoj zajednici

Odluku o tome koji digitalni dokazi će se prihvatiti donosi sudac koji predsjedava postupkom temeljem iznesene argumentacije vještaka.

3. Izazovi analize u vidljivom i infracrvenom spektru

3. *Challenges of analysis of the visible and infrared spectrum*

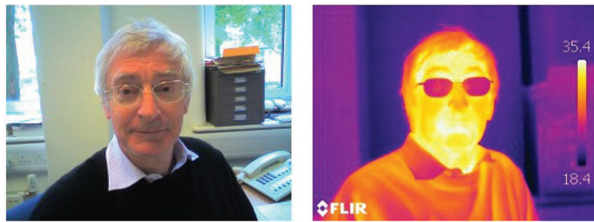
Iako je tehnologija u posljednjem desetljeće donijela značajan napredak u analizi i strojnom prepoznavanju lica [7], upotreba automatiziranih sustava za prepoznavanje još je daleko od ljudske percepcije. Limiti u vidljivom spektru i smanjena mogućnost raspoznavanja u velikoj mjeri ovisе o uvjetima u kojima je slika ili film nastala. Limiti vidljivog spektra su:

- Osvjetljenje ili smanjena vidljivost lica
- Položajne varijacije
- Promjene izraza lica
- Maskiranje lica
- Pomagala kao što su naočale

Kad je s druge strane infracrveni spektar u pitanju, postoje nedostaci koji ograničavaju upotrebu nadzornih sustava zasnovanih na infracrvenom spektru. Osjetljivost na temperaturne oscilacije u okolini koje pojačavaju strujanja hladnog ili vrućeg zraka. Osjetljivost na isijavanje topline iz lica uzrokovane fizičkim stanjem osobe (zbog nedostatka sna, djelovanje alkohola ili opijata), različita psihološka stanjem (stres, strah, uzbuđenje) i sl.

2 Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals (92-102), 509 U.S. 579 (1993)

[8]. Pored navedenog, infracrvenim spektrom nije moguće snimiti oči osobe koja nosi naočale.



Slika 1 Fotografija snimljena u vidljivom i infracrvenom spektru³

Figure 1 Photo taken in the visible and infrared spectrum

Uspoređujući ove dvije tehnologije, prednosti i nedostatke, infracrveni spektar ima prednosti kad su u pitanju smanjena vidljivost pa i potpuni mrak, različite poze, osobine lica koje nisu vidljive poput krvožilnog sustava i sl. Vidljivi spektar s druge strane rješava neke nedostatke infracrvenog spektra poput problema naočala. Nameće se rješenje integracije tj. fuzije vidljivog i infracrvenog spektra kako bi se prevladali nedostaci koje imaju.

4. Primjena IR u digitalnoj forenzici

4. The application of IR in digital forensics

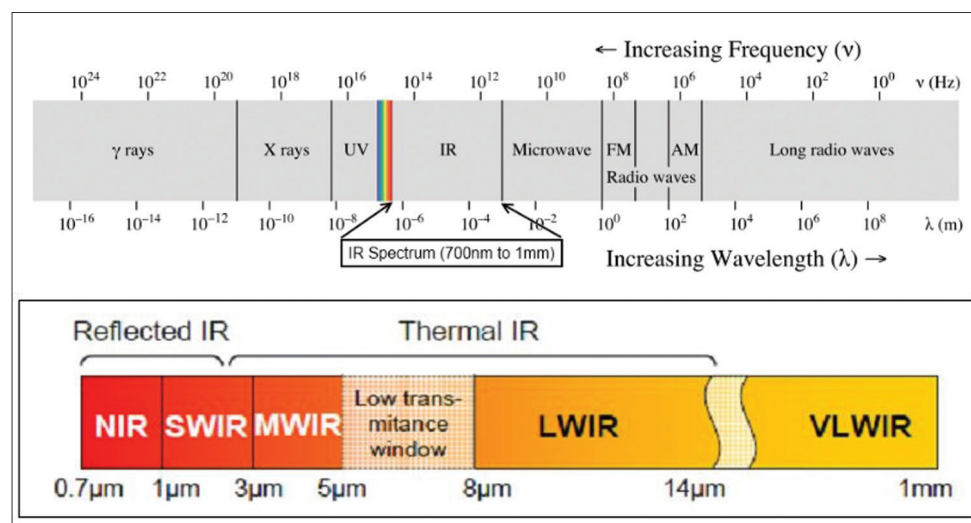
Korijen riječi ‘infra’ u latinskom znači ispod - infrared - ispod crvenog. Kako je crvena boja u spektru boja pripada prvoj vidljivoj boji nakon infracrvene, otud i izraz tj. naziv „ispod crvene“. Blisko infracrveno područje vrlo je zanimljivo u elektrotehnici jer ga koriste daljinski upravljači,

senzori pokreta i sl. Također, blisko infracrveno područje koristi se u infrared dizajnu i zaštiti dokumenata, vrijednosnica i ostalih materijala nositelja tiska [9] [10] [11]. Radi jednostavnosti primjene i relativno niskih troškova kod nabave opreme, dostupno je za istraživanja. Nalazi se iznad vidljivog spektra 700 nm a seže do 1400nm.

Tablica 1 Karakteristike Infracrvenog spektra u odnosu na primjenu [12]

Table 1 Features Infrared spectrum in relation to the application [12]

S.NO	IRS Sub-bands	Range	Image Characteristics	Applications
1	NIR	0.7-1.4 μm	Good excellence, Human body condition invariant	Facial Recognition, Hand Vein detection
2	SWIR	1.4-3 μm	Good quality, Less sensitive to body conditions	Face Recognition
3	MWIR	3-8 μm	Good quality, sensitive to body conditions	Face and Hand Vein Recognition
4	LWIR	8-15 μm	Low contrast, sensitive to body conditions	Face and Hand Vein Recognition



Slika 2 Područje infracrvenog spektra

Figure 2 Infrared spectrum

3 Izvor: <http://www.spacekids.eu/index.php/education-outreach/infrared-light-and-the-em-spectrum>

U tablici 1 prikazane su karakteristike i moguće primjene različitih varijacija infracrvenog spektra.

Biometrijske metode u prepoznavanju lica možemo svesti na tri osnovne i to:

- Holistička metoda – analizira se lice u cjelini jednom od metoda (Eigenfaces, Principal Component Analysis, Linear Discriminant Analysis i sl.)
- Metoda zasnovana na obilježjima – analiziraju se oči, nos, usta, njihov položaj, geometrija i sl.
- Hibridna metoda – koristi kombinaciju holističke i metode obilježja

Pored navedeni metode u literaturi se navode i neke druge metode [13]:

- Metoda zasnovana na bazi znanja i pravilima (Knowledge-based methods)
- Metoda zasnovana na jedinstvenim karakteristikama (Feature-invariant methods)
- Metoda predloška ili templatea (Template matching methods)
- Metoda zasnovana na statističkim analizama (Appearance-based methods)

Ključan element ovih metoda je tehnika mjerenja lica, tj. mjere se ključna obilježja poput razmaka očiju, širine nosa, dubina očnih udubljenja, udaljenost jagodica i sl. koja se ne mijenjaju tijekom godina. Ovakvih obilježja na licu ima 80-tak. Usporedba se radi na 20-tak obilježja od kojih se formira numerički digitalni kod pomoću kojeg se pretražuje baza podataka u potrazi za istim obilježjima.

5. Metode za prepoznavanje lica u infracrvenom spektru

5. *Methods for facial recognition in the infrared spectrum*

Metode prepoznavanja lica razvijale su se tijekom različitih istraživanja i korijene vuku iz biometrijskih metoda što se po nekim metodama vidi i iz naziva, a pregled metoda koje se odnose na infracrveni spektar opisan je u radu [12]:

- Holistička metoda – analizira lice u cjelini na način da koristeći različite metode izrađuje jedinstveni oblik ključnih točaka koje se pretvaraju u jedinstveni oblik lica poput otiska prsta.
- Klasična metoda – predstavlja metodu u kojoj se slika uspoređuje sa spremljenim slikama u bazi podataka. Baza podataka sadrži više položajnih i facijalnih varijacija (12), a

korištenjem različitih metoda pretraživanja kao što su Eigen faces, Linear Discriminant Analysis (LDA), Local Feature Analysis (LFA) and Independent Component Analysis (ICA) postizali su bolje rezultate u infracrvenom i termalnom spektru u odnosu na vidljivi spektar.

- Suvremena metoda – pretpostavlja upotrebu i kombinaciju više različitih statističkih metoda koje nisu donijele očekivani napredak u prepoznavanju lica iz baze podataka.
- Metoda temeljena na obilježjima – izdvajanjem različitih značajki lica poput slike krvožilnog sustava, oblika lica, i sl., korištenjem različitih statističkih metoda.
- Multimodalna metoda - Multi-spektralna / Hiper-spektralna analiza. Proces usporedne akvizicije seta fotografija u različitom dijelu spektra. Mogućnost analize kože (boja, starost, spol i sl.) zahvaljujući IR fotografijama.

6. Integracija sustava u vidljivom i infracrvenom spektru

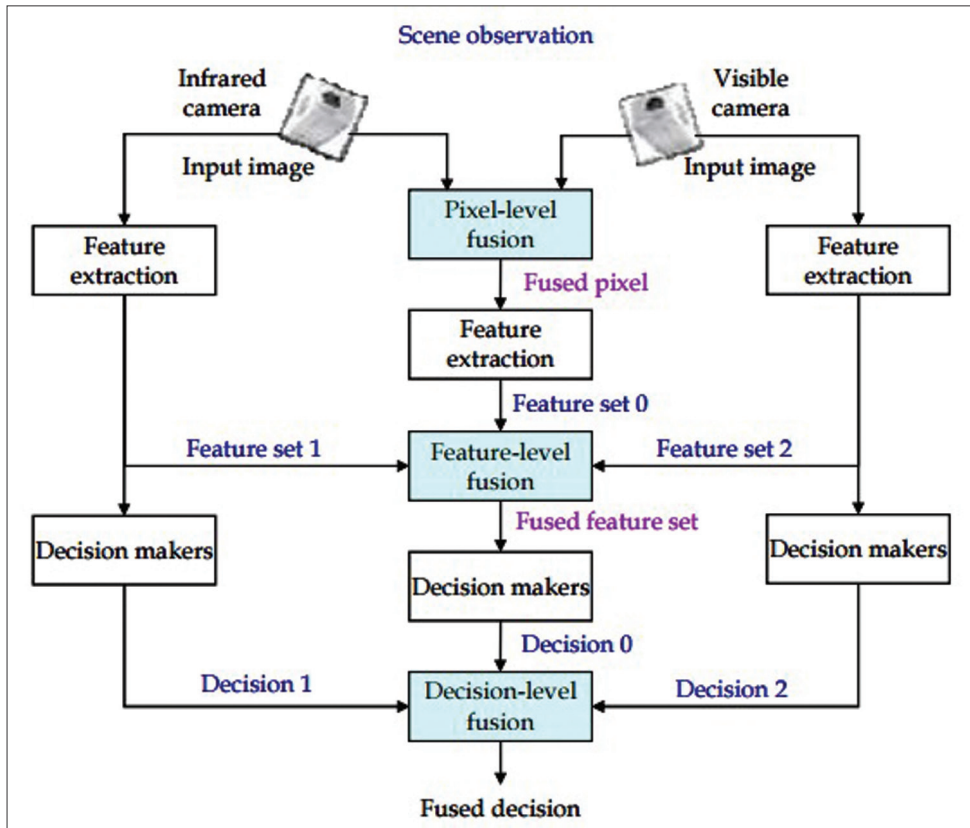
6. *Integration of systems visible and infrared spectrum*

Imajući u vidu nedostatke i limite u vidljivom i u infracrvenom spektru ali i komparativne prednosti svakog od njih, nameće se potreba za integracijom navedenih tehnika u više spektralnu tehniku koja će objediniti vidljivi i infracrveni spektar.

Moderni multisenzorski sustavi za video nadzor koriste algoritme za objedinjavanje i fuziju slika poput Multi-Scale-Decomposition (MSD) i Non-Multi-Scale-Decomposition (NMSD). Razlika u ovim algoritmima svodi se na to da MSD transformira ulazne slike prema unaprijed određenim pravilima NMSD algoritam uključuje Principal Component Analysis (PCA), Weighted Average technique, Teorija procjene, i Neuralne mreže.

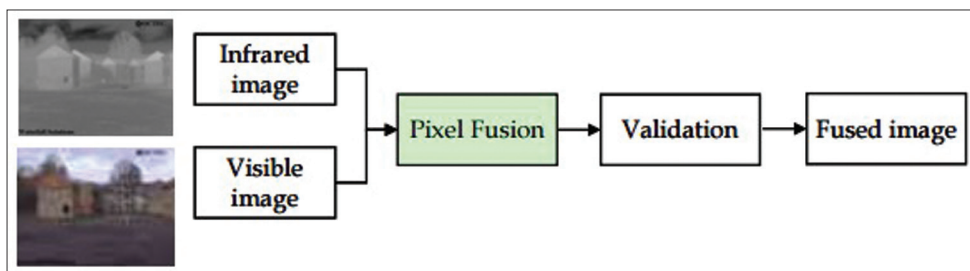
Osim navedenih algoritama, objedinjavanje se može napraviti na razini pixela. Infracrvena i slika iz vidljivog spektra se objedinjavaju na fizičkoj razini i ovaj model trenutno ima najveću zrelost [8]. Nužan preduvjet da bi se mogla napraviti integracija na razini pixela je da slike u oba spektra budu snimane istovremeno.

Osim navedenih, postoje i sustavi za objedinjavanje na razini ključnih karakteristika (Feature level image fusion)



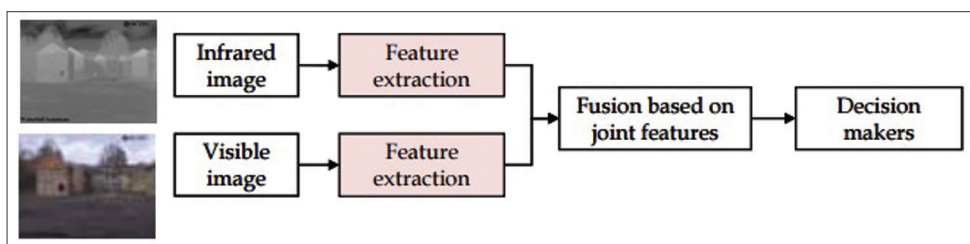
Slika 3
Univerzalna
arhitektura sustava
fuzije IR i VS [8]

Figure 3
Universal
architecture of fusion
IR and VS [8]



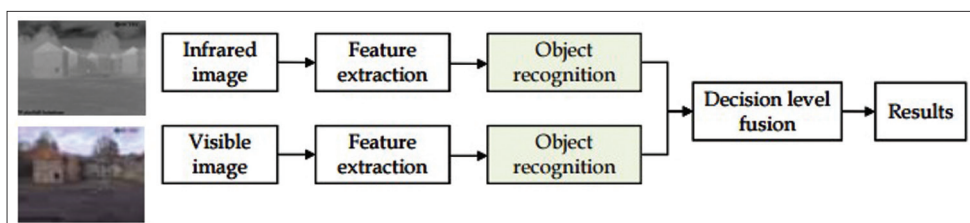
Slika 4
Shematski prikaz
pixel fuzije

Figure 4
Schematic
representation of
pixel fusion



Slika 5
Feature level image
fusion

Figure 5
Feature level image
fusion



Slika 6
Decision level image
fusion

Figure 6
Decision level image
fusion

kao i Objedinjavanje temeljem odluke (Decision level image fusion).

Bez integracije sustava koji rade u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra bit će i dalje

limita u svakom sustavu. Navedeni limiti često onemogućavaju da utvrdimo identitet osobe na fotografiji, iako se na nekim objektima osim standardnih uređaja za snimanje u vidljivom dijelu

spektra koriste i uređaji koji snimaju objekte u infracrvenom dijelu spektra. Usporedba sa spremljenim podacima u bazi podataka i otkrivanje identiteta nije moguća iz razloga što u bazama podataka nema fotografija sa varijacijama kao i infrared fotografijama. Savladavanje navedenih limita moguće je proširenjem baza podataka u kojima se nalaze fotografije u vidljivom dijelu spektra sa fotografijama u infracrvenom spektru, kao i sa položajnim i facijalnim varijacijama. [14]

7. Zaključci i budući izazovi

7. Conclusion and future challenges

Tehnologija koja se danas koristi za nadzor značajno je naprednija u vidljivom dijelu spektra u odnosu na tehnologiju infracrvenog spektra. Razlog tomu je

činjenica da je tek nedavno tehnologija infracrvenog spektra postala dostupna širem krugu istraživača jer se donedavno primjenjivala isključivo za vojne svrhe. Rezolucija kamera u vidljivom dijelu spektra je do 6 puta viša od kamera infracrvenog spektra i tu se očekuju značajni pomaci. Također, posljednjih nekoliko godina donijelo je značajne napretke u tehnologiji prepoznavanja lica i mnoga istraživanja ovog područja su u tijeku. Budući izazov je svakako praktična integracija najnovijih tehnologija u ovom području i multimodalna analiza.

Pored navedenog, prepoznavanje lica često je radi različitih uvjeta u vidljivom dijelu spektra otežano ili onemogućeno, a infracrveni spektar omogućava bolje prepoznavanje lica posebno u uvjetima smanjene vidljivosti. Proširenje baza osobnih podataka sa slikama iz infracrvenog dijela spektra povećava učinkovitost sustava za prepoznavanja lica.

11. Reference

11. References

- [1] R. Van Der Meulen, »Explore the Value and Impact of IoT on Business,« Gartner INC Symposium/ITxpo, Barcelona, November, 2015.
- [2] Europol, Internet Organised Crime Threat Assessment, The Hague: European Police Office, 2016, pp. 10-11.
- [3] Verizon, Data Breach Investigation Report, New York: Verizon, 2016, pp. 6-11.
- [4] Sabor RH, Kazneni zakon RH, Zagreb: Narodne novine br.125, Zagreb, 2013.
- [5] Sabor RH, Zakon o kaznenom postupku, Zagreb: Narodne novine br. 152, Zagreb, 2012.
- [6] J. Čosić, Izgradnja otvorenog okvira za uspostavu i očuvanje lanca dokaza u forenzičkoj analizi digitalnih dokaza, Doktorska disertacija, Varaždin: Fakultet organizacije i informatike, Varaždin 2014, p. 18.
- [7] R. P. A. W.Zhao, »Face Recognition: A Literature Survey,« ACM Computing Surveys, svez. 35, br. 4, pp. 399-459, 07. 2003.
- [8] G. B. I. P. Aglika Gyaourova, "Fusion of Infrared and Visible Images for Face Recognition," in 8th European Conference on Computer Vision, pp 456-468, ISBN: 978-3-540-21981-1, Prague, 05.2004.
- [9] K. Pap, J. Žiljak Vujić, U. Leiner Maksan i V. Uglješić, »Metoda izrade dualnog portreta na osobnim dokumentima,« Polytechnic & Design, Tehničko veleučilište u Zagrebu, svez. 1, br. 1, pp. 33-38, 2013.
- [10] S. Crnjac i J. Žiljak Vujić, »Zaštita ispisa dokumenata u zdravstvu,« Polytechnic & Design, Tehničko veleučilište u Zagrebu, svez. 4, br. 1, pp. 6-14, Zagreb, 2016.
- [11] J. Žiljak Vujić, Sigurnosna grafika, individualizacija vrijednosnih papira i rasterski model, Zagreb: Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2014.
- [12] N. P. K. B. Shwetank Arya, »Future of Face Recognition: A Review,« u Second International Symposium on Computer Vision and the Internet(VisionNet'15), pp 578-585, Denver, 2015.
- [13] K. Solanki, »Review of Face Recognition Techniques,« International Journal of Computer Applications, svez. 133, br. 12, pp. 20-24, 2016.
- [14] M. Žagar, »Primjena infracrvenog spektra u digitalnoj forenzici,« u Tiskarstvo i dizajn 2016, Zagreb, 03. 2016.

AUTORI · AUTHORS

Marinko Žagar – nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 4, No. 1, 2016.

Korespondencija

marinko.zagar@tvz.hr