

5. Creating Agent-Based Models - Δημιουργία σε NETLOGO του predator-prey model

Αποκεντρωμένος Υπολογισμός και Μοντελοποίηση

21 Νοεμβρίου 2022

Εξισώσεις Lotka–Volterra

Οι εξισώσεις Lotka–Volterra είναι γνωστές ως εξισώσεις θηρευτή-θηράματος. Είναι ζεύγος μη γραμμικών διαφορικών εξισώσεων πρώτης τάξης, οι οποίες συχνά χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την δυναμική του βιολογικού συστήματος στο οποίο αλληλεπιδρούν δύο είδη, το ένα ο θηρευτής και το άλλο το θήραμα. Ο πληθυσμός μεταβάλλεται στον χρόνο σύμφωνα με τα ζεύγη των εξισώσεων:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$$

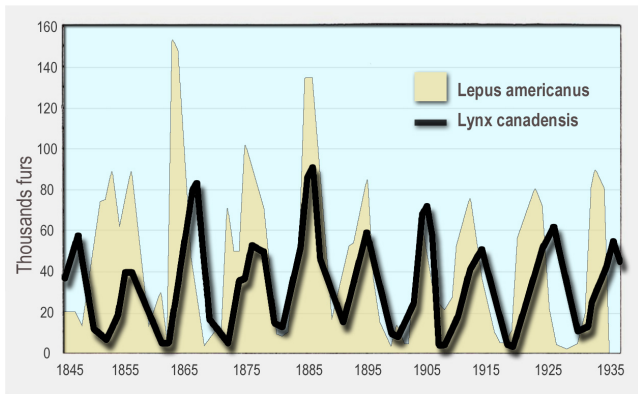
$$\frac{dy}{dt} = \delta xy - \gamma y$$

όπου:

- ▶ x είναι ο αριθμός των θηραμάτων (για παράδειγμα κουνέλια)
- ▶ y είναι ο αριθμός κάποιων θηρευτών (για παράδειγμα αλεπούδες)
- ▶ $\frac{dy}{dt}$ και $\frac{dx}{dt}$ αναπαριστά τον δείκτη στιγμιαίας ανάπτυξης των δύο πληθυσμών.
- ▶ t αναπαριστά τον χρόνο
- ▶ α , β , γ , δ είναι θετικές πραγματικές παράμετροι που περιγράφουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε δύο είδη.

Πραγματικό παράδειγμα

Σχήμα: Λύγκας και λαγός (Numbers of snowshoe hare (yellow, background) and Canada lynx (black line, foreground) furs sold to the Hudson's Bay Company. Canada lynxes eat snowshoe hares.)



NetLogo Model

`https://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/
WolfSheepPredation`

`http://www.netlogoweb.org/launch#http:
//ccl.northwestern.edu/netlogo/models/models/Sample%
20Models/Biology/Wolf%20Sheep%20Predation.nlogo`
`http://www.netlogoweb.org/launch#http://www.
netlogoweb.org/assets/modelslib/IABM%20Textbook/
chapter%204/Wolf%20Sheep%20Simple%205.nlogo`

Τι είναι;

Το μοντέλο αυτό, ερευνά την ισορροπία ενός οικοσυστήματος θηρευτή-θηράματος. Τέτοιο σύστημα καλείται ασταθές αν τείνει προς εξαφάνιση για ένα ή περισσότερα εμπλεκόμενα είδη. Αντίθετα, ένα σύστημα είναι σταθερό όταν τείνει να αυτοσυντηρείται με το πέρασμα του χρόνου παρά τις αυξομειώσεις στα μεγέθη του πληθυσμού.

Πώς δουλεύει I;

Υπάρχουν δύο βασικές ποικιλίες σε αυτό το μοντέλο. Στην πρώτη ποικιλία, στην εκδοχή «λύκοι-πρόβατα», οι λύκοι και τα πρόβατα περιπλανώνται τυχαία στο τοπίο, ενώ οι λύκοι ψάχνουν να κυνηγήσουν πρόβατα. Κάθε βήμα των λύκων κοστίζει κάτι από την ενέργειά τους, ενώ πρέπει να τρώνε πρόβατα ώστε να αναπληρώσουν την ενέργειά τους - όταν ξεμένουν από ενέργεια πεθαίνουν. Για να επιτρέψουν στον πληθυσμό να συνεχιστεί, κάθε λύκος ή και πρόβατο έχει μια προκαθορισμένη πιθανότητα αναπαραγωγής ανά λεπτό βήματος.

Πώς δουλεύει II;

Σε αυτή την ποικιλία, μοντελοποιούμε το γρασίδι ως «άπειρο», ώστε το πρόβατο να έχει πάντα άφθονο φαγητό να φάει, αλλά δεν μοντελοποιούμε αναλυτικά την διαδικασία της βρώσης ή την ανάπτυξη του γρασιδιού. Έτσι, το πρόβατο ούτε κερδίζει αλλά και ούτε σπαταλά ενέργεια τρώγοντας ή μετακινώντας τον εαυτό του. Αυτή η ποικιλία παράγει ενδιαφέρουσα δυναμική για τον πληθυσμό, αλλά τελικά είναι ασταθής. Η ποικιλία του μοντέλου είναι βέλτιστη όταν μελετά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ είδη σε περιβάλλον πλούσιας θρέψης, όπως είναι δύο γένη βακτηρίων σε ένα πλακίδιο καλλιέργειας μικροοργανισμών (Gause, 1934).

Δεύτερη εκδοχή - με μοντελοποίηση του γρασιδιού

Η δεύτερη ποικιλία, η εκδοχή «πρόβατα-λύκοι-γρασίδι», μοντελοποιεί ειδικά το γρασίδι (σε πράσινο), πέραν των λύκων και των προβάτων. Η συμπεριφορά των λύκων είναι ταυτόσημη με την πρώτη ποικιλία, ωστόσο αυτή την φορά, το πρόβατο πρέπει να τρώει γρασίδι για να διατηρήσει τα επίπεδα ενέργειάς του – σε διαφορετική περίπτωση, πεθαίνει. Μόλις το γρασίδι φαγωθεί, θα ξαναδημιουργηθεί μετά το πέρας καθορισμένου χρονικού διαστήματος. Η ποικιλία αυτή, είναι πιο σύνθετη σε σχέση με την πρώτη, αλλά σε γενικό πλαίσιο είναι αρκετά σταθερή. Είναι πιο κοντά στην κλασική εκδοχή του μοντέλου ταλάντωσης πληθυσμού Lotka Volterra. Τα κλασικά LV μοντέλα, υποθέτουν ότι οι πληθυσμοί μπορούν να λάβουν αληθείς τιμές, αλλά σε μικρούς πληθυσμούς τα μοντέλα αυτά υποτιμούν τυχόν εξαλείψεις και μοντέλα με σύστημα-πρακτόρων όπως είναι το παρόν, προβάλλοντας πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα.

Πράγματα που πρέπει να προσέξετε

1. Όταν τρέχετε την ποικιλία μοντέλου πρόβατα-λύκοι, να βλέπετε την αυξομείωση του πληθυσμού των προβάτων και των λύκων. Παρατηρήστε επίσης ότι η αύξηση και η μείωση στα μεγέθη του πληθυσμού συσχετίζονται. Με ποιόν τρόπο συσχετίζονται; Τι θα συμβεί τελικά;
2. Στην ποικιλία μοντέλου πρόβατα-λύκοι-γρασίδι, παρατηρήστε την πράσινη γραμμή που προστίθεται στον πληθυσμό αναπαριστώντας αυξομειώσεις στην ποσότητα του γρασιδιού. Πώς φαίνεται να συσχετίζονται τώρα τα μεγέθη των τριών πληθυσμών; Ποια είναι η εξήγηση για το φαινόμενο αυτό;
3. Γιατί υποθέτετε ότι κάποιες ποικιλίες του μοντέλου αυτού είναι σταθερές ενώ άλλες όχι;

Πράγματα να προσπαθήσετε

1. Προσπαθήστε να προσαρμόσετε τις παραμέτρους για τις διαφορετικές ρυθμίσεις. Πόσο ευαίσθητη είναι η σταθερότητα του μοντέλου ως προς τις παραμέτρους αυτές;
2. Μπορείτε να βρείτε κάποια παράμετρο που παράγει ένα σταθερό οικοσύστημα στην ποικιλία μοντέλου πρόβατα-λύκοι;
3. Προσπαθήστε να θέσετε σε εφαρμογή την ποικιλία μοντέλου πρόβατα-λύκοι-γρασίδι θέτοντας INITIAL-NUMBER-WOLVES σε 0. Αυτό δίνει ένα σταθερό οικοσύστημα με πρόβατα και γρασίδια. Γιατί είναι πιθανό αυτό να είναι σταθερό, ενώ η ποικιλία με μόνο τα πρόβατα και τους λύκους όχι;
4. Παρατηρήστε ότι κάτω από τις σταθερές ρυθμίσεις, οι πληθυσμοί τείνουν να αυξομειώνονται με προβλέψιμο ρυθμό. Μπορείτε να βρείτε κάποια παράμετρο που θα επιταχύνει ή θα επιβραδύνει την διεργασία;

Επεκτείνοντας το μοντέλο

1. Υπάρχουν ποικίλοι τρόποι να τροποποιήσετε το μοντέλο ώστε να είναι σταθερό μόνο με λύκους και πρόβατα (καθόλου γρασίδι). Κάποιοι απαιτούν νέα στοιχεία για να κωδικοποιηθούν μέσα ή στις υπάρχουσες συμπεριφορές που τείνουν να αλλάξουν. Μπορείτε να αναπτύξετε μια τέτοια εκδοχή;
2. Προσπαθήστε να αναπαράγετε εκ νέου τους κανόνες – για παράδειγμα τι θα μπορούσε να γίνει αν η αναπαραγωγή έχει εξάρτηση από την ενέργεια παρά να η απόφαση να γίνεται από μια καθορισμένη πιθανότητα;
3. Μπορείτε να τροποποιήσετε ένα μοντέλο ώστε το πρόβατο να είναι στο κοπάδι;
4. Μπορείτε επίσης να τροποποιήσετε το μοντέλο ώστε οι λύκοι να κυνηγούν ενεργά τα πρόβατα;

Αναφορές

1. Wilensky, U. & Reisman, K. (1998). Connected Science: Learning Biology through Constructing and Testing Computational Theories – an Embodied Modeling Approach. *International Journal of Complex Systems*, M. 234, pp. 1 - 12. (The Wolf-Sheep-Predation model is a slightly extended version of the model described in the paper.)
2. Wilensky, U. & Reisman, K. (2006). Thinking like a Wolf, a Sheep or a Firefly: Learning Biology through Constructing and Testing Computational Theories – an Embodied Modeling Approach. *Cognition & Instruction*, 24(2), pp. 171-209. <http://ccl.northwestern.edu/papers/wolfsheep.pdf> .
3. Wilensky, U., & Rand, W. (2015). An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo. Cambridge, MA: MIT Press.
4. Lotka, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. New York: Dover.
5. Volterra, V. (1926, October 16). Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically. *Nature*, 118, 558–560.
6. Gause, G. F. (1934). *The struggle for existence*. Baltimore: Williams & Wilkins.