

# KONZERVACIONA BIOLOGIJA

-skripta-

dr Jelka Crnobrnja-Isailović

## 9. Analiza vijabilnosti populacija (PVA)

Pomoću sledećih informacija: stope rađanja i smrtnosti i njihove varijanse, broj populacija, veličina populacija, kapacitet staništa, učestalost i efekti uznemiravanja (katastrofe, izlovljavanje itd), podložnost inbridnoj depresiji, stopa protoka gena između populacija, projektuje se sudbina populacija tj verovatnoća izumiranja u zadatom vremenskom intervalu. PVA je oruđe za predviđanje rizika umiranja određene vrste, za poređenje različitih mogućnosti za oporavak ugroženih populacija, za procenu rizika od određenog nivoa eksploatacije itd. PVA izračunava veličinu populacija, stopu rasta populacije, proporciju simulacija izumiranja i proračun smanjenja heterozigotnosti tokom određenog vremenskog intervala.

Analiza vijabilnosti populacija (Population Viability Analysis -PVA) je proces utvrđivanja faktora koji ugrožavaju opstanak vrste i procena verovatnoće da će se ti faktori održati tokom određenog perioda u budućnosti. PVA se primenjuje u proračunima verovatnoće izumiranja određene populacije i potvrđivanju da je populacija u opasnosti od izumiranja. Korist od primene PVA ogleda se u neophodnosti prikupljanja demografskih parametara, analiziranja podataka, utvrđivanja podataka koji nedostaju i u shvatanju posledica promene vrednosti parametara populacione strukture i dinamike.

PVA objedinjuje dva procesa koja izazivaju izumiranje populacije:

1. Determinističko izumiranje - kada je stopa rasta populacije  $\lambda < 1$  (stopa rađanja < od stope umiranja);
2. Stohastičko izumiranje - prosečna stopa rađanja izbalansirana je sa stopom umiranja ali moguća su slučajna masovna umiranja jedinki ili nedovoljan broj uspešnih parenja pa populacija izumre (male populacije).

Genetički vijabilne populacije su one koje su veće ili jednake proceni MINIMALNE VIJABILNE VELIČINE POPULACIJE za tu vrstu – a to je minimaln broj jedinki u populaciji koji je potreban za održavanje reproduktivnog fitnessa i evolutivnog potencijala tokom vremenskog perioda dužeg od 1000 godina (ili, po nekim autorima, perioda od najmanje 100 godina). Prilikom procene minimalne vijabilne veličine populacije proverava se da li je veličina populacije dovoljna za izbegavanje inbridne depresije, zatim da li populacija sadrži dovoljno genetičke raznovrsnosti da može da preživi naglu sredinsku promenu, kao i da li je populacija dovoljno velika da izbegne akumuliranje novih štetnih

mutacija?

Sve dok se veličina populacije održava iznad svoje kritične vrednosti, deterministički procesi modeliraju njenu budućnost – stopa radjanja, stopa umiranja, stopa imigracije i stopa emigracije. Medjutim, male populacije u velikoj meri jesu podložne izumiranjima usled stohastičkih faktora tj slučajnih variranja demografskih (uzrasno specifični mortalitet, brzina razvića, uzrasno specifični fekunditet, doba prve reprodukcije, dužina reproduktivnog dela života jedinke, dugovećnost) i sredinskih promenljivih (temperatura i vlažnost vazduha u okruženju, prosečna količina padavina, broj snežnih dana u godini itd) čak i ako su njihove determinističke vrednosti povoljne (stopa rasta veća od stope umiranja, stopa imigracije veća od stope emigracije).

---

Cilj	$N_e$	Vreme oporavka (generacije)
Izbegavanje inbridne depresije	50	
Održavanje evolucionog potencijala	500 5000 570 - 1250	$10^2 - 10^3$
Održavanje jednolokusne genetičke raznovrsnosti	$10^5 - 10^6$	$10^5 - 10^7$
Izbegavanje akumuliranja štetnih mutacija	12 - 1000	

---

## Genetički vijabilne populacije: za dugoročno preživljavanje

---

	$N_e$	N
<hr/>		
Ugrožavanje:		
1. Gubitak genetičke raznovrsnosti	500-5000	5000-50000
2. Akumulacija mutacija	1000	10000
3. Demografska slučajnost		10s-100
4. Sredinska slučajnost		1000+
5. Katastrofe		1000+
Empirijski podaci (Thomas 1990)		
1. Ptice i sisari		
prosečno variranje		1000
visoko variranje		10000
2. Insekti		
prosečno variranje		10000
visoko variranje		100000
3.PVA za 100 vrsta kičmenjaka		>6000

---

## Genetički ciljevi pri održavanju uzgojnih populacija

Smatra se da oko 2000 vrsta kičmenjaka može dugoročno opstati samo uz pomoć reprodukcije i uzgajanja u kontrolisanim uslovima. Ako bi se pridržavali pravila o minimalnoj vijabilnoj veličini populacije od  $N_e = 500$  jedinki, suočili bi se sa činjenicom da u velikom broju zooloških vrtova nema adekvatnih uslova za održavanje jedinki ugroženih vrsta. Kompromis za održavanje uzgojnih populacija ugroženih vrsta je stoga definisan kao zadatak da se održi 90% genetičke raznovrsnosti populacije tokom narednih 100 godina\*

\*Pretpostavlja se, na osnovu proračuna, da će nakon 100 godina staništa u prirodi ponovo postati dostupna nakon očekivanog pada veličine globalne ljudske populacije.

Ako efektivnu veličinu populacije ( $N_e$ ) predstavimo izrazom  $N_e = 475/L$ , gde L predstavlja generacijsko vreme izraženo u godinama, dobijamo različite procene efektivne veličine populacije za pojedine vrste životinja i biljaka:

Miš:  $L = 14$  nedelja  $N_e = 1769$

Podbel:  $L = 1$  godina  $N_e = 475$

Flamingo  $L = 26$  godina  $N_e = 18$

Podaci koji se obično unose u PVA:

- stope radjanja i umiranja i njihove varijanse
- broj populacija
- veličina populacija
- kapacitet staništa
- učestalost i efekti ugrožavanja (katastrofe, izlovljavanje itd.)
- drugi podaci o životnom ciklusu vrste (podložnost inbridnoj depresiji, stope protoka gena izmedju populacija itd.)

Koncepti koji se koriste u kompjuterskim simulacijama zasnovani su na prikupljenim podacima dugoročnih istraživanja (više od 100 godina) populacione demografije, ekologije i genetike.

PVA se koristi za predviđanje rizika od izumiranja određene vrste, poredjenje alternativnih strategija oporavka ugroženih vrsta, kao i za teoretska istraživanja (npr analiza pojedinih evoluciono-bioloških fenomena). PVA je takođe korisna i za procenu uticaja kontrole krivolova i uklanjanja predatora. Inbridna depresija je jedini genetički faktor u PVA. Potrebno je znati podložnost vrste inbridnoj depresiji, koje komponente adaptivne vrednosti (preživljavanje, fekunditet) su pod uticajem inbridne depresije, nivo medjusobne izolacije lokalnih populacija (stope migracije i protoka gena, ako one utiču na koeficijent inbridinga), sistem ukrštanja (autbridng vs. samooplodnja; monogamni vs. poligamni vs. hermafroditni, itd.), kao i veličinu populacije i odnos polova.

Koliko su korisna predviđanja na osnovu PVA?

Nedostatak ove analize je što za veoma malo ugroženih vrsta postoje svi neophodni podaci o životnom ciklusu. Međutim, dobija se zbirna informacija o životnom ciklusu vrste, identifikovanje svih procesa ugrožavanja koji utiču na životni ciklus vrste, vrednovanje značaja svakog od tih procesa, identifikovanje mogućih strategija oporavka i vrednovanje njihovih relativnih uticaja, identifikovanje manjkavosti u poznavanju vrste i formulisanje novih istraživanja čiji je cilj dobijanje informacija koje nedostaju. U praksi, moguće je, u nedostatku podataka o vrednostima nekih ulaznih parametara usled nemogućnosti da se podaci dobiju primenom neinvazivnih metoda (npr određivanje starosti kod zmija moguće je žrtvovanjem jedinki i očitavanjem naraštajnih zona sa poprečnih preseka kostiju kičmenice što je nepreporučljivo, jer je za procenu uzrasne strukture neophodno imati statistički validne uzorke odnosno žrtvovati veliki broj jedinki jedne populacije), da se koriste podaci drugih autora koji su radili slična istraživanja na drugim populacijama iste ili srodnih vrsta. Svakako je moguće proceniti starost neinvazivnom metodom na osnovu markiranja novorođenih jedinki i njihovog ponovnog izlovljavanja ali ovaj postupak je neizvestan i faza prikupljanja podataka može dugo trajati.

## 10.Vortex radionica

VORTEX je softverski paket pomoću koga se sprovodi PVA. Tokom radionice studenti će se upoznati sa korišćenjem softvera i uraditi nekoliko simulacija na osnovu konkretnih podataka za konkretne vrste.

<http://vortex10.org/Vortex10.aspx>

Vortex je statistički paket zasnovan na individualnim Monte-Karlo simulacijama, a za procenu vijabilnosti jedne ili više populacija. Primenljiv za vrste diploidnih organizama sa polnim načinom razmnožavanja i relativno malim fekunditetom: Sisari, ptice, neke vrste vodozemaca i gmizavaca, pojedine vrste riba, beskičmenjaka i biljaka koje se odlikuju malim fekunditetom.

Ograničenja:

Osim ograničenja samog kompjutera na kome se vrši simulacija, postoji apsolutno ograničenje veličine i kompleksnosti simulacije. Ovo se pre svega odnosi na medapopulacione modele. Preporučuje se da se periferni članovi metapopulacija koji imaju veoma mali protok gena analiziraju zasebno. Ograničenja su sledeća:

Parametri	Maksimalne vrednosti
broj ponavljanja	10 000
dužina simulacije	10 000 godina
broj populacija	50
tipovi katastrofa	25
maksimalna starost jedinki	250 godina
maksimalna veličina okota	50 (ako se ne podrazumeva normalna raspodela; ako postoji normalna raspodela ona nema ograničenja)
početna veličina populacije	30 000 jedinki
kapacitet sredine	60 000 jedinki

Primer:

Analiza vijabilnosti populacija primenom VORTEX-a uradjena je za pandu (*Ailuropoda melanoleuca*). Tražena je prognoza opstanka populacije u Yele rezervatu prirode u Kini za period od 100 godina.

1999 u rezervatu je zabeleženo 11 jedinki pande. Uzrasna struktura je bila sledeća:

0 -1.5 godina starosti	1	juvenilni
1.5 - 7 godina starosti	2	
7 - 20 godina starosti	7	adulti
>20 godina starosti	1	postreproduktivna kategorija.

Izveštaj o verovatnoći izumiranja populacije definisan je za svakih 10 godina.

Uobičajen raspon reproduktivno aktivnog života predstavljen je kao 8 godina za mužjake i 7 godina za ženke.

Maksimalna starost reproduktivno aktivne jedinke procenjena je na 20 godina.

Odnos polova u kohorti novorođenih predstavljen je kao optimalan - 1 : 1

Reproduktivni sistem je bio monogamni

Razmnožavanje je procenjeno kao nezavisno od gustine populacije (nema Alley-evog efekta)

Učesnici u razmnožavanju su svi adultni mužjaci

Maksimalna veličina okota je 2 mladunčeta

Maksimalni noseći kapacitet sredine je procenjen na 3.03 jedinke/ km<sup>2</sup>

Maksimalna veličina populacije procenjena je na  $272\text{km}^2 \times 0.096 \times 3.03 = 79$  jedinki

Verovatnoća pojave katastrofalnog događaja (na 100 godina) je 1.67%

Uticaj katastrofe na opstanak i razmnožavanje populacije proračunat je na 16%