

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 4451

Određivanje veličine ribe iz slike

Ana – Marija Rukavina

Zagreb, lipanj 2016.

Zagreb, 16. ožujka 2016.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4451

Pristupnik: **Ana-Marija Rukavina (0036477540)**
Studij: **Elektrotehnika i informacijska tehnologija**
Modul: **Automatika**


Zadatak: **Određivanje veličine ribe iz slike**

Opis zadatka:


U akvakulturi je od velike važnosti poznavati veličinu ribe kako bi se mogla odrediti optimalna količina hrane koja je potrebna za dostizanje željene veličine ribe. Dok se trenutno veličina ribe određuje uzimanjem uzoraka ribe iz kaveza, naprednije metode uključuju neometano snimanje riba i određivanje veličine. U sklopu završnog rada potrebno je istražiti algoritme obrade slike koji se mogu koristiti za određivanje veličine ribe. Potrebno je iskoristiti veliki broj slika koje su snimljene u stvarnom ribogojilištu i koje su dostupne u Laboratoriju za podvodne sustave i tehnologije te predložiti najbolji postupak za određivanje veličine riba. Dobivene rezultate je potrebno usporediti s ručno dobivenim očitanjem veličine.

Zadatak uručen pristupniku: 18. ožujka 2016.
Rok za predaju rada: 17. lipnja 2016.


Mentor:


Doc. dr. sc. Nikola Mišković

Djelovoda:


Doc. dr. sc. Nikola Mišković

Predsjednik odbora za
završni rad modula:


Prof. dr. sc. Stjepan Bogdan

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Problem poznavanja veličine ribe.....	2
3.	Postojeća rješenja određivanja veličine ribe iz slike	3
3. 1.	FiLeDI framework	3
3. 2.	Metoda snimanja uz podvodni laser.....	6
4.	Algoritmi obrade slike temeljeni na predlošku	8
4. 1.	Normalizirana međukorelacija.....	8
4. 2.	Fazna korelacija	12
5.	Rezultati određivanja veličine ribe na slici	14
6.	Zaključak	16
7.	Literatura	17

1. Uvod

Čovjek je oduvijek težio pronalasku alata i razvoju metoda koje bi mu olakšale neki posao i skratile vrijeme izvršavanja. Napretkom znanosti i razvojem tehnologije danas živimo u svijetu raznoraznih korisnih uređaja i računalnih programa koji su široko primjenjivi na razne probleme s kojima se susrećemo. Jedan od problema s kojim se susreću biolozi u akvakulturi je i određivanje veličine ribe u ribogojilištima prije nego dođu u posjed same ribe da je mogu ručno izmjeriti. Trenutno se mjerenje ribe obavlja uglavnom ručno, što zahtijeva dosta vremena i šteti samim ribama ako ih se za potrebe mjerenja vadi iz vode. Poznavanje veličine ribe bitno je zbog recimo određivanja količine hrane koja je potrebna da bi riba narasla do određene veličine. Kako bi se što više ubrzao taj proces mjerenja ribe i biolozima olakšao posao, radi se na pronalasku odgovarajućih metoda računalnog određivanja veličine ribe. U ribogojilišta su u tu svrhu postavljene podvodne kamere koje snimaju ribe pod vodom. Cilj je iz slika dobivenih kamerom korištenjem određenih algoritama za obradu slike odrediti veličinu ribe. Svrha ovog rada je, dakle, istražiti postojeće algoritme obrade slike i njihovu primjenu na zadani problem te pokušati uspješno odrediti veličinu riba detektiranih na slikama. Predloženo programsko okruženje je Matlab.

U prvom poglavlju iznijet je kratki opis zadanog problema poznavanja veličine ribe.

U drugom poglavlju ukratko su spomenute neke od trenutno razvijenih metoda rješavanja problema određivanja veličine ribe iz slike koje su razvili stručnjaci koji se bave tom tematikom.

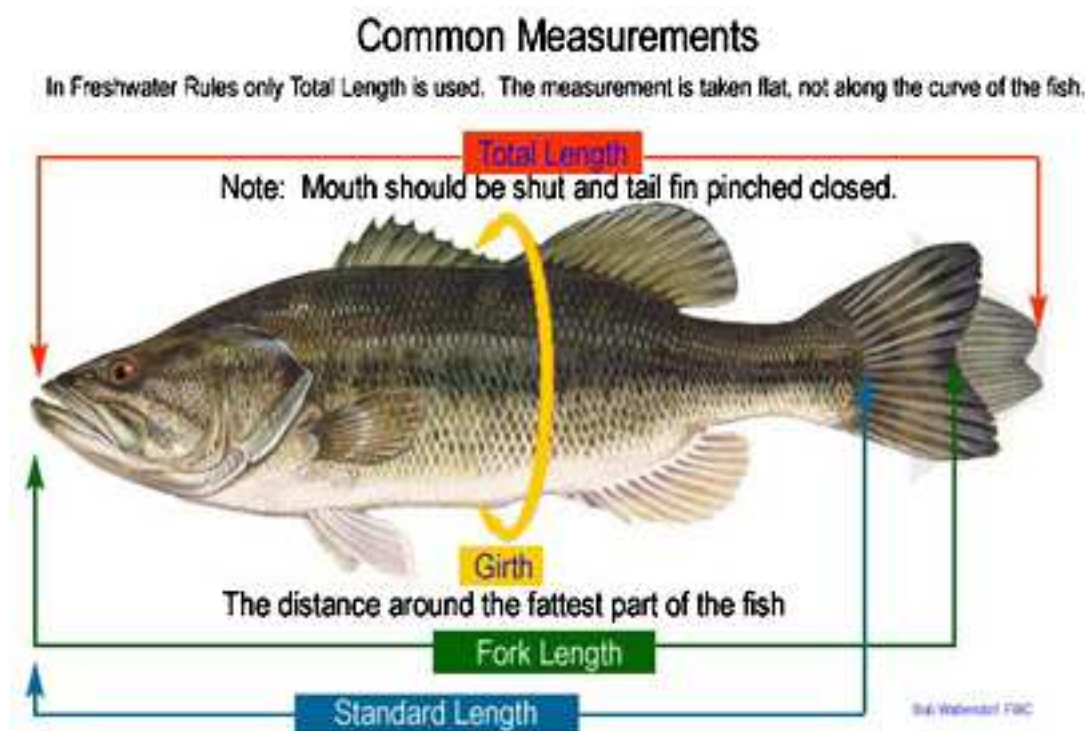
U trećem poglavlju opisana su dva algoritma za obradu slike na temelju predložka temeljena na Fourierovoj transformaciji i normaliziranoj međukorelaciji koji su testirani na dostupnim slikama tijekom izrade ovog rada.

U četvrtom, završnom poglavlju, pokazan je način na koji se pokušalo odrediti veličinu ribe na slici korištenjem rezultata prethodnih algoritama.

Nakon toga slijede zaključak i popis literature.

2. Problem poznavanja veličine ribe

Kada se govori o veličini ribe nije uvijek svima jasno što se točno smatra pod veličinom ribe. Postoji više veličina koje se uzimaju u obzir pri mjerenjima, ovisno o tome što nas točno zanima i za što nam je potrebno. Uglavnom se pod veličinom ribe smatra njezina „standardna“ duljina, odnosno duljina ribe od usta do početka repne peraje. Još se mogu promatrati opseg ribe (eng. *girth*), duljina od usta do „udubine“ u repnoj peraji (eng. *fork length*) te ukupna duljina ribe koja se odnosi na duljinu od zatvorenih usta do „skupljene“ repne peraje (eng. *total length*). Sve navedene veličine prikazane su na Slici 1.



Slika 1: Uobičajene veličine ribe koje se uzimaju u obzir pri mjerenjima. [1]

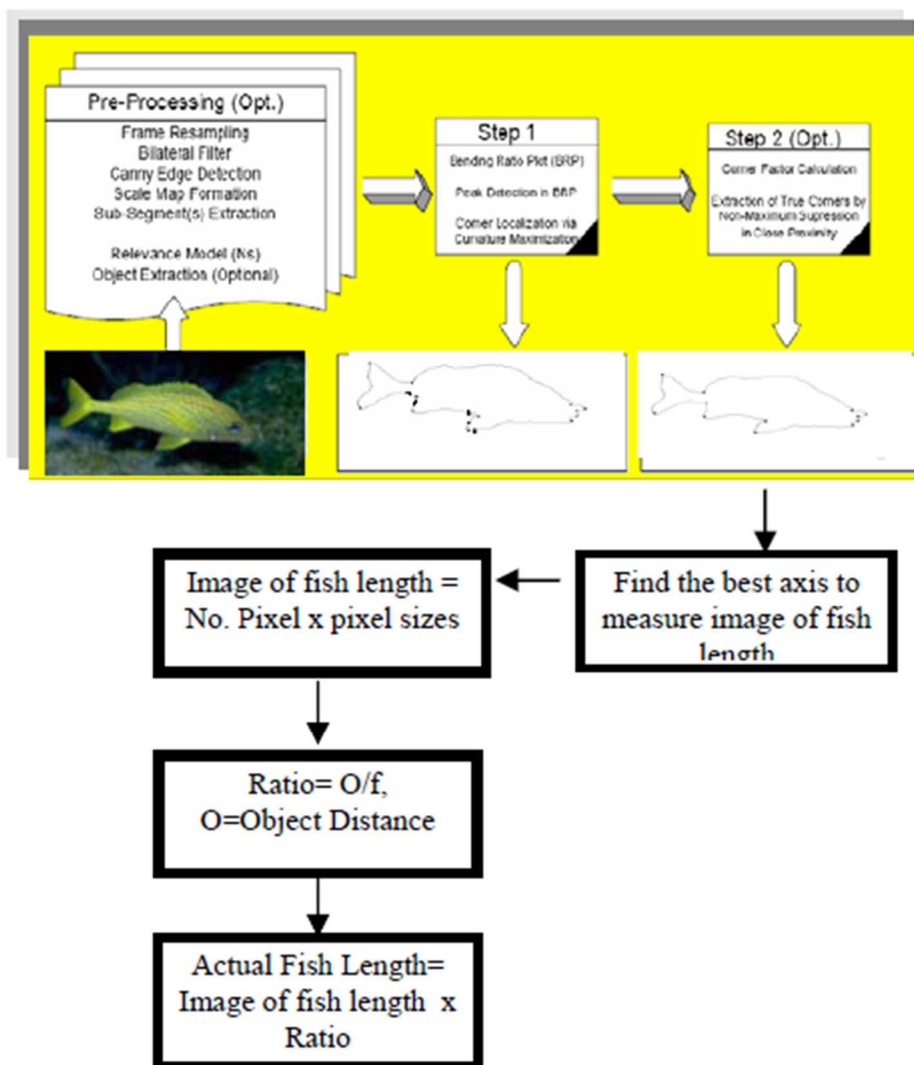
Za potrebe ovog rada uzimat će se u obzir samo standardna duljina ribe, odnosno veličina „mesnatog“ dijela tijela.

3. Postojeća rješenja određivanja veličine ribe iz slike

Računalno određivanje veličine ribe iz slike nije toliko nov problem. Već su se tim problemom pozabavili mnogi istraživači i konstantno se radi na razvoju metoda i računalnih okruženja kojima bi se što bolje mogla odrediti veličina ribe iz slike ili videa. Pritom se koriste raznorazne metode poput neuronskih mreža ili pak korištenjem stereo sustava kamera pri snimanju jata riba pod vodom uz određenu programsku podršku. Postoje i druge metode, poput korištenja referentnog objekta poznate veličine najčešće korištene u forenzici i arheologiji, ali one uglavnom uključuju prethodno nabavljanje ribe pa naknadno snimanje u istom kadru s referentnim objektom. S obzirom da želimo što manje naštetiti ribama, a i uštedjeti vrijeme i novac, te metode nam nisu od nekog značaja.

3. 1. FiLeDI framework

Jedan od načina je takozvani *FLUDI* ili *FiLeDI framework* [2, 3, 4], koji je baziran na kombinaciji Hsiuove i Serkanove metode čiji je dijagram toka prikazan na Slici 2. Za primjenu ove metode, slika, odnosno uređaj koji snima, mora u sebi imati ugrađene parametre poput udaljenosti objekta, žarišne duljine leće te veličine piksela. Na Slici 2. slikovito je prikazan dijagram toka pri korištenju FiLeDI frameworka pri određivanju veličine ribe iz slike.

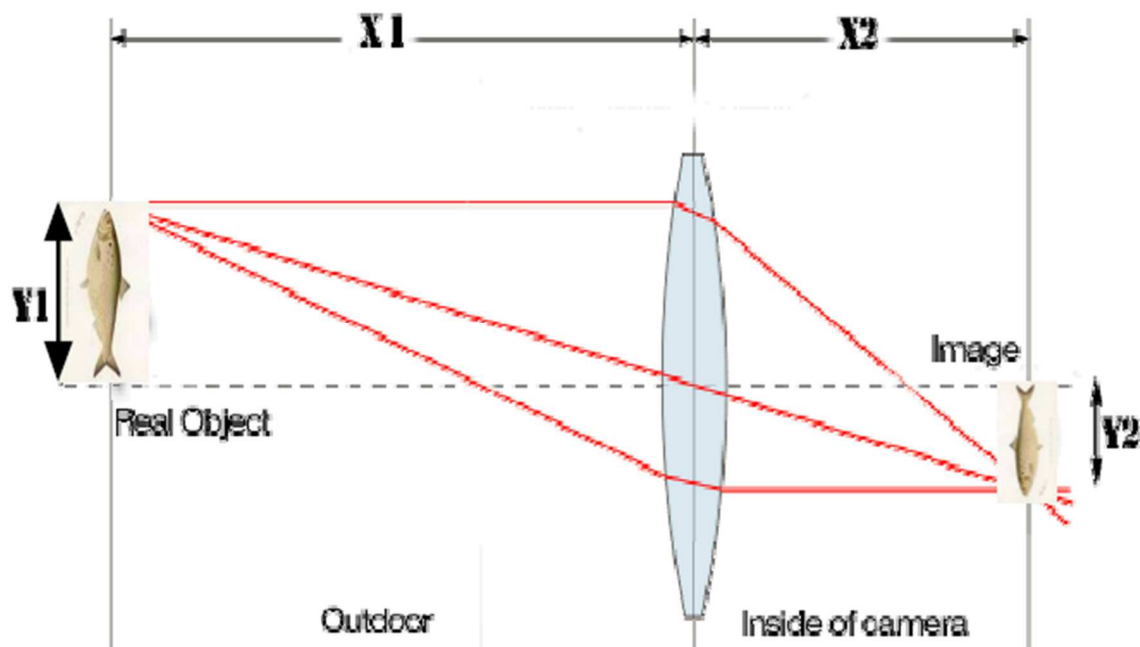


Slika 2: Dijagram toka kod FiLeDI okruženja.

Upotrebom Serkanove metode se zatim traži područje interesa na slici detektiranjem glave i repa ribe, nakon čega se dohvaća broj piksela između glave i repa. Prvo se lociraju granice objekta veličine jednog piksela, zatim se pomoću *canny* detekcije rubova i iterativnog bilateralnog filtriranja formira mapa skaliranja. Zatim slijedi formiranje sub-segmenata te njihova analiza na osnovu koje se odabiru relevantni sub-segmenti. Objekt se tada može izdvojiti kada je pronađen zadovoljavajući broj sub-segmenata. Duljina ribe u pikselima dobije se množenjem broja piksela između glave i repa s veličinom piksela. Stvarna duljina ribe dobije se preko omjera poznatog iz optike:

$$\frac{X1}{Y1} = \frac{X2}{Y2} \quad (1)$$

gdje je X_1 udaljenost objekta od leće, Y_1 veličina objekta (stvarna veličina ribe), X_2 udaljenost slike na senzoru ili filmu od leće (jednaka žarišnoj duljini) te Y_2 veličina slike na senzoru ili filmu (veličina ribe u pikselima). Odnos ovih veličina vidljiv je i na Slici 3.

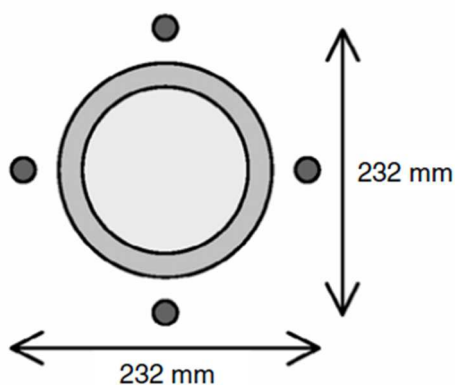


Slika 3: Ilustracija odbijanja zrake svjetlosti od objekta, prolazak kroz leću te stvaranje slike objekta na senzoru.

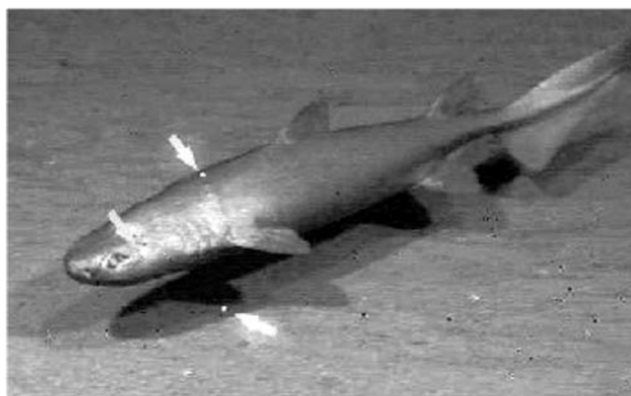
Primjenom ovog postupka mjerenja veličine ribe iz slike došlo se do zaključka da na mjerenje utječu količina osvjetljenosti, tip kamere kojom su slike rađene te pozicija same kamere. Najbolji rezultati dobili su se u slučaju bolje osvjetljenosti te kada je kamera bila postavljena pod kutem 90° u odnosu na objekt promatranja. Unatoč tim utjecajima, korištenjem FiLeDI sustava dobivaju se, kako tvrde autori sustava, jako precizni rezultati određivanja veličine ribe iz slike.

3. 2. Metoda snimanja uz podvodni laser

Jedna od metoda opisana u [5] je i metoda korištenjem lasera montiranog uz podvodnu kameru. Ova metoda je uglavnom korištena u plićim vodama zbog osjetljivosti na pogreške zbog zamućenosti i varijacija u intenzitetu osvjetljenja s povećanjem dubine. Također, sama dinamika gibanja vode i riba utječe na rezultate. Unatoč tome, autori tvrde da metoda daje dosta precizne rezultate pri određivanju veličine ribe. Laser odašilje zraku prema morskome dnu i projiciranjem od dna i tijela riba šalje informacije prema kameri. I za ovu metodu potrebno je poznavanje udaljenosti same kamere od dna, zatim kut nagiba te kut otvora kamere. Također je potrebno poznavanje i udaljenosti ribe od dna. Na Slici 4 vidimo smještaj 4 crvena lasera oko leće kamere, a na Slici 5 vidimo projekciju laserskih točaka označenim strelicama na i ispod ribe na osnovu kojih se dobivaju informacije o veličini ribe. Doseg lasera je oko 7 metara jer je crvena boja dosta prigušena u vodi.



a)



b)

Slika 4: a) razmještaj lasera oko leće kamere, b) vidljive točke lasera na i ispod ribe označene strelicama

Kamera je montirana na ROV-u *Victor 6000* i testovi su obavljeni na dubinama od 1100 do 1500 metara. Osim lasera, za mjerenje veličine ribe poslužila je i video-kamera s autofokusom također montirana na ROV koja je povezana sa softverom koji veličinu ribe računa temeljem udaljenosti objekta u fokusu.

Rezultati su pokazali da je mjerenje precizno samo u slučaju kada je objekt promatranja u okomitom položaju u odnosu na os lasera. Također, potrebne su barem dvije laserske zrake koje dosežu objekt, a najbolji rezultat postiže se kad sve zrake pogađaju objekt promatranja.

Za potrebe mjerenja, istraživači su napravili i umjetnu ribu koja je trebala oponašati stvarne ribe. Na sebi je nosila oznake u bojama koje su označavale određenu duljinu u centimetrima. Ovakva umjetna riba služila je kao referentni objekt poznate veličine.

Pokazalo se da kamera s autofokusom općenito nije davala dobre rezultate i da je često davala manju vrijednost duljine ribe od stvarne, dok je laserska metoda davala relativno zadovoljavajuće rezultate u samom trenutku snimanja, a posebno i ponovnim pregledavanjem snimaka kada se lakše mogao odabrati lijep položaj ribe za mjerenje.

4. Algoritmi obrade slike temeljeni na predlošku

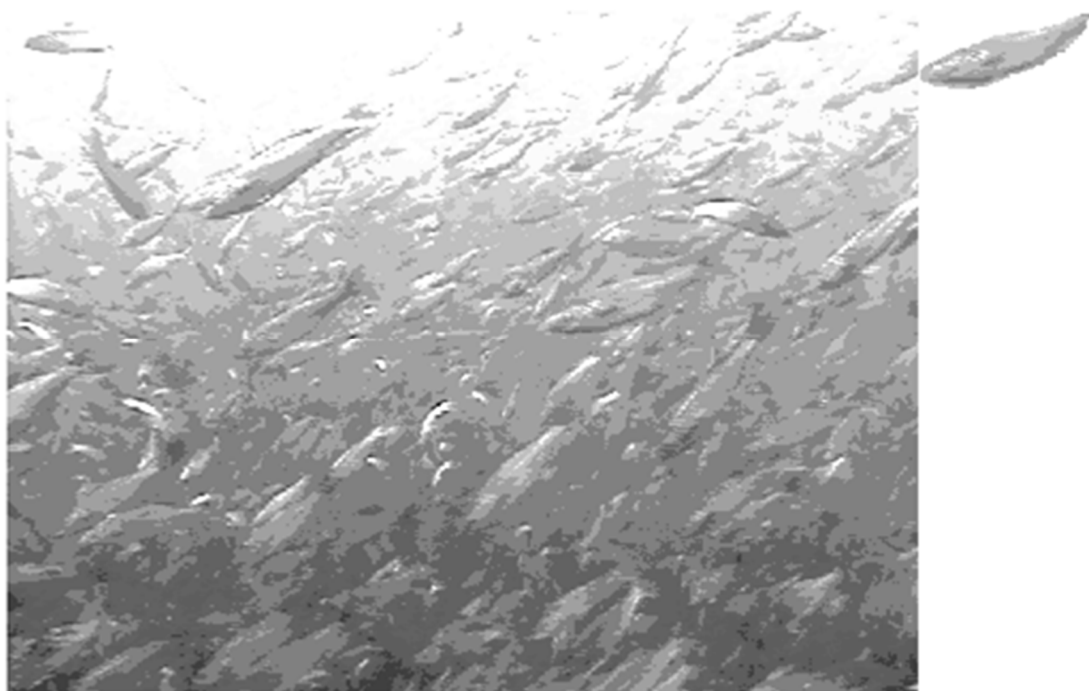
Kako bi detektirali ribe na slikama dobivenim za izradu ovog rada, odlučeno je da bi možda najprikladnije bile metode temeljene na predlošku. Te metode se svode na traženje određenog predloška ribe na slikama većeg broja riba. Testirane su dvije metode, jedna pomoću normalizirane međukorelacije te druga pomoću fazne korelacije temeljene na ubrzanoj Fourierovoj transformaciji. Opis i rezultati detektiranja riba na slikama slijede u nastavku.

4. 1. Normalizirana međukorelacija

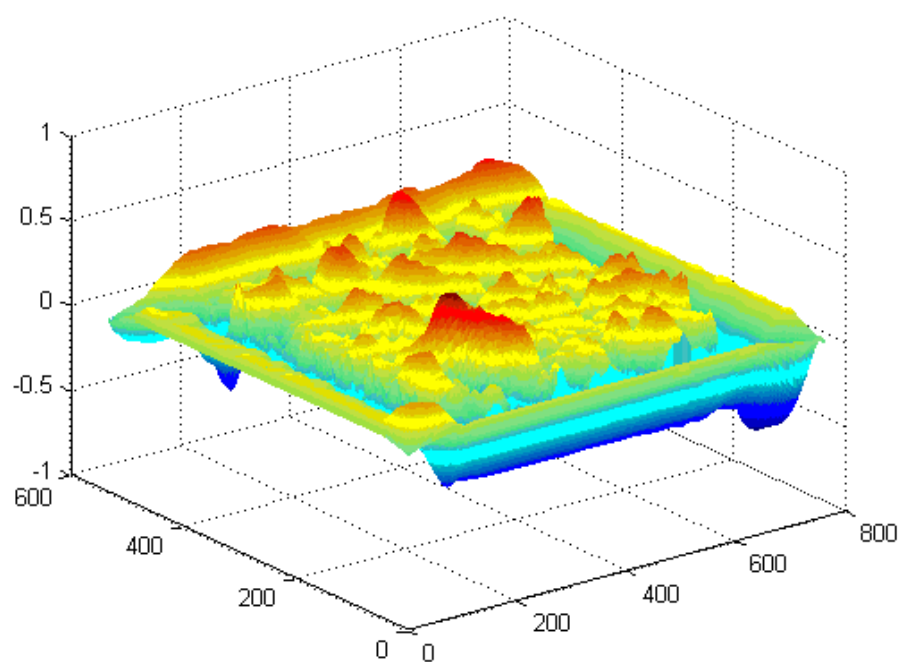
Normalizirana međukorelacija definirana je sljedećim izrazom:

$$c(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}] [t(x-u, y-v) - \bar{t}]}{\sqrt{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}]^2 \sum_{x,y} [t(x-u, y-v) - \bar{t}]^2}} \quad (2)$$

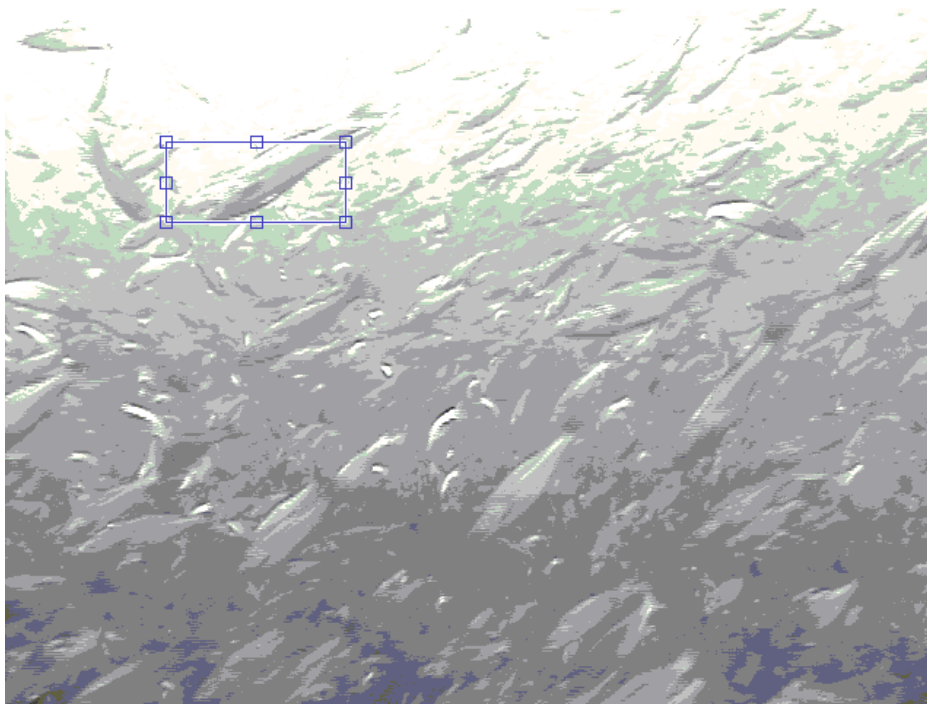
gdje f predstavlja sliku veličine $(M \times N)$ na kojoj tražimo podudaranja, \bar{t} predstavlja srednju vrijednost piksela slike predloška veličine $(K \times L)$, uz uvjet $K < M$, $L < N$, $\bar{f}_{u,v}$ predstavlja srednju vrijednost piksela od $f(x,y)$ u području istovjetnom trenutnom položaju slike predloška, uz $u = [0, M-1]$, $v = [0, N-1]$. Koeficijent korelacije c nalazi se unutar vrijednosti -1 i 1 . Algoritam je neovisan o osvjetljenju, a radi na principu pomicanja predloška preko slike na kojoj tražimo podudaranje na način da množi piksele iz predloška s pikselima iz originalne slike na mjestima gdje se oni poklapaju te ih sumira. Maksimum funkcije c bit će na mjestu gdje se te dvije slike najviše podudaraju. Problem ove metode je relativna sporost te osjetljivost na rotacije i skaliranje. Ovo bi se moglo riješiti rotiranjem i skaliranjem slike predloška i traženjem takvih podudaranja u slici. Primjer rezultata ove metode za detektiranje ribe temeljem najboljeg podudaranja, dani su na sljedećim slikama. Ako želimo osim najboljeg podudaranja pronaći i one malo manje dobre, potrebno je postaviti vrijednost c iznad koje želimo da nam algoritam detektira objekt na slici. Za primjenu ovog algoritma u Matlabu već postoji ugrađena funkcija `normxcorr2`.



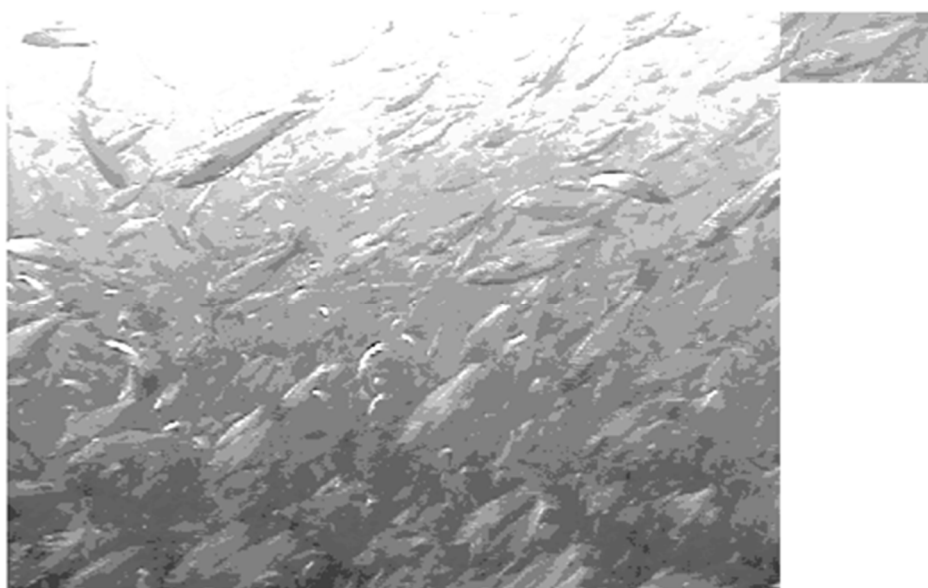
Slika 5: Primjer slike i predloška na kojima vršimo normaliziranu međukorelaciju.



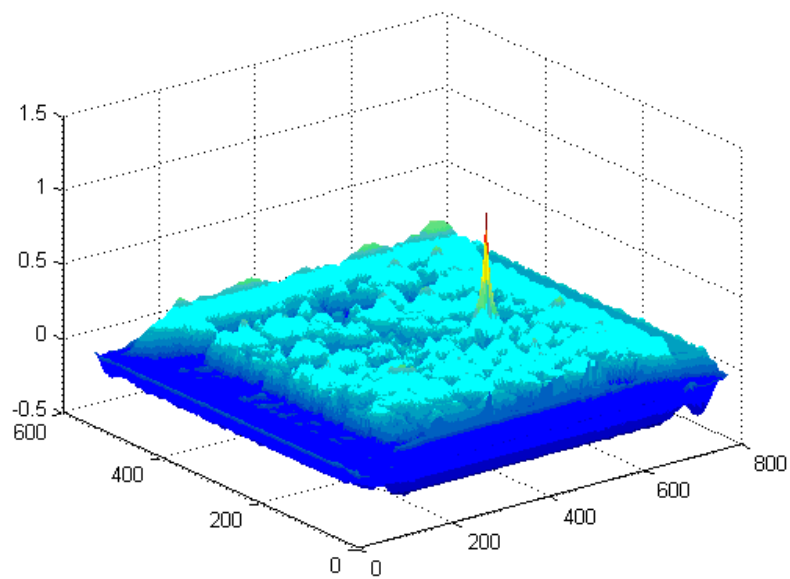
Slika 6: Graf funkcije c za dani primjer.



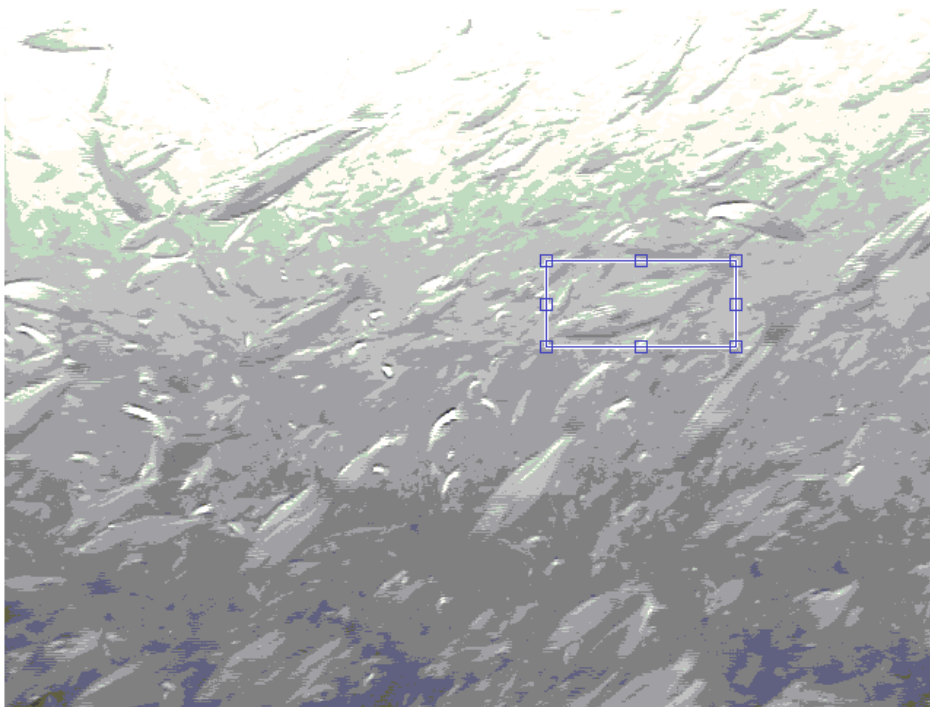
Slika 7: Mjesto najboljeg podudaranja s predloškom označeno je pravokutnikom ('bounding box').



Slika 8: Primjer s drukčije odabranim predloškom.



Slika 9: Graf funkcije c za primjer sa slike 8.



Slika 10: I u ovome slučaju najbolje podudaranje označeno je pravokutnikom.

4. 2. Fazna korelacija

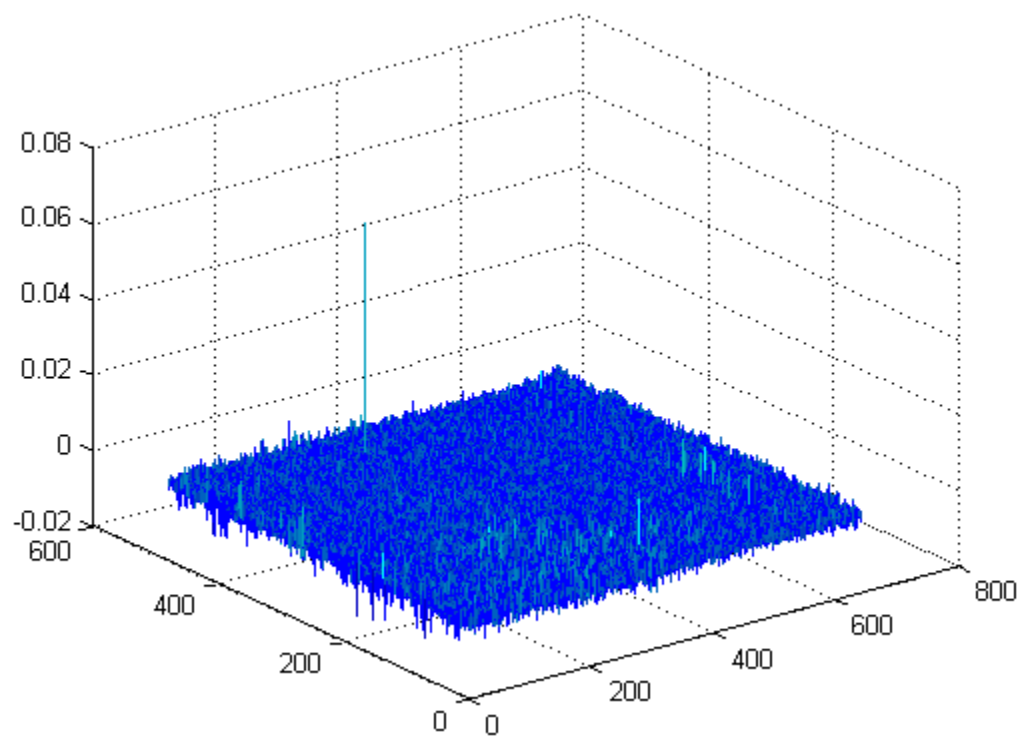
Druga korelacijska metoda je metoda fazne korelacije temeljena na Fourierovoj transformaciji. Metoda se osniva na sljedećem izrazu:

$$R = \frac{G_a \circ G_b^*}{|G_a \circ G_b^*|} \quad (3)$$

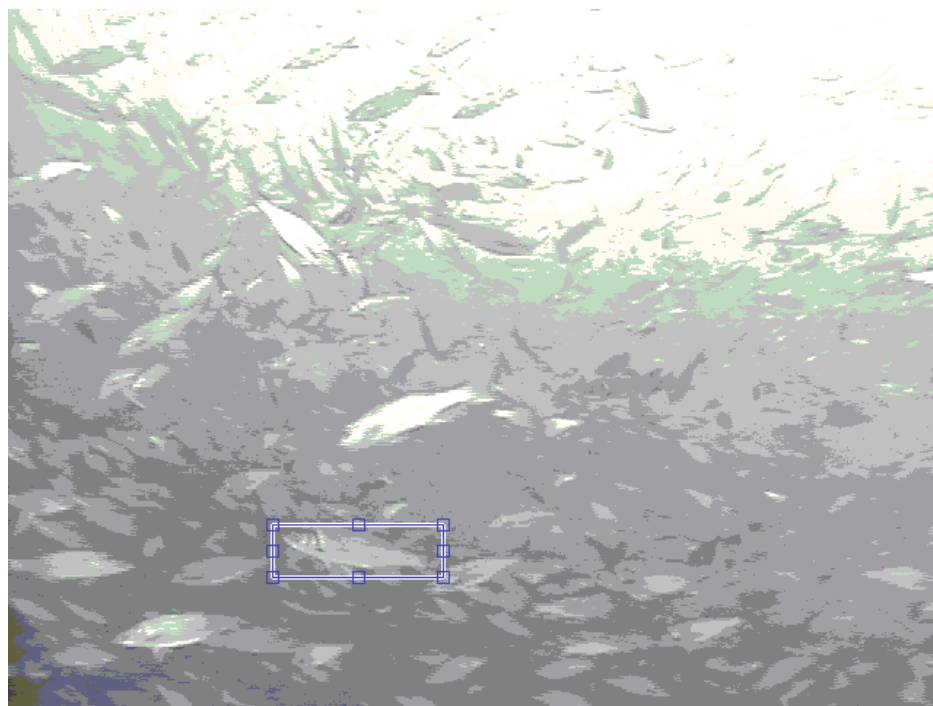
gdje G_a predstavlja originalnu sliku, a G_b predložak, oboje u frekvencijskoj domeni, $*$ predstavlja konjugaciju. Operator \circ predstavlja množenje između elemenata, a također je i dijeljenje u ovom slučaju među elementima obiju slika. R nam predstavlja spektar snage između ovih dviju slika. Računajući inverznu Fourierovu transformaciju ovog izraza dobivamo koeficijent korelacije čiji će se maksimum nalaziti na mjestu najboljeg podudaranja slike i predloška. Rezultati primjene na slikama riba prikazani su na sljedećim slikama.



Slika 11: Primjer slike i predloška.



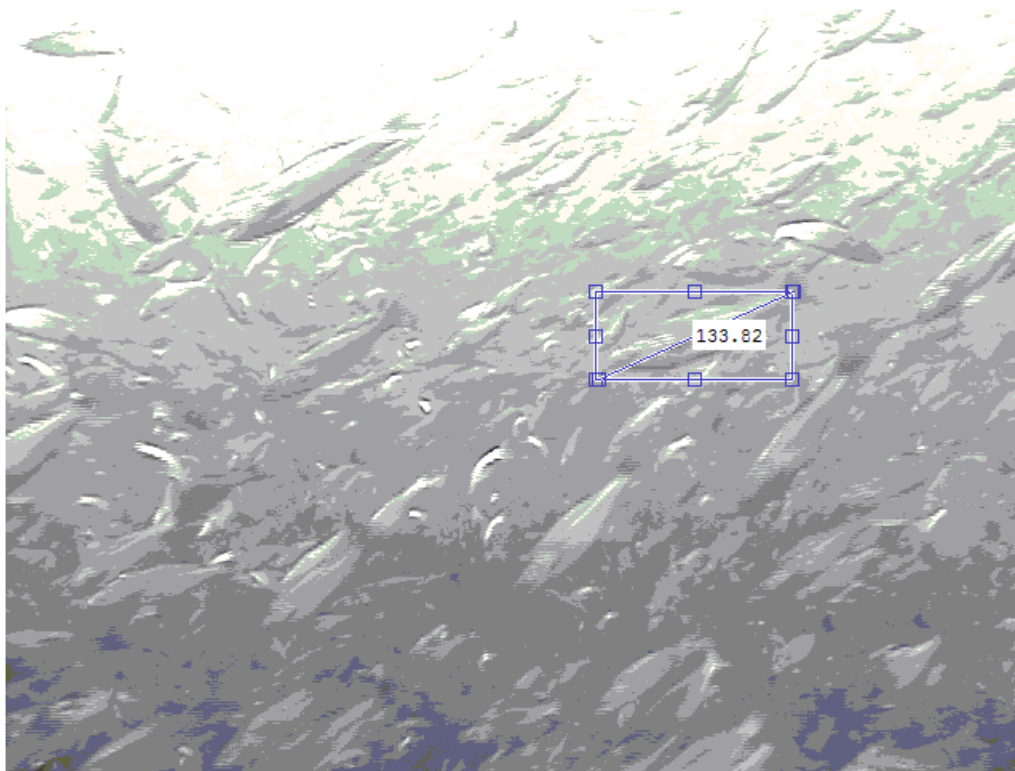
Slika 12: Graf na kojem je vidljiv maksimum fazne korelacije.



Slika 13: Najbolje podudaranje s predloškom označeno je pravokutnikom.

5. Rezultati određivanja veličine ribe na slici

Kako bi se odredila veličina detektiranih riba, možemo se poslužiti '*bounding boxom*' kojega iscrtamo Matlabovom funkcijom `imrect` na mjestu najboljeg podudaranja s predloškom. Funkcija `imrect` nam daje informaciju o poziciji pravokutnika te njegovoj širini i dužini. Na osnovu toga možemo odrediti veličinu ribe obuhvaćene pravokutnikom izraženu u pikselima. Vrijednost računamo ovisno o položaju ribe unutar pravokutnika. Rješenje možemo provjeriti pomoću alata `imdistline` koje nam služi kao ravnalo koje možemo slobodno pomicati po slici. Također možemo mijenjati i položaj i veličinu samog pravokutnika po slici pa tako namještati što bolje obuhvaćanje same ribe. Iz svega navedenoga može se zaključiti da ovo rješenje nije idealno jer je i dalje prisutan ljudski faktor pri određivanju veličine, a i sama određena veličina može odudarati od stvarne zbog nepreciznog postavljanja uvjeta kojima računamo. Usprkos tome, ova metoda nam može dobro poslužiti za jednostavno određivanje veličine ribe iz slike. Primjer je prikazan na Slici 14. Izračunata duljina ribe je 134.7368 piksela, dok je duljina određena „ravnalom“ 133.82 piksela.



Slika 14: Primjer određene veličine ribe. Uzorak detektiran normaliziranom međukorelacijom.

Kako bismo odredili stvarnu veličinu ribe u centimetrima, morali bi poznavati neke značajke kamere, udaljenost same kamere od objekata koje promatramo i drugo, ovisno o korištenim metodama snimanja. Nakon što su nam poznati ti parametri mogli bi izračunati veličinu ribe u centimetrima koristeći poznate odnose iz optike spomenute u poglavlju 3.

6. Zaključak

Zadatak ovog završnog rada bio je istražiti i testirati algoritme obrade slike koji bi mogli poslužiti pri određivanju veličine ribe iz slike. S obzirom da su ribe na dostupnim slikama bile iste vrste, odlučilo se za algoritme temeljene na slici predlošku. Za traženje podudaranja između predloška ribe i slike jata riba koristila se normalizirana međukorelacija te fazna korelacija. Ove metode nisu idealne jer ovise o rotiranosti i veličini samog predloška ribe te traže najbolja podudaranja, odnosno, pronaći će oblike koji su sličnog položaja i veličine kao i predložak. One se mogu dodatno modificirati da računaju i nešto lošija podudaranja te pronalaze oblike i koji su zarotirani ili skalirani u odnosu na predložak. Za potrebe detektiranja ribe na slici u svrhu određivanja veličine relativno su dobre metode jer nas zanimaju samo ribe koje nisu savinute ili okrenute pod nekim kutem prema kameri, tj. one koje se u potpunosti vide na slici od glave do repa, što nam uvjetuje izgled predloška po kojem tražimo podudaranje. Za određivanje veličine nekog objekta iz slike potrebno je poznavati određene parametre kamere kojom su slike snimane te udaljenosti kamere od objekata. Na osnovu toga i zakona poznatih iz optike može se odrediti stvarna veličina ribe u centimetrima. Ovdje to nije bilo poznato pa je određena veličina izražena u pikselima. Za to je poslužila funkcija `imrect` u Matlabu koja iscrtava pravokutnik oko detektiranog objekta i koja nam daje informacije o položaju i veličinama pravokutnika iz kojih možemo odrediti veličinu obuhvaćenog objekta. Rješenje nije idealno jer je i dalje prisutan ljudski faktor, a cilj nam je da se veličina što više automatski, tj. programski može odrediti. U radu su također spomenute i već postojeće metode u računalnom određivanju veličine ribe iz slike poput *FiLeDI frameworka*.

7. Literatura

- [1] <http://myfwc.com/fishing/freshwater/fishing-tips/measure/> -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [2] Mustafa, M.; Zaidi, M. Z.; Shafry, M. M. R.; Ismail, M. A.; Norhaida, A., FLUDI: Using digital images for measuring fish length, Galaxea, Journal of Coral Reef Studies (Special Issue), 2013, str. 101-106, https://www.jstage.jst.go.jp/article/galaxea/15/Supplement/15_101/_pdf -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [3] Norhaida, A.; Shafry, M. M. R.; Ismail, M. A., Method of Measure Length of Fish from Digital Image, <http://comp.utm.my/pars/files/2013/04/Method-of-Measure-Length-of-Fish-from-Digital-Image.pdf> -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [4] Shafry, M. M. R.; Rehman, A.; Kumoi, R.; Norhaida, A.; Saba, T., FiLeDI Framework for Measuring Fish Length from Digital Images, International Journal of the Physical Sciences Vol. 7(4), pp. 607 - 618, 23 January, 2012
- [5] Rochet, M.- J.; Cadiou, J.- F.; Trenkel, V. M., Precision and accuracy of fish length measurements obtained with two visual underwater methods, Fishery Bulletin 104, 2006, str. 1-9
- [6] <http://www.mathworks.com/help/images/ref/normxcorr2.html> -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [7] <http://www.mathworks.com/help/images/examples/registering-an-image-using-normalized-cross-correlation.html> -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [8] Lewis, J. P., Fast Normalized Cross-Correlation, Industrial Light & Magic, <http://scribblethink.org/Work/nvisionInterface/nip.pdf> -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [9] Nair, D.; Rajagopal, R.; Wenzel, L., Pattern matching based on a generalized Fourier transform, National Instruments, http://people.eecs.berkeley.edu/~ramr/Publications_files/PSI000472.pdf -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Phase_correlation -zadnje posjećeno lipanj 2016.
- [11] <http://stackoverflow.com/questions/32664481/matlab-template-matching-using-fft> -zadnje posjećeno lipanj 2016.

Određivanje veličine ribe iz slike

Sažetak

U akvakulturi je od velike važnosti poznavati veličinu ribe kako bi se mogla odrediti optimalna količina hrane koja je potrebna za dostizanje željene veličine ribe. Dok se trenutno veličina ribe određuje uzimanjem uzoraka ribe iz kaveza, naprednije metode uključuju neometano snimanje riba i određivanje veličine. U sklopu završnog rada potrebno je istražiti algoritme obrade slike koji se mogu koristiti za određivanje veličine ribe. Potrebno je iskoristiti veliki broj slika koje su snimljene u stvarnom ribogojilištu i koje su dostupne u Laboratoriju za podvodne sustave i tehnologije te predložiti najbolji postupak za određivanje veličine riba. Dobivene rezultate je potrebno usporediti s ručno dobivenim očitanjem veličine.

Ključne riječi : obrada slike, veličina ribe, Matlab, podudaranje po predlošku

Determining Fish Size from an Image

Abstract

In aquaculture, it's of great importance to know the size of a fish to be able to determine the optimum amount of food necessary for the fish to achieve a targeted size. Currently, the most used technique would be taking samples and measuring the fish manually. However, a more advanced method, in which the fish would remain undisturbed, would be recording them and then determining their size from images. As part of this BSc thesis, various image processing algorithms are examined in order to be implemented in determining fish size. It's required to use a large number of images taken in an actual fish farm, that are available in the Laboratory for Underwater Systems and Technologies and then suggest the best procedure to determine the fish size. The acquired results have to be compared to manually obtained fish size measurements.

Keywords: image processing, fish size, Matlab, template matching