

ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Δανάη Βενιέρη

e-mail:

danae.venieri@enveng.tuc.gr

Γραφείο: Κ2.112

- Συστήματα & οικοσυστήματα – έννοια & χρήση μοντέλων
- Οργανισμοί & παράγοντες του περιβάλλοντος
- Η οργάνωση στο επίπεδο των πληθυσμών
 - Μοντέλα μεταβολής μεγέθους πληθυσμών
 - Αλληλεπιδράσεις πληθυσμών
 - Στρατηγικές επιβίωσης πληθυσμών
- Η οργάνωση στο επίπεδο των οικοσυστημάτων
 - Ενεργειακό μοντέλο
 - Περιοριστικοί παράγοντες
 - Βιογεωχημικοί κύκλοι
- Όψεις περιβαλλοντικών προβλημάτων
- Τοξική ρύπανση
- Ρύπανση νερού & ατμόσφαιρας
- Διαχείριση περιβαλλοντικών προβλημάτων

Συστήματα & οικοσυστήματα

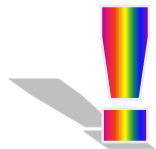
Η έννοια του συστήματος

- Πολλές μορφές συστημάτων:

- φυσικά, βιολογικά, βιομηχανικά, αγροτικά...

- Καταγωγή από τη Φυσική $\boxtimes$ Θερμοδυναμική

- $\boxtimes$ «το τμήμα του Σύμπαντος που εξετάζουμε», σε αντίθεση με το περιβάλλον, δηλαδή «το υπόλοιπο μέρος του Σύμπαντος»



Αναζήτηση των γενικών ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς των συστημάτων.

■ Ορισμός του συστήματος $\boxtimes$ «πεπερασμένο σύνολο αλληλεπιδρώντων μερών, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως μία ενότητα».

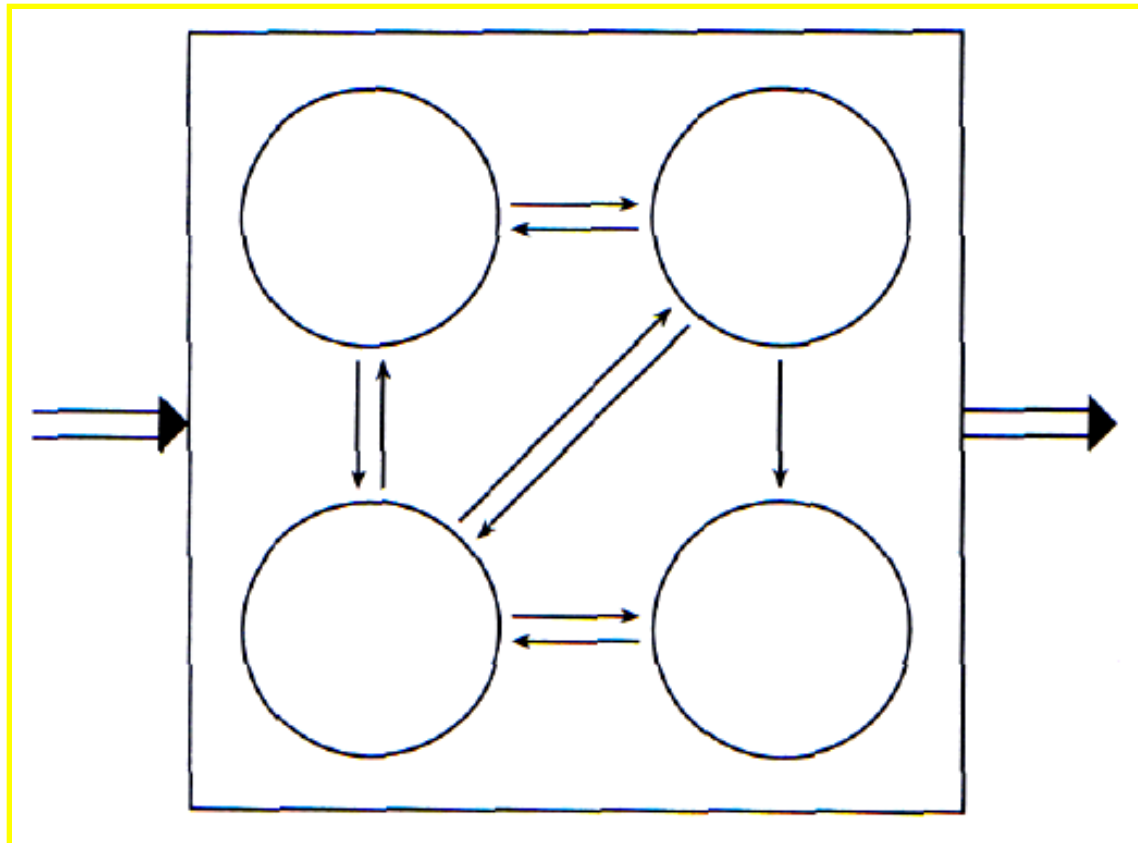
■ Το σύστημα έχει όρια, δεν μπορεί να είναι άπειρο.

■ Αποτελείται από διαφορετικά μέρη, τα οποία είναι συγκεκριμένα ή αφηρημένα, απλά ή σύνθετα.

■ Αλληλεπίδραση μεταξύ των μερών του (η αλληλεπίδραση αυτή να μην είναι επαναληπτική ή γραμμική).

■ Αναγκαία προϋπόθεση είναι να δημιουργεί το σύστημα μία νέα οντότητα $\boxtimes$ Σύνδεση μεταξύ των μερών όχι απλά συσσωρευτική, αλλά δημιουργική $\boxtimes$ νέα χαρακτηριστικά και ιδιότητες στο επίπεδο του συστήματος.

Σύστημα με 4 μέρη



**Η έννοια του συστήματος εξυπηρετεί στη μελέτη των μερών του
& αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους**

Έννοια και χρήση των μοντέλων

✚ Το μοντέλο (model) μπορεί να ορισθεί ως *«απλοποιημένη αναπαράσταση της πραγματικότητας»*.

✚ βασικό εργαλείο για μία ανακατασκευή της φύσης με στόχο τη μελέτη της

✚ *«ένα υποθετικό σύστημα αρκετά ρεαλιστικό ώστε να ικανοποιεί το στόχο της μελέτης»*.

✚ = ομοίωμα, υπόδειγμα και πρότυπο

✚ Η χρησιμοποίηση μοντέλων στην επιστήμη αποβλέπει σε δύο διαφορετικούς στόχους:

✚ 1. εξήγηση &

✚ 2. πρόβλεψη φαινομένων

Δύο τύποι μοντέλων:

1. Τακτικά μοντέλα $\Rightarrow$

- περισσότερο εμπειρικά

- εφαρμόζονται κυρίως σε συγκεκριμένες περιπτώσεις $\Rightarrow$ στόχος η πρόβλεψη

- έχουν συνήθως πρακτική κατεύθυνση

- στηρίζονται σε μεγάλο αριθμό υποθέσεων με πολλές λεπτομέρειες

- έχουν σχετικά στενό πεδίο εφαρμογής και καταλήγουν σε ποσοτικά συμπεράσματα, με πρακτική κυρίως αξία

2. Στρατηγικά μοντέλα ➔

-  περισσότερο αφηρημένα
-  προωθούν τη διερεύνηση των βασικών μηχανισμών που διέπουν τη λειτουργία του συστήματος
-  στοχεύουν κυρίως στην εξήγηση
-  έχουν συνήθως θεωρητική κατεύθυνση
-  περιέχουν θεμελιώδεις έννοιες
-  στηρίζονται σε λίγες και απλές υποθέσεις
-  έχουν σχετικά ευρύ πεδίο
-  καταλήγουν περισσότερο σε ποιοτικά συμπεράσματα

■ Συνήθως οι τύποι των μοντέλων εμπλέκονται μεταξύ τους στις διάφορες μελέτες.

■ Τα μοντέλα χαρακτηρίζονται πάντοτε από τρεις ιδιότητες:

■ 1. Τη γενικότητα ή δυνατότητα εφαρμογής του μοντέλου σε διαφορετικές καταστάσεις.

■ 2. Το ρεαλισμό ή βαθμό αντιστοιχίας ανάμεσα στη λογική δομή του μοντέλου και στην πραγματικότητα που υποτίθεται ότι αντιπροσωπεύει.

■ 3. Την ακρίβεια ή δυνατότητα του μοντέλου να αναπαράγει ποσοτικά την πραγματικότητα με τα αποτελέσματα του.

■ Το τέλειο μοντέλο είναι ουτοπία.

■ Πολλοί θεωρούν ότι τα μοντέλα που δημιουργούν τη θεωρητική βάση της Οικολογίας δεν πρέπει να υπερτονίζουν την ακρίβεια, αλλά να δίνουν το βάρος στην γενικότητα και στο ρεαλισμό.

Κατάσταση και ευστάθεια συστήματος

● Αναπαράσταση του συστήματος με μεταβλητές:

● n μεταβλητές σε χώρο n διαστάσεων $\supset$ το σύνολο των τιμών των n μεταβλητών σε μία ορισμένη χρονική στιγμή ορίζει την κατάσταση του συστήματος

● Οι n μεταβλητές αλλάζουν τιμές στη διάρκεια του χρόνου, σχηματίζοντας ισάριθμες τροχιές στο χώρο των n διαστάσεων.

● Η συμπεριφορά του συστήματος (χρονική του εξέλιξη) μπορεί να παρασταθεί με το σύνολο αυτών των τροχιών.

● Πρέπει να επιλέγονται κατάλληλες μεταβλητές που να είναι επαρκείς, για τον πλήρη προσδιορισμό της κατάστασης του συστήματος.

● Αν η αλλαγή των μεταβλητών γίνεται με ορισμένους όρους, τότε μπορεί να παρασταθεί με μια **μαθηματική εξίσωση**, συνήθως διαφορική ➤ **το σύνολο των εξισώσεων περιγράφει τη συμπεριφορά του συστήματος** ➤ καταστατικές εξισώσεις.

● Στάσιμη κατάσταση συστήματος ➤ το σύστημα βρίσκεται σε σημείο ισορροπίας.

● Η κατάσταση ισορροπίας εκφράζεται, μαθηματικά, με την παραδοχή ότι η χρονική παράγωγος όλων των μεταβλητών του συστήματος είναι ίση με μηδέν: **$dx_i/dt=0$, $i= 1, 2, \dots, n$**

● Αν το σύστημα απομακρυνθεί από το σημείο ισορροπίας, δηλαδή υποστεί μία διατάραξη και έχει την τάση να επιστρέψει στο ίδιο σημείο, τότε το συγκεκριμένο σημείο ισορροπίας είναι **ευσταθές**.

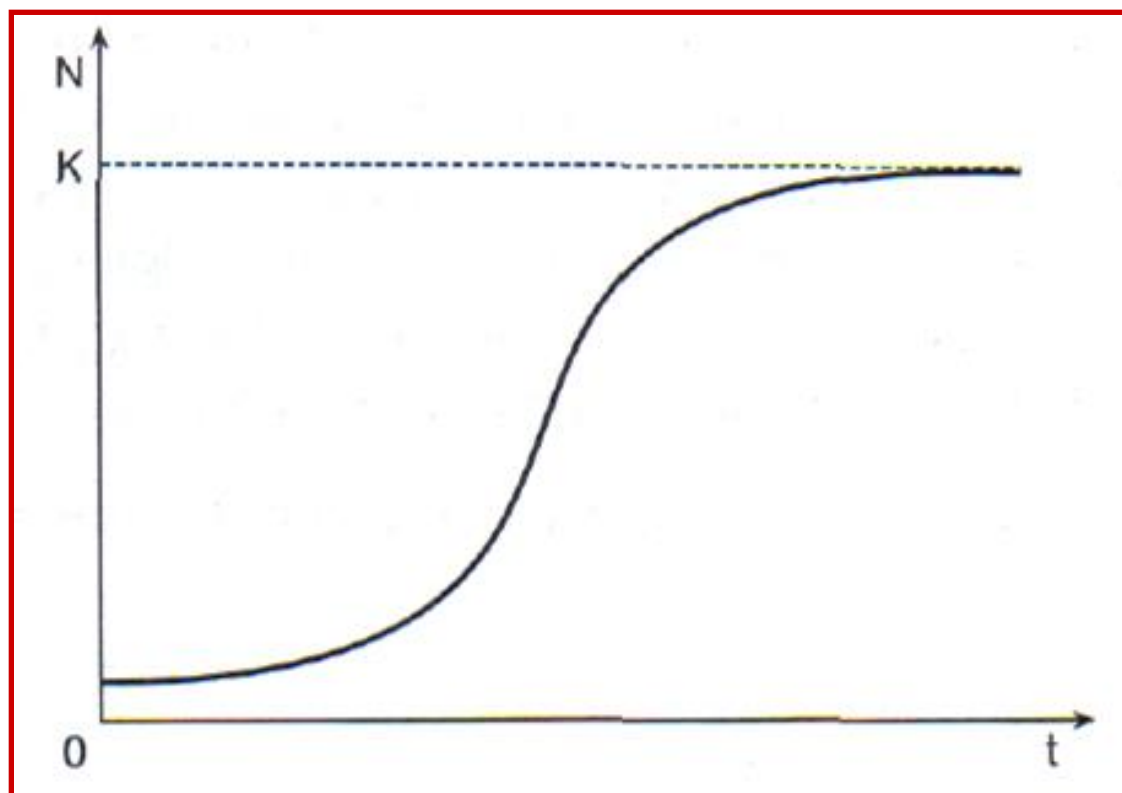
● Αν το σύστημα που έχει διαταραχθεί συνεχίζει να απομακρύνεται από το σημείο ισορροπίας, τότε το σημείο αυτό είναι **ασταθές**.

● Γραφική αναπαράσταση συστήματος με δύο τρόπους:

● **1.** Η μεταβολή της κάθε μεταβλητής μπορεί να παρασταθεί με μια γραφική παράσταση 2 διαστάσεων (κατακόρυφος άξονας ➤ τιμή μεταβλητής & οριζόντιος ➤ χρόνος).

● Ισάριθμα διαγράμματα με τις μεταβλητές του συστήματος. Αντιστοιχούν

οι εξισώσεις: $dx_i = f_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$



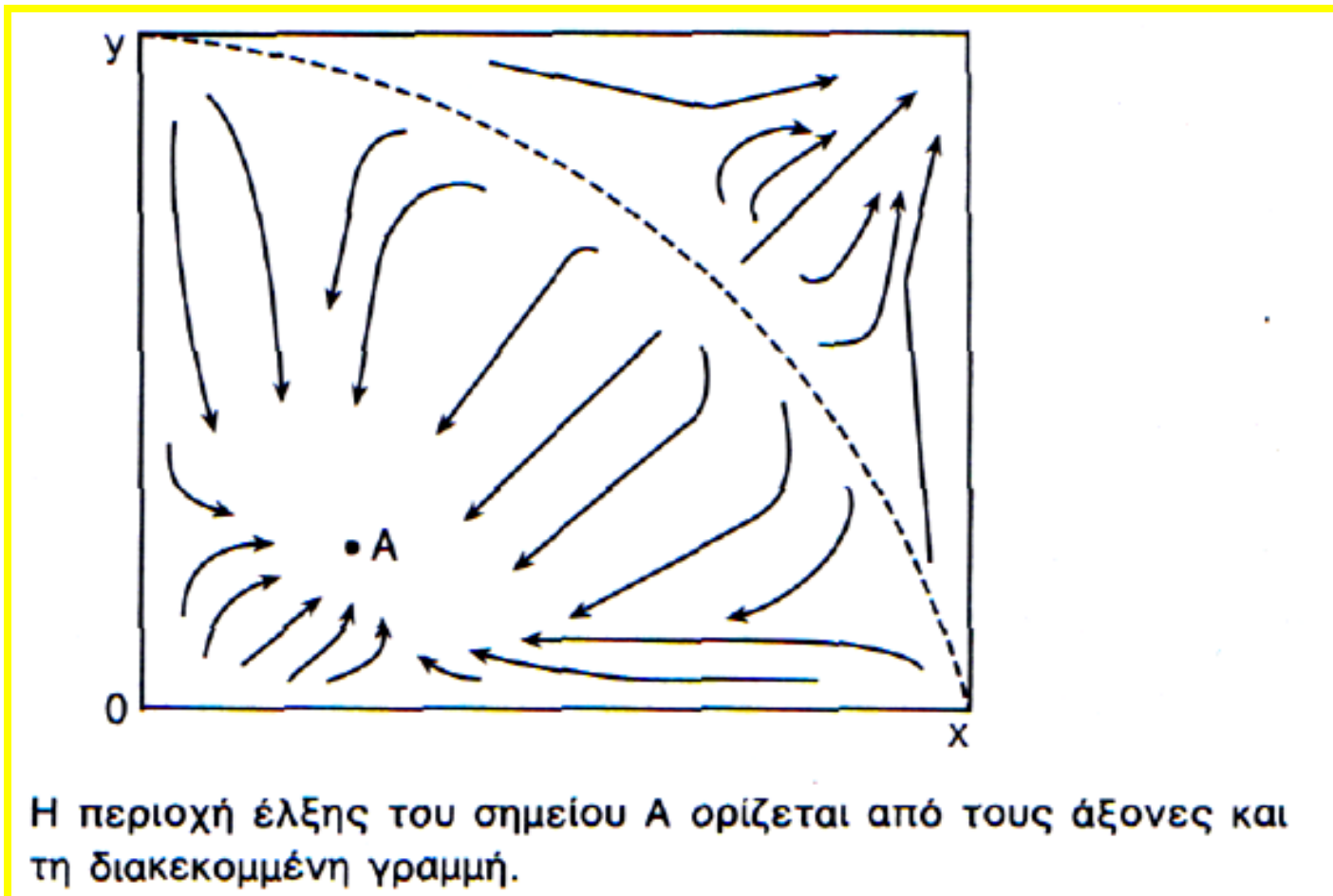
●**2.** Η μεταβολή της κάθε μεταβλητής αναπαρίσταται με μια καμπύλη σ' ένα χώρο n διαστάσεων, το χώρο των φάσεων.

● Η εξέλιξη του συστήματος απεικονίζεται με μια γραμμή σε μια υπερεπιφάνεια n διαστάσεων όπου κάθε άξονας αντιστοιχεί σε μια μεταβλητή, ενώ έχει γίνει απαλοιφή του χρόνου t .

● Διάφοροι βαθμοί ευστάθειας ανάλογα με το πόσο μεγάλη διατάραξη μπορεί να αντέξει το σημείο ισορροπίας.

● Τοπική ευστάθεια $\triangleright$ στο χώρο των φάσεων μια συγκεκριμένη περιοχή, γύρω από το σημείο ισορροπίας A , απ' όλα τα σημεία της οποίας το σύστημα θα έχει την τάση να μετακινηθεί προς το A = **περιοχή έλξης του σημείου ισορροπίας**

● $\neq$ Συνολική ευστάθεια



● Το σύστημα, σε οποιαδήποτε κατάσταση κι αν βρίσκεται, θα έχει την τάση να μετακινηθεί προς το συγκεκριμένο σημείο ισορροπίας που κατέχει την ιδιότητα της συνολικής ευστάθειας.

● Σε μία τέτοια περίπτωση επομένως, κανένα άλλο σημείο ισορροπίας δεν είναι δυνατόν να υπάρξει.

Το οικοσύστημα ως σύστημα

■ Το οικοσύστημα έχει τη διπλή ιδιότητα να αποτελεί μια μονάδα και ταυτόχρονα ένα σύνολο στοιχείων $\Rightarrow$ συνδεδεμένων με εξαρτήσεις ή αλληλεπιδράσεις.

$\Rightarrow$ ενότητα με δικά της χαρακτηριστικά και δεν επιτρέπει την αναγωγή της συμπεριφοράς του οικοσυστήματος σε απλό άθροισμα των ιδιοτήτων των μερών του

■ Δράση εξωτερικών παραγόντων $\Rightarrow$ «διαταραχή του οικοσυστήματος»

$\Rightarrow$ πρόσκαιρη απομάκρυνση από μια κατάσταση ισορροπίας ή

$\Rightarrow$ ώθηση σε μια νέα ισορροπία ή

$\Rightarrow$ κατάρρευση

■ **Πολυπλοκότητα** οικοσυστημάτων $\Rightarrow$ πλήθος εσωτερικών και εξωτερικών αλληλεπιδράσεων (πχ τροφικές σχέσεις μεταξύ των διάφορων οργανισμών)

■ **Δυναμική ισορροπία** οικοσυστημάτων (διεργασίες ελέγχου, ρύθμισης και ανάδρασης παίζουν θεμελιώδη ρόλο)

■ Αν το οικοσύστημα δεν έχει ακόμα φθάσει στην ωριμότερη μορφή του, εξελίσσεται με αργό ρυθμό, μέσα από διαδοχικές καταστάσεις ισορροπίας $\Rightarrow$ **φαινόμενο της οικολογικής διαδοχής.**

■ Η παραμονή ενός οικοσυστήματος σε μια συγκεκριμένη κατάσταση ισορροπίας εξαρτάται από την **ευστάθειά** της.

■ Η εξέταση του φυσικού περιβάλλοντος με τη χρήση της έννοιας του οικοσυστήματος ➡

■ Κατανόηση της λειτουργίας τμημάτων του περιβάλλοντος ή και ολόκληρης της Βιόσφαιρας.

■ Πρόβλεψη περιβαλλοντικών φαινομένων ή της συμπεριφοράς περιβαλλοντικών συστημάτων.

■ Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων έργων - δραστηριοτήτων ή μελέτη διαχείρισης τμημάτων του περιβάλλοντος και γενικά οι περιβαλλοντικές μελέτες.

■ Καθορισμός της ανάγκης, του είδους και του τρόπου μιας παρέμβασης στο περιβάλλον.

■ **Βασικός στόχος ο προσδιορισμός**

■ **χρονικής εξέλιξης,**

■ **συμπεριφοράς,**

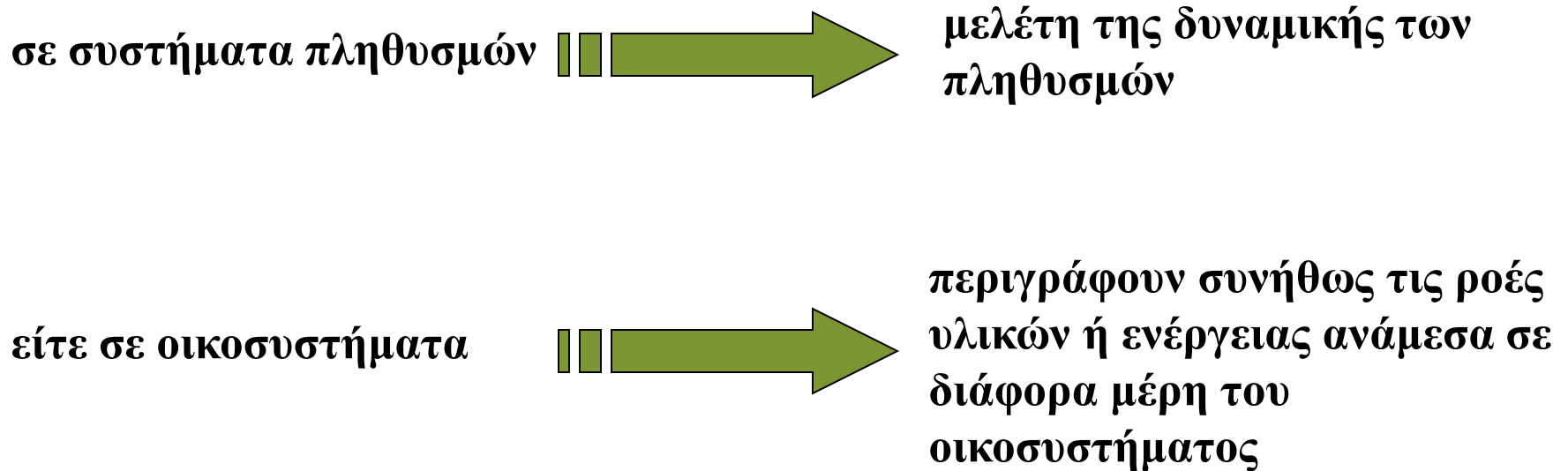
■ **σημείων ισορροπίας,**

■ **ευστάθειας ή**

■ **αστάθειας των υπό μελέτη συστημάτων.**

Μαθηματικά μοντέλα οικοσυστημάτων

● Τα μοντέλα στην Οικολογία εφαρμόζονται



Μοντέλα Βιολογικά

απλοποιημένα συστήματα που
μελετώνται πειραματικά στο
εργαστήριο

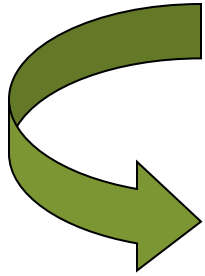
Μοντέλα Μαθηματικά

η διερεύνηση γίνεται με
αναλυτικές μαθηματικές
μεθόδους ή με προσομοιώσεις

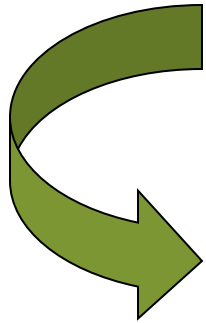


Τα μαθηματικά μοντέλα μπορεί να διέπονται από πλήρη αιτιότητα, οπότε ονομάζονται προσδιοριστικά (deterministic) ή να ακολουθούν στατιστικές κατανομές, οπότε καλούνται στοχαστικά (stochastic).

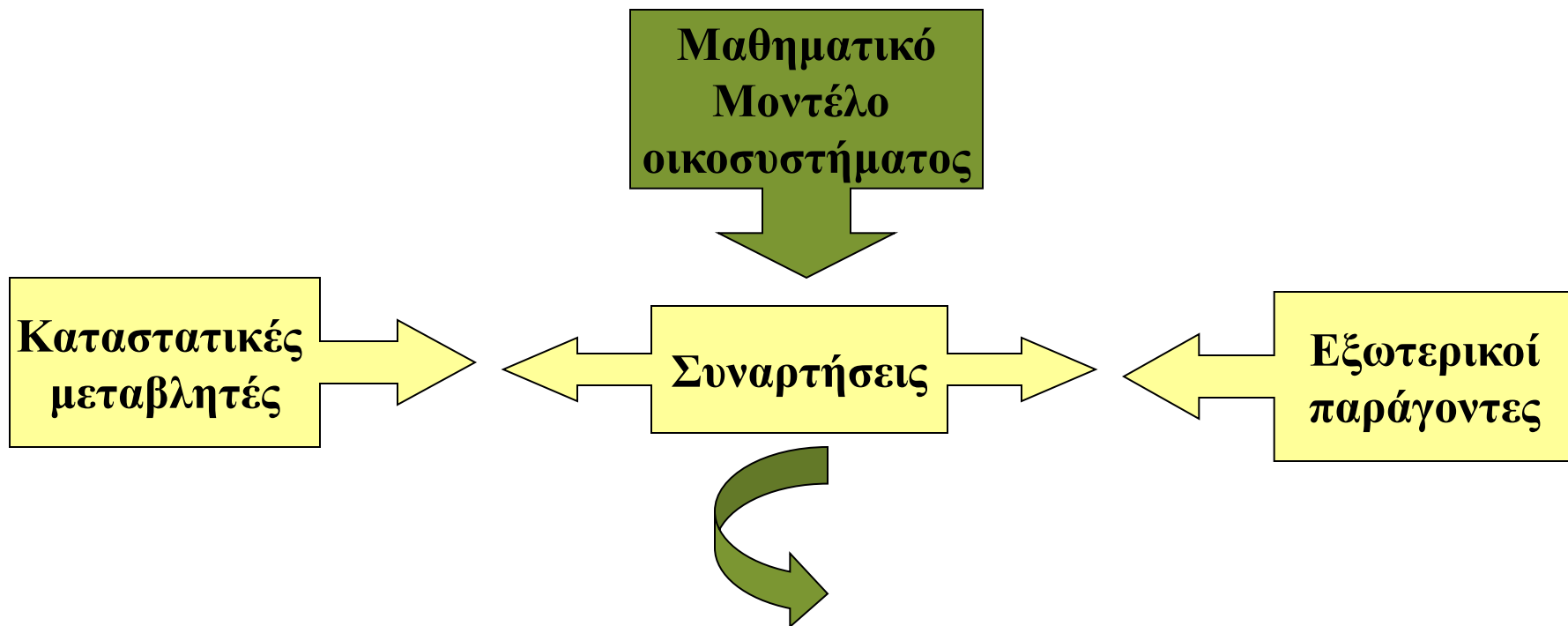
Μαθηματικό μοντέλο οικοσυστήματος ☒ μαθηματική περιγραφή μερικών βασικών ή όλων των λειτουργιών του.



Καταστατικές μεταβλητές ☒ μεγέθη πληθυσμών ή βιομάζες τροφικών επιπέδων ή ταμιεύματα διαφόρων χημικών στοιχείων κ.λπ.



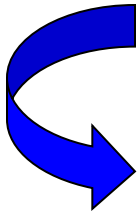
Εξωτερικοί παράγοντες ☒ άλλα μεγέθη που μεταβάλλονται επίσης μέσα στο χρόνο & μετρούν τις εξωτερικές επιδράσεις που ασκούνται στο οικοσύστημα (πχ. θερμοκρασία, εισερχόμενη ηλιακή ενέργεια, οι εισροές τροφών...)



Οι συναρτήσεις αυτές προκύπτουν από την εφαρμογή θεμελιωδών νόμων που διέπουν τα φυσικά, χημικά και βιολογικά φαινόμενα της λειτουργίας του οικοσυστήματος.

Simulation – Μαθηματική προσομοίωση λειτουργίας του οικοσυστήματος:

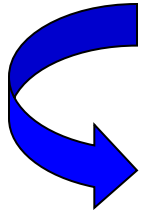
Η διαδικασία κατά την οποία προσδιορίζονται σύνολα τιμών των εξωτερικών παραγόντων και με βάση τις συναρτήσεις του μοντέλου, υπολογίζονται οι τιμές των καταστατικών μεταβλητών στη διάρκεια του χρόνου.



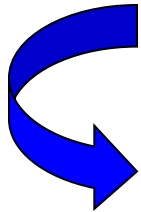
Σύνολο τιμών των εξωτερικών παραγόντων $\Rightarrow$ **είσοδος (input)**

Σύνολο τιμών των καταστατικών μεταβλητών που προκύπτουν $\Rightarrow$ **έξοδος (output).**

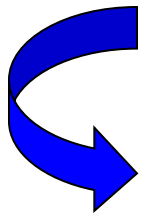
Στάδια κατασκευής του μοντέλου:



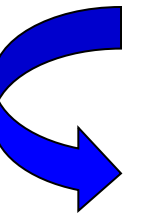
Προσδιορισμός αντικειμενικού στόχου.



Επιλογή των αναγκαίων παραμέτρων για το δεδομένο επίπεδο περιγραφής, με δεδομένη κάποια απώλεια πληροφορίας κατά την άνοδο προς κάθε ανώτερο επίπεδο.



Απλοποίηση του συστήματος, με την παράλειψη των μη σημαντικών στοιχείων.



Διατύπωση υποθέσεων για τη διευκόλυνση της μελέτης.

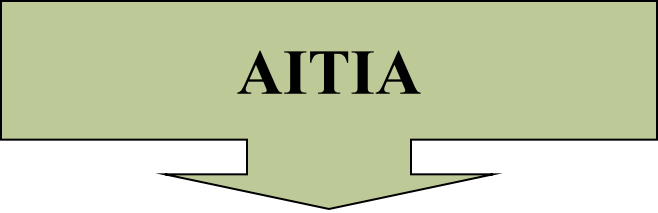
Εξαγωγή και έλεγχος αποτελεσμάτων.

✚ Οικολογία ως εφαρμοσμένη επιστήμη για τα σύγχρονα προβλήματα της προστασίας του περιβάλλοντος.

✚ Η μαθηματική προσομοίωση $\Rightarrow$ συμβάλλει στην επίλυση προβλημάτων σχετικά με τη διαχείριση των οικοσυστημάτων από τον άνθρωπο.

✚ Κατά κανόνα όμως, τα αποτελέσματα της μαθηματικής προσομοίωσης δεν καταλήγουν σε πλήρεις και ακριβείς λύσεις των προβλημάτων.

ΑΙΤΙΑ



1. Πολλά οικολογικά φαινόμενα, ιδιαίτερα τα φαινόμενα με μακροπρόθεσμη εξέλιξη δεν έχουν διερευνηθεί αρκετά $\Rightarrow$ οι ποσοτικές προσεγγίσεις τους είναι συνήθως ανεπαρκείς ή και επιφανειακές.
2. Τα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από πολύπλοκη διασύνδεση, όχι μόνο εσωτερική αλλά συνήθως και εξωτερική $\ominus$ η διάσπαση της Βιόσφαιρας σε οικοσυστήματα είναι τεχνητή και συνεπώς ο ρεαλισμός των μοντέλων είναι μειωμένος.

Η είσοδος του οικοσυστήματος περιλαμβάνει στοιχεία που αποτελούν έξοδο άλλων οικοσυστημάτων, τα οποία επηρεάζουν, αλλά και επηρεάζονται από το εξεταζόμενο.

Τα μαθηματικά μοντέλα, αν και είναι πολύ χρήσιμα εργαλεία μελέτης, αποτελούν τις περισσότερες φορές προσεγγιστικές, ακόμα και χονδρικές απεικονίσεις της λειτουργίας των οικοσυστημάτων.