



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ VORTEX



Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ιστοσελίδα: <http://www.cbsg.org/our-approach/science-based-tools/vortex>

Το Vortex είναι ένα πρόγραμμα που προσομοιώνει τις πληθυσμιακές διαδικασίες σαν διακριτά διαδοχικά γεγονότα που συμβαίνουν με πιθανότητα η οποία καθορίζεται από μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών (Monte Carlo προσομοιώσεις). Πιο συγκεκριμένα, το Vortex προσομοιώνει τις γεννήσεις, τους θανάτους και τη μετάδοση των γονιδίων από τη μια γενιά στην άλλη παράγοντας τυχαίους αριθμούς που, μέσω κατανομών πιθανότητας, καθορίζουν εάν ένα άτομο θα γεννηθεί ή θα πεθάνει, εάν ένα ενήλικο θηλυκό θα γεννήσει 0, 1, 2, ... απογόνους ή πιο από τα δύο αλληλόμορφα που έχει ένας γονέας σε ένα γενετικό τόπο θα κληρονομήσει σε ένα απόγονό του.

Στο Vortex, η πιθανότητα επιβίωσης και αναπαραγωγής, είναι δυνατό να διαφέρουν ανάλογα με το φύλο. Η γονιμότητα είναι ανεξάρτητη από την ηλικία από τη στιγμή που ένα άτομο φτάσει στην αναπαραγωγική ηλικία. Ο ρυθμός θανάτων καθορίζεται ξεχωριστά για τα άτομα κάθε προ-αναπαραγωγικής ηλικιακής και της αναπαραγωγικής κλάσης. Το σύστημα αναπαραγωγής είναι είτε μονογαμικό είτε πολυγυνικό. Σε κάθε περίπτωση, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει το ποσοστό αρσενικών ατόμων που αναπαράγονται. Όλα τα αρσενικά που παίρνουν μέρος στην αναπαραγωγική διαδικασία έχουν την ίδια πιθανότητα να αφήσουν απογόνους.

Κάθε προσομοίωση ξεκινά με ένα συγκεκριμένο αριθμό αρσενικών και θηλυκών ατόμων σε κάθε ηλικιακή κλάση. Σε κάθε άτομο στον αρχικό πληθυσμό αποδίδονται δύο αλληλόμορφα σε κάθε γενετικό τόπο. Ο χρήστης καθορίζει επίσης το μέγεθος του ομομικτικού υποβιβασμού που στο Vortex μεταφράζεται σαν μείωση της επιβίωσης των ανώριμων ατόμων (juvenile mortality). Ο ομομικτικός υποβιβασμός μετράται μέσω της παραμέτρου: ισοδύναμο θνησιγόνου (lethal equivalent). Το ισοδύναμο θνησιγόνου μάς δίνει ένα μέτρο του γενετικού μειονεκτήματος που βρίσκεται «κρυμμένο» σε ένα ετεροζυγωτικό άτομο, που όμως θα μπορούσε να εκφραστεί σε αδυναμία επιβίωσης αν βρεθεί στην ομόζυγη κατάσταση. Για παράδειγμα, 4 ισοδύναμα θνησιγόνου, σημαίνει ότι ένα άτομο φέρει 4 αλληλόμορφα στο γονιδίωμά του που αν κάποιο από αυτά βρισκόταν σε ομόζυγη κατάσταση θα οδηγούσε στον θάνατο. Μπορεί να σημαίνει επίσης ότι

φέρει 8 αλληλόμορφα που το καθένα τους προκαλεί με πιθανότητα 50% το θάνατο του ατόμου όταν βρίσκεται στην ομόζυγη κατάσταση.

Το πρόγραμμα προσομοιώνει τον πληθυσμό τόσες φορές όσες θα καθορίσει ο χρήστης (τουλάχιστον 500 επαναλήψεις). Λόγω της στοχαστικής φύσης των πληθυσμιακών διεργασιών, κάθε επανάληψη δίνει (έστω και ελαφρά) διαφορετικό αποτέλεσμα. Εκτελώντας βασική στατιστική, το πρόγραμμα εξάγει την πιθανότητα εξαφάνισής του πληθυσμού σε καθορισμένα από το χρήστη χρονικά διαστήματα (αριθμός πληθυσμών που έχουν εξαφανιστεί / σύνολο πληθυσμών – επαναλήψεων), το μέσο χρόνο εξαφάνισης, το μέσο αριθμό ατόμων και το επίπεδο γενετικής ποικιλότητας (ετεροζυγωτία και αριθμός αλληλομόρφων) που παραμένει στους πληθυσμούς που δεν έχουν ακόμη εξαφανιστεί. Η εξαφάνιση ενός πληθυσμού ορίζεται ως η απουσία ενός από τα δύο φύλα.

Αν ένας πληθυσμός υπερβεί σε μέγεθος την ορισμένη από το χρήστη φέρουσα ικανότητα, αφαιρούνται, μέσω μιας κατανομής πιθανότητας, άτομα από κάθε ηλικιακή κλάση. Το πρόγραμμα επιτρέπει την προσομοίωση αυξητικής ή μειωτικής τάσης της φέρουσας ικανότητας. Ο χρήστης μπορεί επίσης να θεωρήσει ότι ο αναπαραγωγικός ρυθμός του πληθυσμού εξαρτάται από την πυκνότητά του. Για παράδειγμα, ένας πληθυσμός με μικρό μέγεθος σε σχέση με την φέρουσα ικανότητα μπορεί να παρουσιάζει αυξημένο αναπαραγωγικό ρυθμό ενώ ένας πληθυσμός κοντά στη φέρουσα ικανότητα μειωμένο.

Το Vortex προσομοιώνει τη περιβαλλοντική αβεβαιότητα επιλέγοντας στην αρχή κάθε έτους τους ρυθμούς γέννησης και θανάτου και την φέρουσα ικανότητα από μια κατανομή πιθανότητας με μέση τιμή και διασπορά που καθορίζεται από το χρήστη. Για την προσομοίωση της περιβαλλοντικής αβεβαιότητας στους ρυθμούς θανάτων και γεννήσεων χρησιμοποιείται μια διωνυμική κατανομή με τη διασπορά να καθορίζει τις διακυμάνσεις στην πιθανότητα γέννησης και θανάτου. Η διακύμανση της φέρουσας ικανότητας προσομοιώνεται μέσω της κανονικής κατανομής. Οι διακυμάνσεις στις γεννήσεις και τους θανάτους μπορούν να θεωρηθούν συσχετισμένες ή ανεξάρτητες.

Το Vortex προσομοιώνει τις φυσικές καταστροφές σαν γεγονότα που εμφανίζονται με μια καθορισμένη πιθανότητα και μειώνουν την επιβίωση και την αναπαραγωγή για ένα έτος. Μια καταστροφή θα εμφανιστεί αν ένας τυχαία

παραγόμενος αριθμός μεταξύ 0 και 1 είναι μικρότερος από την καθορισμένη πιθανότητα εμφάνισης της καταστροφής. Αν η καταστροφή εμφανιστεί, η πιθανότητα αναπαραγωγής και επιβίωσης μειώνεται κατά ένα πολλαπλασιαστικό παράγοντα που ορίζεται από το χρήστη.

Το Vortex επιτρέπει στο χρήστη να «ενισχύσει» τον πληθυσμό - εισάγοντας άτομα από άλλους πληθυσμούς – για ένα ορισμένο αριθμό ετών. Ο αριθμός, το φύλο και η ηλικία των εισαγόμενων ατόμων μπορεί να ορισθεί από το χρήστη. Το Vortex εμφανίζει τότε το ρυθμό αύξησης του πληθυσμού χωριστά για τα χρόνια με και χωρίς «ενίσχυση» και επιτρέπει τον υπολογισμό της πιθανότητας εξαφάνισης και του μεγέθους του πληθυσμού.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα δεδομένα της άσκησης αντιστοιχούν σε μελέτες που έγιναν πάνω σε πληθυσμούς λεοπάρδαλης (*Leopardus pardalis*) στο Τέξας. Θα μελετήσουμε δύο απομονωμένους μεταξύ τους πληθυσμούς: τον πληθυσμό του Cameron και πληθυσμό του Willacy.

Πληθυσμός του Cameron

Mating system: long-term polygyny

Age of first female reproduction: 3 years

Age of first male reproduction: 3 years

Maximum age of reproduction: 11 years

Sex ratio at birth: 50/50

Reproduction correlated with survival

Inbreeding depression: default values

Reproduction rates

Maximum litter size: 3

% of females reproducing = $(85 - ((85 - 65)(N / K)^2))(N / (1 + N))$

% EV: 10

Number of broods per year: 1

1 progeny per brood: 62 %

2 progeny per brood: 37 %

3 progeny per brood: 1 %

Mortality rates

Female mortality rate at year 0-1: 29 (5)

Female mortality rate at year 1-2: 13 (2)

Female mortality rate at year 2-3: 22 (5)

Adult female mortality: 13 (2)

Male mortality rate at year 0-1: 29 (5)
Male mortality rate at year 1-2: 13 (2)
Male mortality rate at year 2-3: 37 (10)
Adult male mortality: 13 (2)

Number of catastrophes (frequency): 1 (11%)
% Reduction in reproduction: 25
% Reduction in survival: 10
% of adult males breeding: 50%

Initial population size: 38
Carrying capacity: 50 (5)

Πληθυσμός του Willacy

Θεωρούμε ότι ο πληθυσμός του Willacy έχει τις ίδιες τιμές με τον πληθυσμό του Cameron. Η περιβαλλοντική συσχέτιση ανάμεσα στους δύο πληθυσμούς εκτιμάται ως ίση με 0.5.

Initial population size: 56
Carrying capacity: 100 (10)

ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ

1. Να κάνετε ανάλυση βιωσιμότητας των δύο πληθυσμών (π.χ. πιθανότητα εξαφάνισης των πληθυσμών μέσα στα επόμενα 100 χρόνια). Σε ποια κατηγορία κινδύνου θα κατατάσσατε τους πληθυσμούς σύμφωνα με τα κριτήρια της Διεθνούς Ένωσης για την Προστασία της Φύσης (IUCN);
2. Αν εκτιμάτε ότι οι πληθυσμοί κινδυνεύουν με εξαφάνιση, να διερευνήσετε:
 - Ποια είναι η ελάχιστη φέρουσα ικανότητα που εξασφαλίζει την βιωσιμότητα των πληθυσμών; Η απάντησή σας πρέπει να στηρίζεται στα κριτήρια κατάταξης των πληθυσμών σε κατηγορίες κινδύνου όπως έχουν διατυπωθεί από τη Διεθνή Ένωση για την Προστασία της Φύσης (IUCN, 2001).
 - Ποια είναι η ζωτική παράμετρος (π.χ. επιβίωση ατόμων 0-1 έτους, επιβίωση ενήλικων ατόμων) η οποία καθορίζει πιο αποφασιστικά τη βιωσιμότητα των πληθυσμών;
3. Να εκτιμήσετε τη συνέπεια του ομομικτικού υποβιβασμού στη βιωσιμότητα των πληθυσμών (Εκτελέστε το πρόγραμμα συμπεριλαμβάνοντας και αγνοώντας τον ομομικτικό υποβιβασμό). Είναι σκόπιμο να λαμβάνεται υπόψη ο γενετικός παράγοντας στην ανάλυση βιωσιμότητας;
4. Η σύνδεση των δύο πληθυσμών, με τη μετακίνηση ατόμων από τον ένα στον άλλο, θα μπορούσε να είναι μια ενδεδειγμένη μέθοδος για τη διατήρησή τους; Ποιος είναι ο βέλτιστος τρόπος σύνδεσης (διασπορά από ποιο πληθυσμό προς ποιον, βέλτιστος ρυθμός διασποράς);
5. Μέσω των απαντήσεών σας στα προηγούμενα ερωτήματα, να κάνετε μια τεκμηριωμένη ανάλυση της επίδρασης των μέτρων προστασίας (μείωση της θνησιμότητας, αύξηση της φέρουσας ικανότητας, σύνδεση των πληθυσμών) πάνω στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των πληθυσμών.

Η παρουσίαση της εργασίας σας θα πρέπει να είναι σε μορφή άρθρου.
Δηλαδή, να περιλαμβάνει: Περίληψη, Εισαγωγή, Αποτελέσματα, Συμπεράσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Hains A.M. et al. (2005). Evaluating recovery strategies for an ocelot (*Leopardus pardalis*) population in the united states. *Biological conservation* **126**, pp. 512-522.

Reed J.M. et al. (2001). Emerging issues in population viability analysis. *Conservation Biology* **16** (1), pp. 7-19.

Bustamante J. (1995). Population Viability analysis of captive and released Bearded Vulture populations. *Conservation Biology* **10** (3), pp. 822-830.

Haig S.M. et al. (1993). Population viability analysis for a small population of Red-cockaded Woodpeckers and an evaluation of enhancement strategies. *Conservation Biology* **7** (2), pp. 289-301.

Song Y-L (1996). Population viability analysis of two isolated populations of Haianan Eld's Deer. *Conservation Biology* **10**(5), pp. 1467-72