

Το πρόγραμμα VORTEX

Για τη διαχείριση του κινδύνου εξαφάνισης που διατρέχουν οι φυσικοί πληθυσμοί (risk analysis ή risk management) θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Vortex. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιεί και προσομοιώνει ένα ατομοκεντρικό μοντέλο δυναμικής πληθυσμών. Το μοντέλο προσομοιώνει την επίδραση που έχουν διαδοχικά γεγονότα (γεννήσεις, θάνατοι, περιβαλλοντικές καταστροφές, διαδοχική σειρά ευνοϊκών εποχών [bonanzas] κ.λ.π.) στο μέλλον του πληθυσμού. Κατά το κτίσιμο του μοντέλου, τα διάφορα διαδοχικά γεγονότα εκπροσωπούνται είτε ως σταθερές παράμετροι (π.χ. $r=0.3$), είτε ως τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν καθορισμένες κατανομές πιθανοτήτων. Καθώς το μέλλον του πληθυσμού εξαρτάται από τις τιμές που θα δεχθούν οι τυχαίες αυτές μεταβλητές είναι προφανές ότι σε κάθε διαφορετική δοκιμή η έκβαση του φαινομένου θα είναι και διαφορετική. Σε άλλες περιπτώσεις ο πληθυσμός θα επιβιώνει και σε άλλες θα καταλήγει.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Προσδιορισμός ρίσκου

Σε φυλλετικά αναπαραγώμενους πληθυσμούς είναι πιθανόν να θεωρήσει κανείς ότι ο πληθυσμός θα βρεθεί σε κίνδυνο όταν δεν θα υπάρχουν άτομα και από τα δύο φύλλα ώστε η αναπαραγωγή να είναι δυνατή. Τότε ανεξάρτητα από το μέγεθος του πληθυσμού (αν αυτός εμφανίζει ακόμα και 1000 άτομα που όλα όμως είναι θηλυκά) η εξαφάνισή του είναι αναπόφευκτη.

Σε άλλες περιπτώσεις η εμπειρία διδάσκει ότι ένας πληθυσμός δεν είναι πιά βιώσιμος αν το μέγεθός του πέσει κάτω από ένα συγκεκριμένο ελάχιστο όριο. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ο όρος σχεδόν εξαφάνιση (quasi-extinction).

Τέλος, σε ειδικές περιπτώσεις θεωρείται για πρακτικούς λόγους ότι ο πληθυσμός βρίσκεται σε κίνδυνο εξαφάνισης αμέσως μόλις εμφανιστεί η πρώτη ένδειξη μείωσης στο πληθυσμιακό μέγεθος.

Ομομεικτική κατάπτωση

Το μοντέλο μπορεί να περιγράψει το φαινόμενο της ομομεικτικής κατάπτωσης (inbreeding depression) που συμβαίνει ιδίως σε μικρούς πληθυσμούς. Πρόκειται για την άμεση μείωση της βιωσιμότητας των ατόμων που προέρχονται από ομομεικτική αναπαραγωγή. Η ομομεικτική κατάπτωση έχει ως συνέπεια τη μείωση της δαρβινικής προσαρμογής (fitness).

Το vortex προσομοιώνει το απλούστερο μοντέλο ομομεικτικής κατάπτωσης που αφορά στην άμεση μείωση της βιωσιμότητας των νεαρών απογόνων στη διάρκεια μονάχα του πρώτου χρόνου της ζωής τους. Προφανώς αυτή η εκτίμηση υποεκτιμά τις συνέπειες της ομομεικτικής αναπαραγωγής καθώς αυτή μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά πάνω και σε άλλους παράγοντες της δαρβινικής προσαρμογής όπως είναι η βιωσιμότητα των ωρίμων ατόμων, η γεννητικότητα, η ανταγωνιστικότητα κ.λ.π.

Το πρόγραμμα ζητά από το χρήστη να προσδιορίσει την ένταση καθώς και τη φύση της ομομεικτικής κατάπτωσης. Η πρώτη μετριέται ως ο αριθμός των θανατογόνων ισοδυνάμων (lethal equivalents) ανά διπλοειδές άτομο. Το πρόγραμμα προτείνει την τιμή 3.14 που αντιπροσωπεύει τον μέσο όρο που έχει προσδιοριστεί σε 40 διαφορετικές περιπτώσεις.

Ιδιαίτερη σημασία για τη βιωσιμότητα ενός πληθυσμού έχει το ποσοστό του γενετικού φορτίου (genetic load). Η παράμετρος αυτή μετρά τη σχετική μείωση της μέσης δαρβινικής προσαρμογής του πληθυσμού (σημειώστε ότι η δαρβινική προσαρμογή μετριέται με την παράμετρο r) που οφείλεται σε γενότυπους με μικρότερη του r προσαρμογή. Για τη μέτρηση του γενετικού φορτίου χρησιμοποιείται συχνά ο μέσος αριθμός θανατογόνων μεταλλάξεων ανά άτομο. Στην περίπτωση του Vortex το γενετικό φορτίο προσομοιώνεται μέσω των θανατογόνων ισοδυνάμων και οφείλεται σε μη υποτελή θανατογόνα αλληλόμορφα. Να σημειώσουμε ότι το πρόγραμμα προβλέπει 10 θανατογόνα αλληλόμορφα ανά ιδρυτή (founder). Για το λόγο αυτό το γινόμενο των

θανατογόνων ισοδυνάμων επί το ποσοστό του συνολικού γενετικού φορτίου που αποδίδεται στα θανατογόνα δεν μπορεί να ξεπερνά αυτό τον αριθμό.

Το μοντέλο γενετικής πληθυσμών που προσομοιώνει το Vortex είναι απλό. Τα θανατογόνα αλληλόμορφα διανέμονται τυχαία σε δέκα αυτοσωμικές θέσεις. Θεωρεί επιπλέον ότι η διανομή του αριθμού των θανατογόνων ανά ιδρυτή θα ακολουθεί προσεγγιστικά την κατανομή Poisson. Υπό αυτές τις προϋποθέσεις μια λογικοφανής τιμή που έχει προκύψει από μελέτες στη δροσόφιλα και λιγοστά άλλα είδη είναι το 50%. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που αναφέρουν είτε ότι το σύνολο του γενετικού φορτίου οφείλεται σε θανατογόνα είτε –το αντίθετο– ότι δηλαδή τίποτα δεν οφείλεται σε αυτά.

Η γονιδιακή ποικιλότητα ορίζεται ως η % αναμενόμενη ετεροζυγωτία του πληθυσμού. Η πραγματική ετεροζυγωτία υπολογίζεται ως 1- 'μέσος συντελεστής ομομειξίας'. Ο μέσος αυτός υπολογίζεται επί των πληθυσμών που επιβίωσαν. Τέλος το πρόγραμμα υπολογίζει το μέσο αριθμό των αλληλομόρφων που απομένει στους πληθυσμούς που επιβίωσαν από ένα αρχικό απόθεμα που είναι ίσο με το διπλάσιο των ατόμων του ιδρυτή πληθυσμού. Ακόμη στην περίπτωση που η ομομεικτική κατάπτωση έχει ενσωματωθεί στο μοντέλο υπολογίζεται ο αριθμός των θανατογόνων αλληλόμορφων ανά διπλοειδές άτομο όπως αυτός καθορίστηκε από τη φύση και το γενετικό φορτίο που προσδιορίστηκε αρχικά καθώς και η ένταση της ομομειξίας.

Περιβαλλοντική διακύμανση

Η περιβαλλοντική διακύμανση (Environmental variation EV) αναφέρεται στις ετήσιες διακυμάνσεις που εμφανίζει η αναπαραγωγή και η βιωσιμότητα λόγω των τυχαίων διακυμάνσεων των περιβαλλοντικών συνθηκών. Γίνεται δεκτό ότι η περιβαλλοντική διακύμανση επηρεάζει ταυτόχρονα όλα τα άτομα του πληθυσμού. Οι αιτίες είναι εξωτερικές του πληθυσμού και αναφέρονται στις διακυμάνσεις των καιρικών φαινομένων, των θηρευτών και του παρασιτικού φορτίου. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να επηρεάζουν την αναπαραγωγή και τη

βιωσιμότητα ανεξάρτητα ή ταυτόχρονα. Με βάση την εμπειρία του ερευνητή το πρόγραμμα ζητά να σημειωθεί τί από τα δύο συμβαίνει.

Στη συνέχεια το πρόγραμμα ζητά να προσδιοριστεί το κατά πόσον οι επιδράσεις που έχει η περιβαλλοντική διακύμανση στους διάφορους τοπικούς πληθυσμούς (μονάχα αν μελετάμε μεταπληθυσμιακό σύστημα) αλληλοσυσχετίζονται ή αν αντίθετα αυτές οι συνέπειες λειτουργούν ανεξάρτητα στον κάθε τοπικό πληθυσμό. Για παράδειγμα ο κορμοράνος συγκροτεί μεταπληθυσμιακό σύστημα με κύρια πεδία αναπαραγωγής στην Πρέσπα, την Κερκίνη και τον Αμβρακικό. Εξαιτίας των διαφοροποιήσεων που εμφανίζουν τα τοπικά μικροκλίματα στις τρεις αυτές περιοχές μια κακή χρονιά στην Πρέσπα δεν είναι απαραίτητα το ίδιο κακή και στον Αμβρακικό. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το μεταπληθυσμιακό σύστημα που συγκροτούν οι αράχνες που ζουν στο έδαφος κάτω από τους θάμνους μιας περιοχής του Χορτιάτη. Εκεί, μια κακή χρονιά αναμένεται να επηρεάσει λίγο πολύ το ίδιο όλους τους πληθυσμούς του συστήματος.

Στη περίπτωση του Vortex τιμή ίση με 0 σημαίνει ανεξαρτησία των συνεπειών μεταξύ των τοπικών πληθυσμών. Αυτό θα πει ότι για παράδειγμα μια καλή ή κακή χρονιά για έναν τοπικό πληθυσμό δεν σημαίνει τίποτα για έναν άλλο. Αντίθετα τιμή 1 σημαίνει πλήρη συγχρονισμό συνεπειών σε όλον το πλάτος εξάπλωσης του μεταπληθυσμιακού συστήματος. Έτσι μιά καλή χρονιά για έναν πληθυσμό σημαίνει καλή χρονιά για το σύνολο των πληθυσμών που συγκροτούν το μεταπληθυσμό. Τέλος, μια ενδιάμεση τιμή, ας πούμε 0.5, σημαίνει ότι μια καλή χρονιά για έναν πληθυσμό θα είναι καλή και για τους άλλους, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό.

Έχει διαπιστωθεί εμπειρικά ότι στα περισσότερα βιολογικά συστήματα η οφειλόμενη στην περιβαλλοντική τυχαιότητα απόκλιση από το μέσο όρο δεν ξεπερνάει το 30%.

Περιβαλλοντικές καταστροφές

Οι καταστροφές είναι ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες που έχουν ισχυρή επίδραση στην αναπαραγωγή και τη βιωσιμότητα. Υπάρχουν διαφοροί τύποι καταστροφών όπως απότομες καταστροφές των ενδονημάτων, πλημμύρες, φωτιές, επιδημίες κ.λ.π. Παρελθούσες καταστροφές μπορούν να ανιχνευθούν με την εξέταση δεδομένων γεννητικότητας και θνησιμότητας παρελθόντων ετών. Για παράδειγμα αν διαπιστωθεί ότι σε μια χρονική στιγμή ένας δημογραφικός ρυθμός (π.χ. η θνησιμότητα) ή μια αβιοτική παράμετρος (π.χ. η θερμοκρασία) εμφάνισαν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις κανονικά αναμενόμενες μεταβολές που προβλέπουν τα σχετικά μοντέλα τότε υπάρχει ένδειξη ότι εκείνη τη χρονική στιγμή συνέβει περιβαλλοντική καταστροφή. Η μέθοδος που ακολουθείται προκειμένου να διαπιστωθεί η συχνότητα με την οποία συμβαίνουν αυτά τα έκτατα γεγονότα βασίζεται στην εξέταση χρονοσειρών δεδομένων. Τέτοια δεδομένα υπάρχουν σε αρκετές υπηρεσίες όπως για παράδειγμα οι νομαρχίες, οι γεωργικές υπηρεσίες κ.λ.π. αν και οι σχετικές διαδικασίες μόνο τα τελευταία χρόνια άρχισαν να τυποποιούνται. Αν από την ανάλυση των χρονοσειρών προκύψει ότι σε ορισμένες στιγμές οι τιμές των παραμέτρων διέφεραν από τις κανονικές, διέφεραν ας πούμε κατά $2s$ (δύο τυπικές αποκλίσεις) από το m (το μέσο όρο), τότε λέμε ότι εκείνες τις χρονικές συνέβησαν έκτακτα γεγονότα. Αν τώρα θεωρήσουμε τα χρονικά διαστήματα ανάμεσα στα έκτατα γεγονότα μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέση συχνότητα με την οποία συμβαίνουν αυτά.

Πολλές φορές οι περιβαλλοντικές καταστροφές συμβαίνει να επηρεάζουν μονάχα μία από τις δημογραφικές διαδικασίες (αναπαραγωγή, βιωσιμότητα). Άλλοτε πάλι οι καταστροφές μπορεί να επηρεάζουν αμφότερα τις δημογραφικές παραμέτρους. Επιλέον, σε αρκετές περιπτώσεις μπορούν να συμβαίνουν περισσότερες από ένας τύπος καταστροφών. Για παράδειγμα την υλοτόμηση ενός δάσους μπορεί να συνοδεύσει μια φωτιά. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι μια καταστροφή μπορεί να μην εκδηλώνεται με τον ίδιο τρόπο στα διαφορετικά ενδονημάτια που κατέχουν οι διαφορετικοί

πληθυσμοί του μεταπληθυσμιακού συστήματος ή και ακόμα να μην επηρεάζει με τον ίδιο τρόπο όλους του πληθυσμούς. Το πρόγραμμα διακρίνει ανάμεσα στις γενικευμένες (global) καταστροφές αυτές δηλαδή που λειτουργούν σε όλα τα ενδιαίτηματα που καταλαμβάνουν οι πληθυσμοί και σε τοπικές (local ή regional) οι οποίες εκδηλώνονται με διαφορετικό τρόπο στα επιμέρους ενδιαίτηματα.

Εκτός όμως από τις κατά κυριολεξία καταστροφές, πολλές φορές καταστροφικά αποτελέσματα μπορεί να έχει και μία διαδοχή ευνοϊκών περιόδων (bonanzas). Στην περίπτωση αυτή αν η ευνοϊκότητα αφορά στη δημογραφία, ενώ δεν οδηγεί και σε βελτίωση της βιοχωρητικότητας τότε οι πληθυσμοί αυξάνουν υπέρμετρα με αποτέλεσμα την καταστροφή των περιβαλλοντικών διαθέσιμων.

Ονοματοδοσία

Το πρόγραμμα δέχεται ονόματα για τις διάφορες μεταβλητές πράγμα που διευκολύνει την τελική ανάγνωση των αποτελεσμάτων. Αν για παράδειγμα θεωρησεται ότι ο μαυρόγυπας συγκροτεί ένα μεταπληθυσμιακό σύστημα με βασικά αναπαραγωγικά πεδία τη Δαδιά και τη Βουλγαρία μπορείται τότε να ονομάσετε τον ένα πληθυσμό Dadia και τον άλλον Bulgaria ώστε να διευκολυνθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Μετακινήσεις ατόμων ανάμεσα στους τοπικούς πληθυσμούς

Το πρόγραμμα μοντελοποιεί και τη διαδικασία διασποράς ατόμων από τον ένα τοπικό πληθυσμό στον άλλο. Επειδή όλες οι ηλικιακές κλάσεις δεν είναι ικανές για μετακίνηση (π.χ. τα νεαρά πουλιά), αλλά συχνά ούτε και τα δύο φύλλα το πρόγραμμα ζητά να οριστούν οι κλάσεις εκείνες που μετακινούνται, όπως επίσης και το φύλλο που είναι ικανό προς μετακίνηση.

Η κάθε μετακίνηση ατόμων από τον ένα πληθυσμό στον άλλο ενέχει κινδύνους. Ιδιαίτερα αν η μετακίνηση πρόκειται να γίνει διαμέσου μη ευνοϊκών μικροθέσεων του κατακερματισμένου ενδιαιτήματος. Στις μικροθέσεις αυτές ο

μετακινούμενος οργανισμός μπορεί να αντιμετωπίσει έλλειψη διαθέσιμων πόρων, θήρευση, διαειδικό ανταγωνισμό αλλά και ενδοειδικό ανταγωνισμό από τα άτομα του τοπικού πληθυσμού. Μπορεί ακόμα να βρεθεί αντιμέτωπο και με ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ. κυνήγι, δολώματα, φυτοφάρμακα, καταστροφές οδών επικοινωνίας κ.ά.) Το πρόγραμμα μεταφράζει το ρίσκο από τη μετακίνηση ως θνησιμότητα και μας ζητά να προσδιορίσουμε το ποσοστό των ατόμων που επιβιώνει κατά τη μετακίνηση και εγκαθίσταται επιτυχώς στη νέα μικροθέση (% Survival of Dispersers)

Η διασπορά των οργανισμών είναι συχνά φαινόμενο πολύπλοκο που ορίζεται από περισσότερους από έναν παράγοντες όπως είναι το φύλλο, η ηλικία, η ομομεικτική αναπαραγωγή, το πληθυσμιακό μέγεθος κ.λ.π.. Στις περιπτώσεις αυτές το πρόγραμμα επιτρέπει τη διατύπωση ειδικού μοντέλου ώστε να περιγραφεί το φαινόμενο μέσω της εντολής Dispersal Modifier Function. Η πράξη ωστόσο αυτή απαιτεί ιδιαίτερες γνώσεις και δεν θα μας απασχολήσει εδώ.

Στην επόμενη ενότητα το πρόγραμμα ζητά να προσδιοριστούν τα ποσοστά των ατόμων που θα παραμείνουν εντός των τοπικών πληθυσμών καθώς και εκείνα που θα μετακινηθούν ανάμεσα στους τοπικούς πληθυσμούς τον κάθε χρόνο. Η πειραματική εκτίμηση αυτών των ρυθμών γίνεται συνήθως με τη μέθοδο σύλληψη - σημάδεμα -απελευθέρωση - επανασύλληψη, αν και υπάρχουν πολλές άλλες μέθοδοι που εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις. Η δακτυλίωση των πουλιών ή η ενσωμάτωση πομπών σε μεγαλόσωμα ζώα είναι μερικές από τις εφαρμοζόμενες μεθόδους. Στις περιπτώσεις αυτές οι ρυθμοί μετακινήσεις θεωρείται ότι εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως την απόσταση ανάμεσα στους τοπικούς πληθυσμούς, το μέγεθος των τοπικών πληθυσμών, το μέγεθος του ενδιαιτήματος, το μέγεθος των μικροθέσεων που καταλαμβάνει ο κάθε πληθυσμός, τη χωρητικότητα του ενδιαιτήματος συνολικά ή τη χωρητικότητα της κάθε μικροθέσης κ.λ.π. Στις περιπτώσεις αυτές διατυπώνονται ειδικά μοντέλα που απαιτούν ειδικές γνώσεις και γιαυτό δε θα μας απασχολήσουν εδώ.

Αναπαραγωγικές στρατηγικές

Σε ότι αφορά τους τρόπους αναπαραγωγής οι οργανισμοί διακρίνονται σε μονογαμικούς και πολυγαμικούς. Στην πρώτη περίπτωση ενοείται ότι τα αναπαραγωγικά ζευγάρια είναι αποκλειστικά καθορισμένα σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους, οπότε σε κάθε θηλυκό αντιστοιχεί ένα και μόνο αρσενικό άτομο. Επομένως στην περίπτωση αυτή τόσο ο αριθμός των αρσενικών όσο και εκείνος των θηλυκών μπορούν να αποτελέσουν περιοριστικό παράγοντα της αναπαραγωγής. Αντίθετα στην περίπτωση των πολυγαμικών οργανισμών τα αναπαραγωγικά ζευγάρια δεν είναι σταθερά, οπότε ένα αρσενικό μπορεί να συνευρεθεί με αρκετά θηλυκά, ενώ στην ακραία περίπτωση ένα αρσενικό επαρκεί ώστε να γονιμοποιήσει όλα τα θηλυκά άτομα. Στην περίπτωση αυτή περιοριστικά μπορεί να λειτουργήσει μονάχα ο αριθμός των αναπαραγόμενων θηλυκών. Άλλες φορές το κάθε αρσενικό συντηρεί χαρέμι, από 4-5 θηλυκά ασ πούμε. Πρόκειται για το φαινόμενο της πολυγυνίας όπου μερικά μόνο από τα αρσενικά άτομα μονοπωλούν την αναπαραγωγή του πληθυσμού των υπολοίπων αποκλεισμένων. Σπανιότερα συναντάται και η περίπτωση της πολυανδρίας, όπου ένα θηλυκό αυτή τη φορά διατηρεί χαρέμι άρσενικών ατόμων.

Στην ειδική περίπτωση των μακροπρόθεσμα μονογαμικών οργανισμών, τα ζευγάρια δεν αλλάζουν ποτέ. Αντίθετα το αρσενικό παραμένει εφόρου ζωής δεσμευμένο με το θηλυκό και το αντίστροφο ακόμη και αν το ένα από τα δύο μέλη του ζευγαριού πεθάνει ή μεταναστεύσει. Το ίδιο σταθερά παραμένουν και τα μέλη του χαρεμιού στην περίπτωση των μακροπρόθεσμα πολυγυνικών οργανισμών, ανεξάρτητα από την ατομική τύχη των μελών που τα συγκροτούν.

Για την πλήρη περιγραφή του τρόπου αναπαραγωγής ενός οργανισμού απαιτείται να καθοριστούν και άλλες παράμετροι. Έτσι, ως ηλικία πρώτης αναπαραγωγής ορίζεται το έτος που θα παραχθεί ο πρώτος απόγονος και όχι το έτος που τα άτομα θα φτάσουν σε γεννητική ωριμότητα ή ο χρόνος που θα συμβεί η πρώτη σύλληψη. Επίσης, πολλές φορές οι οργανισμοί δεν

μπορούν να αναπαράγονται σε όλη τους τη ζωή, οπότε απαιτείται να καθοριστεί και η μέγιστη ηλικία αναπαραγωγής. Αναγκαία ακόμα είναι και η εκτίμηση του μεγέθους της ετήσιας γέννας, δηλαδή του αριθμού (συνήθως του μέγιστου) των απογόνων που παράγει κάθε χρόνο το κάθε θηλυκό. Επειδή όμως λόγω τυχαιότητας, περιβαλλοντικής ή μη, τα θηλυκά δεν παράγουν κάθε χρόνο σταθερό αριθμό απογόνων αυτό που μπορούμε να κάνουμε είναι να εκτιμήσουμε το μέσο αριθμό των απογόνων και να συνοδεύσουμε αυτή την εκτίμηση με μια πρόσθετη τιμή που αφορά στην τυπική απόκλιση του μέσου όρου.

Η περιγραφή του αναπαραγωγικού συστήματος απαιτεί και την αναλογία φύλλου των νεαρών απογόνων. Απαιτεί τέλος, να καθοριστεί το κατά πόσον η αναπαραγωγή εξαρτάται από το μέγεθος του πληθυσμού, είναι δηλαδή πυκνοεξαρτημένα.

Σε πληθυσμούς με κοινωνική δομή είναι δυνατόν μερικά αρσενικά άτομα να αποκλείονται από την αναπαραγωγική διαδικασία. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται να τυποποιηθεί η συμμετοχή των αρσενικών στην αναπαραγωγική διαδικασία. Έτσι, πρέπει να καθοριστεί το ποσοστό των αρσενικών που δεν θα αποκλειστούν, το ποσοστό εκείνων που θα δώσουν γέννηση σε τουλάχιστον έναν απόγονο το χρόνο (sire, siring), καθώς και τον μέσο αριθμό των απογόνων που θα δώσει το κάθε αρσενικό που συμμετείχε στην αναπαραγωγή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση του προγράμματος που χρησιμοποιούμε εδώ αρκεί να συμπληρωθεί η πρώτη στήλη του σχετικού πίνακα (mate monopolization), ενώ στη συνέχεια το Vortex θα συμπληρώσει τις υπόλοιπες μόνο του με βάση την παραδοχή ότι κάποια άτομα αποκλείονται της αναπαραγωγής και ότι η συμμετοχή καθορίζεται τυχαία με βάση τη κατανομή Poisson.

Αρχικό πληθυσμιακό μέγεθος

Το αρχικό πληθυσμιακό μέγεθος έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διαχείριση του πληθυσμιακού συστήματος. Πράγματι, αν το μέγεθος του αρχικού πληθυσμού είναι μικρό τότε η πιθανότητα εξαφάνισης είναι πολύ μεγάλη. Αυτό οφείλεται σε τρεις κυρίως λόγους: α) δυσκολίες συνεύρεσης των αρσενικών με τα

θηλυκά, β) αυξημένα ποσοστά ομομιξίας και γ) αδυναμία του πληθυσμού να ανταπεξέλθει στις διακυμάνσεις που επιβάλλει η περιβαλλοντική τυχαιότητα οι οποίες μπορεί και να καταστούν μοιραίες.

Απώλειες λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων

Σε αρκετές περιπτώσεις η ανθρώπινη παρέμβαση στα φυσικά συστήματα μπορεί να έχει ως παρενέργεια το θάνατο ατόμων του πληθυσμού. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα όταν ένα αρπακτικό θα καταναλώσει επιβαρυμένα φυτοφάγα ζώα που έχουν προηγουμένως καταναλώσει καλλιεργούμενα φυτά που έχουν δεχθεί ψηλές δόσεις φυτοφαρμάκων. Το ίδιο μπορεί να συμβεί σε άλλα αρπακτικά όπως ο γύπας και το όρνιο όταν καταναλώσουν δολώματα που χρησιμοποιούν οι αγρότες προκειμένου να καταπολεμήσουν τρωκτικά.

Αφαίρεση όμως ατόμων από τον πληθυσμό μπορεί να γίνει και για λόγους ορθολογικής διαχείρισης του συστήματος. Για παράδειγμα η προγραμματισμένη αφαίρεση είναι μια πρακτική μέσω της οποίας το πληθυσμιακό μέγεθος κρατιέται σε ορισμένα επιθυμητά όρια ώστε να μην εξαντλούνται τα περιβαλλοντικά διαθέσιμα. Αυτό κάνουν π.χ. οι βοσκοί όταν αραιώνουν όπως λένε τα κοπάδια τους ή οι υλοτόμοι όταν αραιώνουν τις δασικές συστάδες. Για τη διαχείριση φυσικών πληθυσμών χρησιμοποιείται πολλές φορές μιά άλλη πρακτική, η προσανατολισμένη αφαίρεση ατόμων μεγάλων ηλικιών ώστε να περιορισθεί ο ενδοειδικός ανταγωνισμός ανάμεσα στα άτομα του πληθυσμού.

Εμπλουτισμός

Ο εμπλουτισμός είναι μια πρακτική στήριξης μικρών πληθυσμιακών μεγεθών με δύο τρόπους α) αριθμητικά και β) με την αύξηση της γενετικής ποικιλότητας. Πρόκειται για τεχνική που χρησιμοποιείται συνήθως σε συστήματα με καθορισμένα όρια όπως οι λίμνες ή περιφραγμένοι βιότοποι. Πολλές φορές ο εμπλουτισμός στοχεύει στην δημιουργία εκμεταλλεύσιμου

περιβαλλοντικού πόρου. Αυτό ισχύει για παράδειγμα στην περίπτωση εμπλουτισμού ενός λιμναίου ιχθυοαποθέματος που προηγούμενη κακή χρήση το εξάντλησε. Άλλοτε πάλι, ο εμπλουτισμός εξυπηρετεί έμμεσα άλλους διαχειριστικούς στόχους. Η επανεισαγωγή, για παράδειγμα, βουβαλιών στην Πρέσπα είχε ως κύριο στόχο της τη διαχείριση των παρόχθιων καλαμιώνων και κατά συνέπεια τη βελτίωση των αναπαραγωγικών πεδίων των ψαριών της λίμνης καθώς και την αύξηση των πεδίων τροφοληψίας των πουλιών. Έμμεσα, ωστόσο, η πρακτική αυτή δημιούργησε και μια πρόσθετη πηγή πλούτου για τον τοπικό πληθυσμό.

Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί εδώ emphaticά ότι ο εμπλουτισμός δεν είναι απλή υπόθεση. Πράγματι, η αριθμητική αύξηση ενός κρίκου του τροφικού πλέγματος μπορεί να προκαλέσει αλυσσιδωτές αντιδράσεις με άγνωστη πολλές φορές κατάληξη. Για παράδειγμα ο εμπλουτισμός μιας λίμνης με ένα ψάρι/θηρευτή μπορεί να έχει συνέπειες στην παραγωγικότητα της λίμνης, γεγονός που έχει παρατηρηθεί σε αρκετές περιπτώσεις. Αυτό συνέβει για παράδειγμα με την εισαγωγή πέρκας στη λίμνη της Καστοριάς. Σε κάθε περίπτωση το εγχείρημα εμφανίζει ιδιαίτερες δυσκολίες, απαιτεί λεπτούς χειρισμούς και προπάντων εξονυχιστική μελέτη της δομής και της λειτουργικότητας των συστημάτων.