

ECOLOGIST – WEB APLIKACIJA ZA SIMULACIONE EKSPERIMENTE NA MODELU POPULACIJE PASTRMKI

Goran Šimić

Vojna akademija, Univerzitet odbrane, Srbija
Telefon: +381113603409, Fax: +381113005130

E – mail: goran.simic@va.mod.gov.rs

Sladana Spasić

Beogradski univerzitet, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Odsek za žive sisteme,
Univerzitet Singidunum, Fakultet za računarstvo i informatiku, Beograd Srbija

E – mail: sladjana@imsi.rs

Aleksandar Jevremović

Univerzitet Singidunum, Fakultet za računarstvo i informatiku, Beograd, Srbija

E – mail: ajejremovic@singidunum.ac.rs

Ivan Jarić

Beogradski univerzitet, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd, Srbija

Sažetak

Koristeći multidisciplinarnan pristup, znanja i metode nekoliko naučnih oblasti (ekologija, matematika, informatika, veštačka inteligencija) razvijena je Web aplikacija za eksperimente na ribljim populacijama. Sistem ECOLOGIST omogućava virtuelno eksperimentisanje sa populacijom jedne vrste pastrmke na osnovu matematičkog modela implementiranog u sistem, pomoću sistema produkcionih pravila koja omogućavaju kontrolu virtuelnog okruženja eksperimenta i vizualizaciju rezultata eksperimenta korišćenjem Web 2.0 tehnologija. Prednost ovakvog sistema je što omogućava upoznavanje i predviđanje ponašanja složenih dinamičkih jednopopulacionih sistema, bez potrebe izvođenja eksperimenata na realnim sistemima i bez potrebe praćenja istih u dugom vremenskom periodu.

Ključne reči: matematički model vrste, pastrmka, ekspertski sistem, web aplikacija

Abstract

System ECOLOGIST is developed by using multidisciplinary approach, knowledge and methods of different science fields. Web application ECOLOGIST is designed on the base of age-structured single fish species population model. ECOLOGIST enables virtual experimentation based on mathematical model implemented in the system, the system of production rules that allow control of virtual environments and visualization of experimental results. The advantage of this system is that it allows the research and prediction of changing of complex dynamical species systems without the experiments on real systems and without need to observe them for a long time.

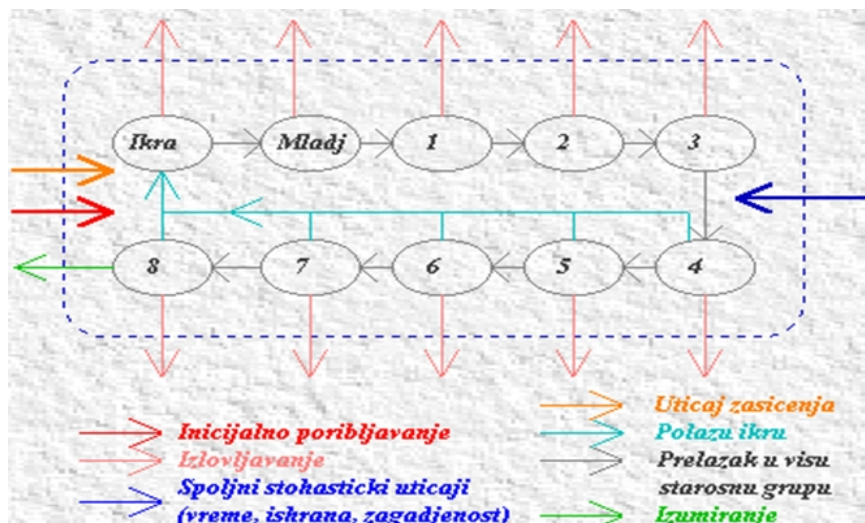
1. UVOD

Populacije riba širom sveta su u ozbiljnom opadanju, jer su neke vrste su posebno izložene izlovu dok su druge od interesa za proučavanje iz ekonomskih razloga. Zato su populacione simulacije pristup koji trenutno najviše obećava u pogledu sagledavanja opasnosti od izlovljavanja i evaluacije alternativnih mera upravljanja tih rizicima [1]. Jedan od najvećih problema sa kojima se susreću ekolozi je neposredovanje ili nedovoljno poznavanje tačnih vrednosti parametara koji se odnose na životni ciklus određene vrste. Zato je ovo istraživanje sprovedeno na populacionom modelu jedne vrste pastrmke – EKOLOG-u [2]. Ovaj adaptivni računarski tutor za virtuelni sistem EKOLOG razvijen u ranijim radovima [2]. Motiv za ovu studiju je bio da se postojeći sistem EKOLOG osavremeni i prilagodi novim tehnologijama koje bi doprinele njegovom kvalitetu i aktuelnosti. Kao uzor u dizajnu novog sistema korišćeni su RAMAS i VORTEX – aktuelni, najčešće korišćeni sistemi za simulaciju i rad sa modelima vrste [1, 3, 4]. RAMAS softver [5] je desktop aplikacija specijalizovana za rad sa populacijama velikog broja jedinki, što je naročito korisno za vrste sa velikim fekunditetom kao što su ribe. S druge strane, ona nije odgovarajuća za rad sa sistemom jedne vrste, jer ne omogućava unos detaljnijih genetskih karakteristika posmatrane populacije. VORTEX je programski paket [6] koji koristi Monte Carlo simulacije radi analize mogućnosti preživljavanja populacije individua kroz uticaj različitih determinističkih i stohastičkih faktora. Ono što razlikuje naš sistem ECOLOGIST od pomenutih sistema je karakteristika da se radi o specijalizovanoj Web aplikaciji za eksperimente nad populacijom jedne vrste pastrmke. Ona omogućava virtuelno eksperimentisanje na osnovu matematičkog modela implementiranog u sistem, na osnovu sistema produkcionih pravila koja omogućavaju kontrolu virtuelnog okruženja eksperimenta, kao i vizuelizaciju rezultata eksperimenta korišćenjem Web 2.0 tehnologija. U razvoju ove aplikacije bio je neophodan multidisciplinarni pristup i saradnja stručnjaka iz više naučnih oblasti: ekologije, matematike, informatike, veštačke inteligencije.

2. OPIS PROBLEMA ISTRAŽIVANJA

Slatkovodni ribnjak je model jedne vrste (u engleskoj literaturi poznat kao “*single species model*”) u kome jedinke provode čitav život kao jedna populacija, tako da ne postoji kompeticija sa drugim životinjskim vrstama. U njemu postoje određene, dobro poznate, zakonitosti rasta populacije i međudejstava različitih starosnih grupa, a prisutni su i spoljašnji uticaji kao što su ishrana, vremenske prilike, bolesti, izlovljavanje, distribucija izlovljenih jedinki po starosnim grupama itd. Na slici 1 prikazan je model slatkovodnog ribnjaka pastrmke [2]. Veličina populacije i biomasa su najvažniji atributi populacije. Veličina je izražena u ukupnom broju jedinki a biomasa u ukupnoj masi svih jedinki. Proces rođenja i umiranja direktno utiču na veličinu populacije. A porast ili opadanje veličine populacije indirektno utiče na biomasu. Ribnjak predstavlja stanište dobijeno poribljavanjem. Inicijalno poribljavanje se vrši po godištim. Prve dve faze razvoja ribe su *ikra* i *mlađ*, za koje je karakterističan veliki broj jedinki i mala biomasa (slika 1). U ukupnu veličinu populacije i njenu biomasu ne uračunava se ikra. Preostali eliptični simboli predstavljaju starija godišta. EKOLOGIST spada u tzv. modele struktuirane po godištim (eng. “*age-structured single fish population model*”). Životni vek posmatrane vrste pastrmke je 8 godina, a polnu zrelost dostižu u četvrtoj godini života. Po dostizanju polne zrelosti pastrmke polažu ikru.

Unutrašnji faktori uticaja na sistem modelovani su deterministički, a spoljašnji faktori uticaja stohastički. *Izlovljavanje* predstavlja spoljašnji deterministički uticaj, koji može da utiče na sve starosne strukture populacije izuzev ikre i mladi. Definiše se procentom izlovljene biomase za tekuću godinu i zadavanjem ograničenja minimalne dužine jedinki koje su dozvoljene za izlovljavanje. Pored životnog veka i polne zrelosti, svaka vrsta ima kao važan parametar – *preživljavanje*. Ono se definiše za svaku starosnu grupu posebno kao vrednost koeficijenta preživljavanja iz mlađe u stariju starosnu grupu.



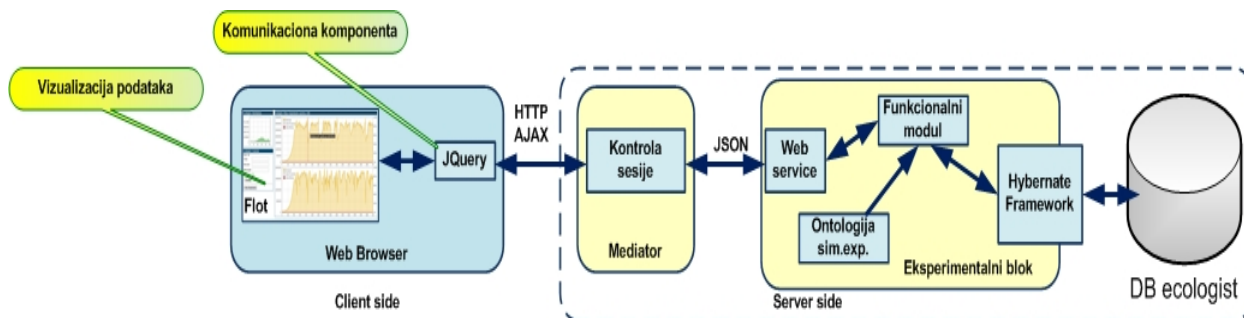
Slika 1: Šematski prikaz matematičkog modela ECOLOGIST kojim je predstavljena dinamika realnog jednopopulacionog sistema

Broj jaja u položenoj ikri je proporcionalan biomasi polno zrelih odraslih jedinki. Biomasa je funkcija brojnosti jedinki, prosečne mase po starosnim grupama i stohastički modeliranog uticaja spoljašnje sredine. Maksimalnu vrednost je izražena kao kapacitet staništa. Kada ukupna biomasa teži graničnom kapacitetu staništa, brzina rasta populacije teži nuli i tada dolazi do zasićenja staništa. Na rast populacije utiču određeni unutrašnji faktori kao što su: verovatnoća preživljavanja iz mlađe u stariju grupu, godina dostizanja polne zrelosti, polna produktivnost i dr. Stohastički modelovani spoljni faktori (temperatura vode i vazduha, količina padavina, zaleđivanje površine vode, variranje u količini hrane, zagađenost sredine, kvalitet vode, količina sunčeve svetlosti) takođe utiču pozitivno ili negativno na sistem, ali sa vremenskim kašnjenjem.

3. DIZAJN SISTEMA

Sistem ECOLOGIST je razvijen kao višeslojna Web aplikacija koja ima distribuiranu funkcionalnost na serverskoj i na klijentskoj strani (slika 2). Klijent koristi Java Script biblioteku *Flot* (<http://code.google.com/p/flot/>) za vizuelizaciju i kontrolu podataka tekućeg eksperimenta i Java Script biblioteku *JQuery* (<http://jquery.com/>) namenjenu razmeni DOM (<http://www.w3.org/DOM/>) struktuiranih podataka korišćenjem AJAX [7] poziva. Serverska strana ima slabo spregnutu troslojnu arhitekturu. Komponenta *Medijator* predstavlja prednji kraj, čija je namena kontrola klijentskih sesija i registrovanje logova klijenata. Pored toga, u njoj se

vrši i priprema podataka dobijenih od *Eksperimentalnog bloka*, koji predstavlja komponentu za sebe. Prednji kraj *Eksperimentalnog bloka* čini Web servis, koji komunikaciju sa WS klijentima obavlja korišćenjem JSON (<http://www.json.org/>) formata za razmenu. Na taj način *Medijator* i *Eksperimentalni blok* su potpuno nezavisne komponente, a na *Eksperimentalni blok* mogu da se priključe i druge vrste WS klijenata.

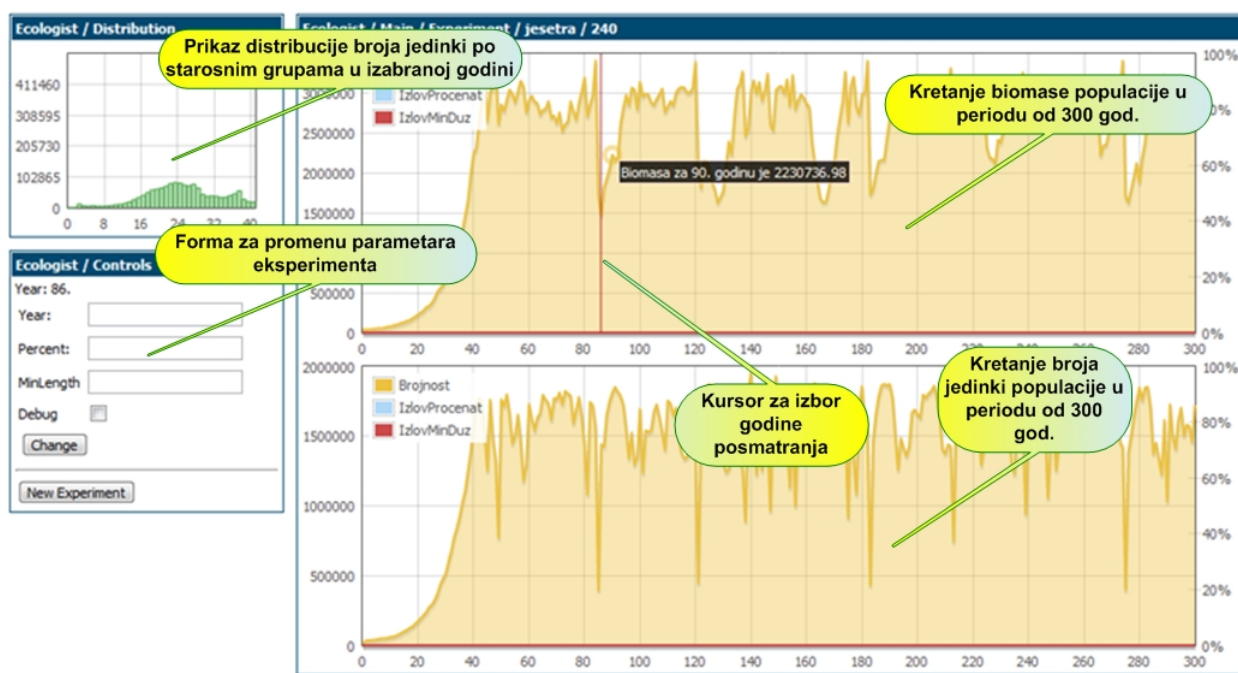


Slika 2: Arhitektura sistema ECOLOGIST

Eksperimentalni blok je jezgro sistema u kome su implementirani matematički modeli različitih jednovrsnih ekosistema (*Funkcionalni modul*) sa pratećom domenskom ontologijom. Za vezu prema skladištu podataka korišćen je Hibernate (framework: <http://www.hibernate.org/>). Šema BP je generisana na osnovu korišćenog domenskog modela, a korišćenjem Hibernate-a ostvarena je potpuna nezavisnost *Eksperimentalni blok*a od skladišta podataka. Na taj način podaci mogu biti smešteni u bilo kakav ciljani relacioni SUBP (DBMS) koji je podržan Hibernate-om.

4. PRIMENA SISTEMA ECOLOGIST

Kroz implementaciju sistema *ECOLOGIST* postignuta je platformaska nezavisnost, dostupnost putem interneta, interaktivan korisnički interfejs i mogućnosti vizuelizacije raznih vrsta podataka. Trenutno sistem sadrži podatke za 2 riblje vrste: pastrmku i jesetru. U ovom radu kao ilustracija su dati podaci za pastrmku. Interfejs je dizajniran na principu *Čarobnjaka*.



Slika 3: Prikaz predviđanja promene biomase i brojnosti jedne vrste ribe (pastrmke ili jesetre) u periodu od 300 godina bez izlovljavanja

U prvom koraku korišćenja neophodno je da korisnik odabere vrstu i kapacitet staništa, nakon čega sistem korisniku prikazuje predviđeno kretanje biomase i broja jediniki izabrane vrste u posmatranom staništu za period od 300 godina, bez izlova (slika 3). Drugi korak se može ponavljati kroz proizvoljan broj iteracija. U formi za promenu parametara eksperimenta mogu se uneti podaci o procentualnoj veličini izlova, minimalnoj dužini jedinki za izlov, kao i period predviđanja (u intervalu 1-300 godina) u kome uneti podaci važe. Potvrdom na dugme *Change* sistem vrši preračunavanje sa novounetim podacima. Svaki eksperiment i sve njegove iteracije se pamte, tako da korisnik može da ih preuzme na kraju sesije i koristi ih u *Offline* režimu.

5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljena Web aplikacija ECOLOGIST namenjena za izvođenje simulacionih eksperimenata u jednopopulacionim ribljim ekosistemima. Aplikacija je nastala na osnovu matematičkog modela realnog sistema na bazi podataka prikupljenih i dobijenih od strane ekologa istraživača. ECOLOGIST omogućava studentima da na daljinu vrše simulacione eksperimente, zasnovane na realnim podacima, kao i predviđanje ponašanja složenih dinamičkih jednopopulacionih sistema u različitim uslovima. Dalji razvoj sistema ECOLOGIST realizovaće se u više smerova. Jedan od njih je razvoj tutorskog modula, kako bi se omogućilo korišćenje platforme u širim edukativnim kontekstima, uz dodavanje multimedijalnih materijala, tekstova za proučavanje i testova za samoevaluaciju znanja. Drugi smer razvoja okrenut je dodavanju funkcionalnosti za druge vrste i druge ekosisteme. Poseban smer predstavlja dodavanje mogućnosti za dizajn novih vrsta. To znači da u odnosu na zadate spoljne faktore (kapacitet, ishrana, temperatura, zagađenost) korišćenjem simulacionih eksperimenata treba naći željeni profil vrste, način inicijalnog poribljavanja i izlovljavanja, kako bi se dobili ciljni rezultati.

ZAHVALNICA. Ovaj rad je podržalo Ministarstvo obrazovanja i nauke R. Srbije (OI 173045, III 44007, TR 32054).

LITERATURA

- [1] Jarić, I., Ebenhard, T. and Lenhardt, M. (2010). Population Viability Analysis of the Danube sturgeon populations in a VORTEX simulation model. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20(2), 219-237
- [2] Spasić, S. (2003) Adaptivni računarski tutor za virtuelni sistem *EKOLOG*, Magistarska teza, Beogradski univerzitet, Beograd.
- [3] Curtis, J. M. R. and Vincent, A. C. J. (2008). Use of population viability analysis to evaluate CITES trade-management options for threatened marine fishes. *Conservation Biology* 22(5), 1225-1232
- [4] Gao, X., Brosse, S., Chen, Y., Lek, S. and Chang, J. (2009). Effects of damming on population sustainability of Chinese sturgeon, *Acipensersinensis*: evaluation of optimal conservation measures. *Environmental Biology of Fishes* 86, 325-336.
- [5] Ben Bolker, *Ecological Models and Data in R*, Princeton University Press, 2007
- [6] Lacy, R.C., M. Borbat, and J.P. Pollak. 2005. *VORTEX: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Version 9.50*. Brookfield, IL: Chicago Zoological Society
- [7] Craine, D. and Pascarello, E. (2006), *AJAX in Action*, Manning Publications