

HIDROELEKTRARNE NA SPODNJI SAVI – SISTEM ZA DETEKTIRANJE PLOVBE TER PLAVJA S POMOČJO IZLOČANJA BARVNIH OBMOČIJ

Aleš ŠTRICELJ

POVZETEK

V članku je predstavljena metoda zaznavanja predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij. Izraz barvno območje predstavlja kompleksen nabor barvnih spektrov, značilnih za določeno opazovano področje. Metoda detektiranja predmetov na vodi predstavlja vpeljavo različnih metod obdelave slike na vodi in je tako prilagojen barvnemu spektru vode. Metoda razpoznavanja, predstavljena v članku, uvaja faze pred-procesiranja slike, določitev barvnega območja primerne za tak sistem, definiranje barvnega odmika z evklidovo razdaljo ter uvaja postopek erodiranja nad sliko. Zasnova takšnega sistema nam omogoča robustno ter zanesljivo detekcijo predmetov na vodi, hkrati pa nam daje primerljive rezultate s sistemi, ki bazirajo predvsem na optimizaciji kontrasta slike ter detekciji robov.

ABSTRACT

This article presents a method of detecting objects on water surface using color elimination based on image eroding with morphological variable. Term color area represents a complex enlistment of color spectra distinctive for a specific observed area. System of detecting object on water surface presents initiation of different methods of processing image on water surface and is so adapted to colorful water spectrum.

The method of recognition which is introduced in this article, initiates phases of image pre-processing, determining color area, suitable for this kind of system and defining color deviation with Euclidean distance. It also initiates procedure of eroding on the image. Plan of that kind of system enables robust and efficient detection of objects on water surface and gives as comparable results with systems that base above all on optimization of image contrast and edge detection.

1. UVOD

Detekcija predmetov na vodi, predvsem možnosti detektiranja plovbe ter sama detekcija plavja, predstavlja problem, ki je dandanes še premalo raziskan. Zato prav na tem področju obstaja še veliko možnosti za vpeljavo raznih sistemov za detekcijo na vodi. Problematika plovbe po strugah rek v bližini energetskih objektov predstavlja poleg neposredne ogroženosti udeležene osebe tudi resno nevarnost za sam energetski objekt in ima lahko za samo delovanje različne posledice, od tistih zanemarljivih, pa vse do takšnih, ki lahko za

določen čas resno ogrozijo obratovanje energetskega objekta ter seveda ogroženost udeležene osebe. V okolici objekta, na primer hidroelektrarne, je določeno območje, v katerem je prepovedana kakršnakoli oblika plovbe po rekah znotraj tega območja. Na teh omejenih območjih oziroma na samem območju akumulacijskih bazenov se že odvijajo razne športne dejavnosti, kot so: čolnarjenje, splavarjenje, plavanje, vožnja z motornimi čolni in druge, ki lahko ob okvari naprav ali človeški napaki privedejo do resnega problema v primeru, da človeka ali predmet odnese proti sami hidroelektrarni. Z zaznavo takšnih objektov bi lahko ustrezno alarmirali posadko v centru vodenja, le-ta pa bi lahko nato ustrezno ukrepala. V članku pa je hkrati predstavljena tudi ideja detekcije plavja, ki tako kot plovba, lahko predstavlja resen problem za samo delovanje hidroelektrarn. Plavje je na območju hidroelektrarn predvsem v času povečanih pretokov rek relativno velik problem, saj zahteva redno čiščenje vstopnih rešetk na turbinskih vtokih ter odstranjevanje plavja na natočnih rampah. Ob samem postopku čiščenja je potrebno moči agregatov zniževati, občasno pa celo ustaviti, kar predstavlja upad moči ali celo izpad trenutnega obratovanja. Trenutno nedelovanje oziroma delovanje elektrarne na manjši moči pa predstavlja velik finančni izpad v tem času. Problem mašenja turbinskih vtokov se pri odprtih zapornicah, prelivanju prenaša na vse hidroelektrarne, ki si sledijo v verigi. V času normalnega obratovanja se v akumulacijskem bazenu pred samo hidroelektrarno nabira plavje, ki ga je potrebno vsake toliko časa odstraniti iz vode. V obdobju visokih voda pa lahko na samih hidroelektrarnah prihaja do problema večjega plavja, kot so recimo drevesna debela, avtomobilske gume. Razlog za nastanek takšnega plavja so predvsem obilnejše padavine tekom leta ter neurja in sneg v zimskem času, ki lomi veje dreves ob rekah. Zaradi teh padavin se dvigne nivo vode, visoka voda pa s seboj tako odnaša odpadlo drevje, veje in ostale odpadke. Za nastanek ostalega plavja, kot so npr. kosi plastike, avtomobilske gume, kovine, pa je predvsem kriv človek, ki s svojimi divjimi odlagališči grobo posega v samo naravo. V vseh teh primerih bi lahko z detekcijo objektov v vodi opozorili na bližajoče se predmete ter teko preprečili morebitno nadaljnjo škodo.

2. MOŽNOSTI RAZŠIRITVE UPORABE METODE

Metoda detektiranja predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij je sestavljena iz več sklopov segmentiranja slike. Vsak sklop zase predstavlja zaključeno celoto in se ga lahko uporabi v različne namene ter na različnih področjih. Glede na kompleksnost sistema bomo v tem poglavju podali samo nekaj možnosti uporabe ter način, kako se lahko metodo zaznavanja predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij modificira za uporabo na drugih področjih.

2.1 Možnosti razširitve

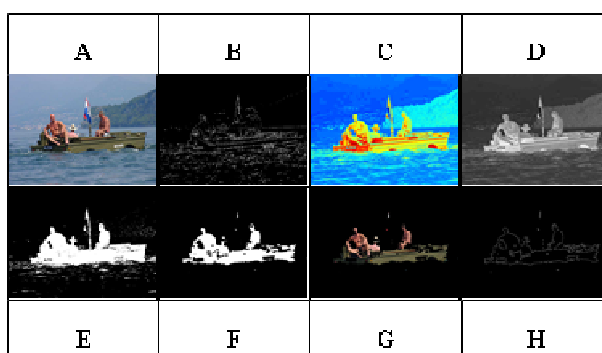
Sama metoda deluje najprej na definiranju barvnega območja. Glede na definiranje tega območja lahko tako samo metodo preoblikujemo, definiramo barvno območje, ki je specifično za določeno namembnost, samo aplikacijo pa nato uporabljamo na več področjih. Detektiranje na podlagi izločanja barvnih območij nam omogoča, da si kot osnovo izberemo nek poljuben

element, predmet na sliki, ki bi ga želeli izločiti od preostalih. V osnovi nam metoda omogoča nastavitve barvnega območja, ki nam predstavlja odvečen del na določeni sliki in katerega želimo izločiti. V tem primeru iz slike dobimo grobo sliko prikaza predmeta, ki ga izločamo. Metoda nam v nadaljevanju nato omogoča, da s pomočjo postopka erodiranja slike z morfološko spremenljivko izločimo vse odvečne elemente iz slike, ki nam ne predstavljajo ustreznega rezultata. Ker sta določitev barvnega območja ter oblika in velikost morfološke spremenljivke določena eksperimentalno, določata poljuben spekter uporabe in možnosti razširitve metode v druge namene. V nadaljevanje predstavljamo le nekaj primerov uporabe same metode.

2.2 Nekaj primerov uporabe metode

- *Detektiranje plovbe na območju rek, morij:*

Področje detektiranja plovbe (Slika 1) lahko predstavlja resen problem na območjih, kjer je plovba strogo prepovedana, npr. na območjih energetskega objekta, kot so hidroelektrarne ter na območju zajezev strug. Sama metoda je zasnovana tako, da glede na izbrano bazo slik omogoča detekcijo predmetov na vodnih površinah. Kot osnovno barvno območje metoda uporablja odtenke modre barve, ki jih je potrebno eksperimentalno določiti. Prav tako se v fazi segmentiranja eksperimentalno določi tudi pragovna vrednost posameznega slikovnega elementa, kar nam kasneje omogoča uspešno detekcijo predmeta na vodi. Na slikah, ki ponazarjajo primere uporabe metode so s črkami predstavljene posamezne faze metode in sicer: **A**-originalna, osnovna slika, **B**-prikaz detekcije robov nad originalno sliko, **C**-prikaz skalirane slike po definiranju barvnega odmika, **D**-pretvorba C v sivinsko sliko, **E**-slika vrednosti, ki odstopajo od določenega praga, meje, **F**-slika po postopku erodiranja, **G**-prikaz maske izbranih slikovnih elementov nad osnovno sliko, **H**-prikaz detekcije robov nad dobljeno sliko izbranih slikovnih elementov.

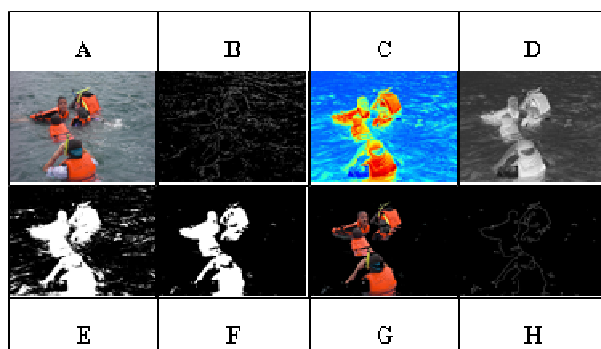


Slika 1: Prikaz detekcije plovbe

- *Detektiranje plavalcev, utopljenec, oseb v nevarnosti na vodnih površinah:*

Eno izmed glavnih področij delovanja metode za detektiranje predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij je vsekakor detekcija nevarnosti na vodnih površinah. Detekcija

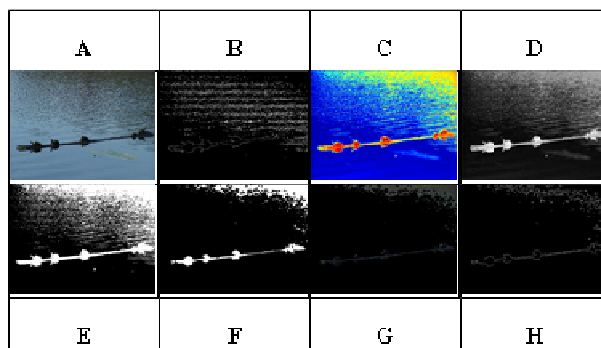
ljudi, živali, ki se lahko znajdejo v nevarnem položaju na vodnih površinah; časi poplav, stanje visokih voda v času deževja, razne naravne vodne katastrofe, lahko v teh primerih predstavlja rešitev oziroma lahko zelo pripomore osebj, ki deluje v postopku reševanja ponesrečencev iz vode.



Slika 2: Prikaz detekcije plavalcev, utopljenecv

- *Detekcija plavja na območju rek, morij:*

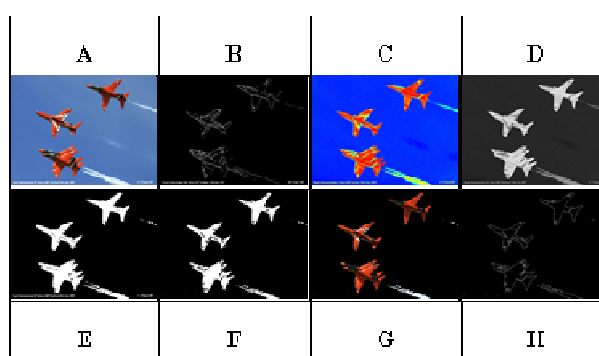
Detekcija plavja je področje, ki se mu do sedaj ni posvečalo preveč pozornosti. Sama problematika je aktualna predvsem na območju energetskih objektov, kot so hidroelektrarne, saj lahko zaradi obilnih količin plavja pred samim objektom prihaja do izpada obratovalnega procesa, kar predstavlja velik finančni zalogaj za lastnike objektov. Z metodo, predstavljeno v tem članku pa lahko plavje na površinah, kot so reke, morja, plaže, brežine uspešno detektiramo. Glede na prostor uporabe; reka, morje, brežine, plaže... je potrebno v sami metodi najprej eksperimentalno določiti barvni spekter območja, nad katerim želimo izvesti detekcijo. Prav tako pa je potrebno ustrezno nastaviti mejo, pragovno vrednost za posamezen slikovni element, ki še zadostuje našim zahtevam.



Slika 3: Prikaz detekcije plavja

- *Detekcija zračnih vozil:*

Z metodo zaznavanja predmetov lahko na osnovi izločanja barvnih območij preprosto detektiramo tudi zračna vozila, kot so letala, helikopterji, zmaji, padalci... V določenih zračnih območjih namreč obstajajo zračni koridorji, znotraj katerih je strogo prepovedano izvajanje kakršnekoli oblike športne rekreacije (zmajarstvo, padalstvo). Sama metoda v zadnji fazi predlaga tudi detekcijo robov, na podlagi katere bi lahko v fazi razpoznavanja zračnih vozil enostavno določili elemente, ki ne sodijo v nek koridor, na podlagi te razpoznavne, pa bi se ustrezno ukrepalo s prepovedjo letenja.



Slika 4: Prikaz detekcije zračnih vozil

3. SISTEM ZA DETEKTIRANJE PLOVBE TER PLAVJA S POMOČJO IZLOČANJA BARVNIH OBMOČIJ

Sistem, ki bi nam omogočal detekcijo predmetov na vodi, je lahko po metodi, predstavljeni v tem članku, uporaben tudi na več drugih področjih (glejte poglavje 2). Sistem detekcije predmetov na vodi v samem začetku potrebuje nabor ustreznega slikovnega materiala, nad katerim bo deloval celoten sistem detekcije. V članku predstavljena ideja o detekciji predmetov na vodi tako za osnovo uporablja odtенок modre barve, ki je glede na dano bazo slik (glejte poglavje 5), predstavljal najboljšo izbiro za nadaljnje detektiranje. Za uspešno delovanje sistema je potrebno v samem začetku izvesti pred-procesiranje slik ter določiti ustrezno velikost posamezne slike in iz množice izbrati ustrezne za nadaljnjo uporabo. Nadalje metoda definira barvno območje, ki je specifično za določeno območje delovanja sistema. Ker se vsi nadaljnji koraki detekcije nanašajo na pravilno določitev barvnega območja, lahko s takšno metodo že v samem začetku definiramo področja, možnosti delovanja sistema (glejte poglavje 2) detekcije, ki uporabljajo to metodo. V primeru uporabe sistema za katero izmed drugih področij je tako potrebno uporabiti druge barvne parametre in tako določiti osnovno barvno področje, ki ga bomo v nadaljnjem postopku uspešno izločili. Nadalje metoda definira barvni odmik s pomočjo evklidove razdalje. Glede na vhodne zahteve ter parametre in robne pogoje (glejte poglavje 4), ki jih zahteva sama metoda, se določena slika v tem delu obdeluje po posameznem slikovnem elementu, »pixlu«. Metoda

tako pregleda barvno sestavo posameznega slikovnega elementa ter si za vsak posamezen element zapomni barvne vrednosti treh osnovnih barv, rdeče, zelene in modre. Za vsak posamezen element tako dobimo RGB («Red Green Blue») vrednosti, ki jih nadalje uporabimo pri definiranju barvnega odmika. Po končanem postopku definiranja barvnega odmika z evklidovo razdaljo dobimo tabelo vrednosti po posameznem slikovnem elementu. Sledi pretvorba slike v sivinski barvni prostor. Nadalje metoda predvideva določitev meje upragovanja. Podobno kot pri določitvi barvnega območja se tudi meja upragovanja določi eksperimentalno glede na območje uporabe same metode in je odvisna od stopnje potrebe po izločanju določenega barvnega območja s posamezne slike. Vse vrednosti posameznih slikovnih elementov, ki ne zadoščajo kriteriju meje in ne zapadejo v določeno barvno območje se nato izločijo iz nadaljnje obdelave ter se smatrajo kot neuporabne. Sledi ustvarjanje morfološke spremenljivke, s pomočjo katere se kasneje v postopku erodiranja določenih barvnih odsekov lažje detektira elemente na sliki, ki nam dejansko predstavljajo predmete za detekcijo. Sama oblika ter dolžina in smer morfološke spremenljivke so eksperimentalno določene, da zadostijo v največji meri robnim pogojem, ki jih postavlja metoda detekcije. Po postopku erodiranja sledi prikaz slikovnih elementov, ki so zadostili robnim pogojem, nad osnovno sliko. Nad prvotno sliko tako dobimo ustvarjeno masko, ki vsebuje elemente barvnega območja, ki smo ga definirali na začetku. Z izločitvijo tega območja se nam iz prvotne slike tako izloči predmet, ki smo ga želeli detektirati. Kot dokaz o učinkovitosti metode detektiranja predmetov na vodi, na koncu izvedemo še detekcijo robov nad sliko in jo primerjamo z detekcijo nad prvotno sliko. V članku predstavljena metoda za detektiranje predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij nam vsekakor poda ugodne in zanesljive ter uporabne rezultate. Rezultate uporabe metode ter primerjave z drugimi metodami navajamo ob koncu članka (glejte poglavje 6).

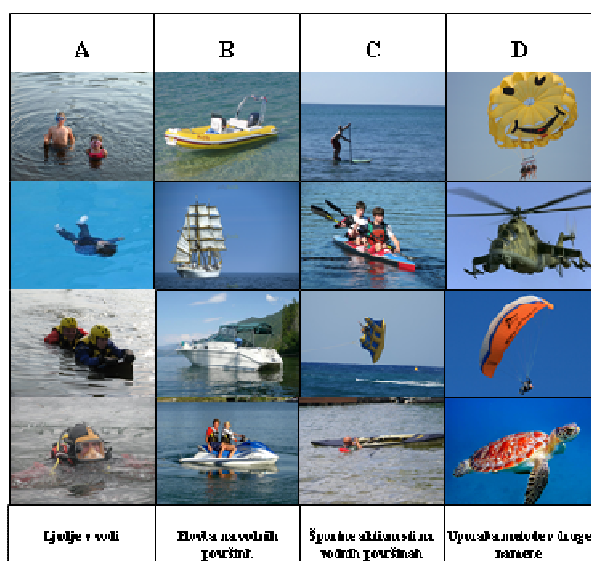
4. ROBNI POGOJI TER VHODNE ZAHTEVE

Metoda detektiranja predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij, kot je razvidno že iz imena metode, kot prvo podaja zahtevo po odstranitvi barvnih območij iz slike. Barvno območje se določi glede na področje ter glede na namen uporabe same metode, kar omogoča uporabo metode na veliko področjih. V članku je kot ena izmed vhodnih zahtev bila podana izločitev predmeta z vodnih površin. Kot naslednja vhodna zahteva za uspešno delovanje metode je definiranje velikosti slik, ki so uporabljene pri sami metod. Velikost ter format slik, sta omejena na slikovni format JPEG ter velikost 800x600 slikovnih elementov. V sami metodi je seveda mogoče nastaviti poljubno velikost vhodnih slik ter vrst formatov vendar smo se v postopku metode za detektiranje predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij omejili na že omenjen format slike ter velikost ravno zaradi lažjega tolmačenja končnih rezultatov ter samega izvajanja metode. Kot naslednja zahteva, robni pogoj, je v okviru metode določitev vrednosti, ki jih posamezen slikovni element lahko zaseda v tabeli za vnos barvnih vrednosti posameznega slikovnega elementa. Vrednosti, ki jih posamezen slikovni element lahko zasede v tej tabeli so med 0 in 443. Zaradi lažjega določanja meje upragovanja in tolmačenja rezultatov se najvišja možna vrednost posameznega slikovnega elementa omeji na 255, vse vrednosti slikovnih elementov, ki

presejajo to vrednost pa se enačijo z vrednostjo 255. Robni pogoj omejitve vrednosti posameznega slikovnega elementa smo lahko omejili na vrednost 255, ker vse vrednosti, ki jih določeni slikovni elementi nad to vrednostjo v primeru naše metode pomenijo ustrezen rezultat. V primeru, da vseeno nek poljuben slikovni element ali množica slikovnih elementov, zavzame vrednost na 255 in jo nato privzamemo kot vrednost 255, torej predstavlja ustrezno vrednost za izločitev iz barvnega območja, se le-to območje ustrezno izloči iz nadaljnjega detektiranja v fazi erodiranja.

5. BAZA SLIK

Metoda v samem začetku potrebuje ustrezen nabor slikovnega materiala, nad katerim nato izvajamo celoten sistem detekcije. V članku predstavljena ideja o detekciji predmetov na vodi tako za osnovo uporablja odtenek modre barve, hkrati pa je v bazi slik prisotnih večina slik, ki izražajo tematiko športnih aktivnosti na vodi, kot so čolnarjenje, splavarjenje, plavanje, vožnja z motornimi čolni in druge. V bazo slik (slika 5) so vključene tudi slike, iz katerih je razvidno aktivnost oseb na vodnih površinah, na primer plavanje, reševanje ljudi iz vode.



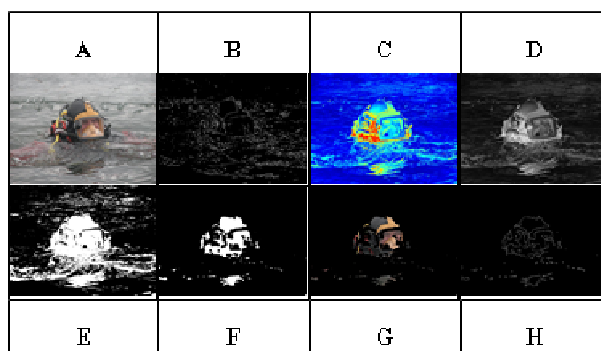
Slika 5: Prikaz nekaj slik iz baze, ki ponazarjajo problematiko, ki jo obravnavamo v članku

stolpec A – ljudje v vodi, **stolpec B** – plovba na vodnih površinah, **stolpec C** – športne aktivnosti na vodnih površinah, **stolpec D** – uporaba metode v druge namene

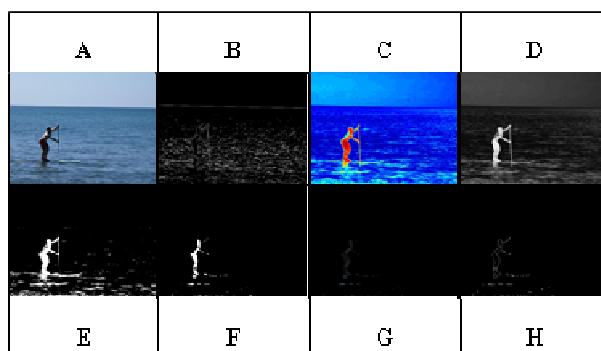
Zaradi prikaza možnosti uporabe metode tudi v druge namene (glejte poglavje 2) je v bazo slik vključenih tudi veliko drugih primerov slik, iz katerih lahko s pomočjo metode za detektiranje predmetov na podlagi izločanja barvnih območij uspešno izločimo dane predmete.

6. REZULTATI UPORABE METODE

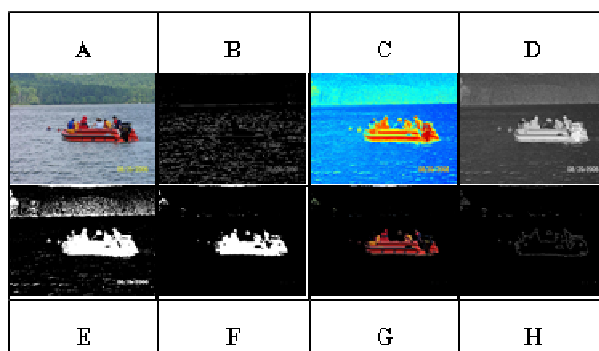
Primer uspešne uporabe metode za detektiranje predmetov na vodi s pomočjo izločanja barvnih območij smo prikazali skozi članek v postopku od pred-procesiranja posamezne slike do postopkov, faz, ki jih metoda vpeljuje za uspešno detektiranje predmeta. V tem delu bomo predstavili še nekaj rezultatov, ki so na podlagi ustreznih nastavitev v sami metodi pripeljali do rezultata, ki smo si ga kot vhodno zahtevo zadali pri sami metodi. Hkrati vse rezultate primerjamo s Sobelovo detekcijo robov (Sobel edge detection) nad osnovno sliko zaradi prikaza izboljšanja rezultatov detekcije robov nad osnovno sliko s samo metodo predstavljeno v članku. Slike predstavljamo po vmesnih fazah, slike so označene z črkami, ki pomenijo; **A**-originalna,osnovna slika, **B**-prikaz detekcije robov nad originalno sliko, **C**-prikaz skalirane slike po definiranju barvnega odmika, **D**-pretvorba C v sivinsko sliko, **E**-slika vrednosti, ki odstopajo od določenega praga,meje, **F**-slika po postopku erodiranja, **G**-prikaz maske izbranih slikovnih elementov nad osnovno sliko, **H**-prikaz detekcije robov nad dobljeno sliko izbranih slikovnih elementov. Primeri rezultatov:



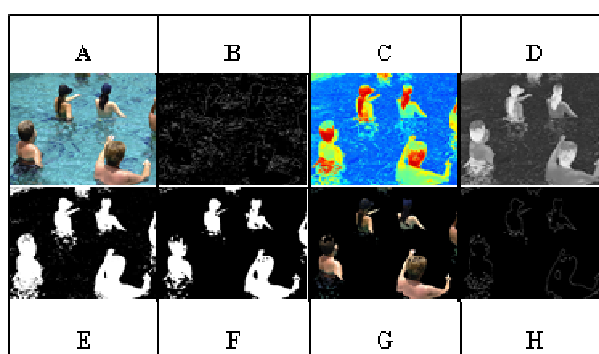
Slika 6: Prikaz rezultatov slike potapljača



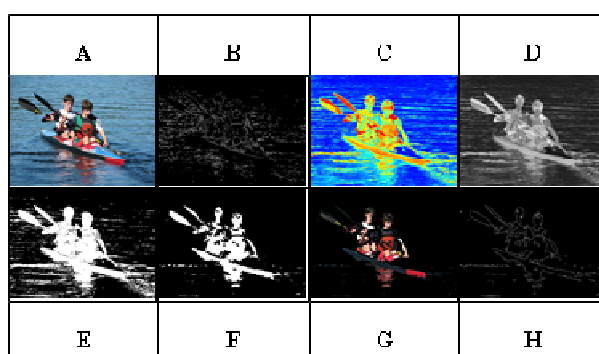
Slika 7: Prikaz rezultatov slike deskarja na vodi



Slika 8: Prikaz rezultatov slike reševalnega čolna



Slika 9: Prikaz rezultatov slike ljudi v vodi



Slika 10: Prikaz rezultatov slike kanujistov

7. SKLEP

V članku je predstavljena metoda, sistem za detekcijo plovbe ter plavja s pomočjo izločanja barvnih območij. Sistem predstavljen v članku nam omogoča detekcijo plovbe ter plavja na vodnih površinah, kar nam omogoča zmanjšanje možnosti nastanka škodnih

dogodkov ter preprečuje morebitna tveganja, ki lahko za določen čas resno ogrozijo obratovanje same hidroelektrarne.

8. VIRI, LITERATURA

- [1] Strokovni članek: ERK08: Povezovanje hidroelektrarn na spodnji Savi; Aleš Štricelj univ.dipl.inž.tel.
- [2] Strokovni članek: ERK09: Hidroelektrarne na spodnji Savi – možnosti vpeljave storitev na povezanem sistemu hidroelektrarn na spodnji Savi; Aleš Štricelj univ.dipl.inž.tel.
- [3] Strokovni članek: ERK10: Vpeljava sistema za detekcijo plovbe ter plavja na območju hidroelektrarn na spodnji Savi; Aleš Štricelj univ.dipl.inž.tel.
- [4] Stefan U. Thiel¹, Ron J. Wiltshire¹, Lance J. Davies: Automated object recognition of blue-green algae for measuring water quality – A preliminary study; Water Research, Volume 29, Issue 10, 1995
- [5] Zhao-Yi Wei, Dah-Jye Lee, David Jilk, Robert Schoenberger: Motion Projection for Floating Object Detection; Advances in Visual computing, Third international Symposium, Lake Tahoe, NV, USA 2007
- [6] L. Guan, Ed. Multimedia Image and Video Processing. Boca Raton: CRC Press LCC, New York, 2001.

NASLOV AVTORJA

Aleš Štricelj, univ.dipl.inž.tel.

Termoelektrarna Brestanica d.o.o.
Cesta prvih borcev 18, 8280 Brestanica, Slovenija

Tel: + 386 7 48 16 240 Fax: + 386 7 492 22 62
Elektronska pošta: ales.stricelj@teb.si