



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας-Σχολή Περιβάλλοντος

Ανοικτό ακαδημαϊκό μάθημα

Μέθοδοι Προσομοίωσης και Εφαρμογές

Διδάσκοντες: Γ. Τσιρτσής, Καθηγητής

Δρ Β. Κολοβογιάννης, ΕΔΙΠ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Ένα μοντέλο ή πρότυπο ενός φυσικού, κοινωνικού ή οικονομικού συστήματος είναι μια απλοποιημένη ή εξιδανικευμένη έκφραση του συστήματος που διατηρεί τις βασικές ιδιότητες του συστήματος και είναι δυνατόν να εκφραστεί με μαθηματικές σχέσεις. Το ιδανικό αέριο στην φυσική είναι ένα από τα γνωστότερα μοντέλα. Το ιδανικό αέριο δεν υπάρχει στην πραγματικότητα, αποτελεί μια απλουστευμένη εκδοχή-πρότυπο των πραγματικών αερίων, διαθέτει τις βασικές ιδιότητες των πραγματικών αερίων και η κατάστασή του εκφράζεται μαθηματικά με την γνωστή απλή σχέση (καταστατική εξίσωση του ιδανικού αερίου). Οι βολές σωμάτων στο πεδίο βαρύτητας (κατακόρυφη, οριζόντια και πλάγια βολή), όπως προσεγγίζονται στην φυσική του Λυκείου (με σταθερή βαρύτητα και απουσία αντίστασης αέρα), αποτελούν μοντέλα των αντίστοιχων πραγματικών βολών στο πεδίο βαρύτητας. Επίσης σε γεγονότα της καθημερινής ζωής χρησιμοποιούνται μοντέλα. Όταν ένας πεζός ετοιμάζεται να διασχίσει έναν δρόμο χρησιμοποιεί, χωρίς να του γίνεται αντιληπτό, ένα μοντέλο. Παρατηρεί τα αυτοκίνητα που προσεγγίζουν, αφαιρεί τα μη απαραίτητα στοιχεία όπως το χρώμα αυτοκινήτου, την εταιρεία κατασκευής, τον αριθμό πινακίδας, την οδό στην οποία βρίσκεται, λαμβάνει υπ' όψη βασικές παραμέτρους όπως την ταχύτητα του αυτοκινήτου, το πλάτος του δρόμου, την ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει ως πεζός και αποφασίζει για το αν θα διασχίσει τον δρόμο με ασφάλεια.

Η χρήση των μοντέλων προσομοίωσης στις θαλάσσιες επιστήμες, γίνεται σε μεγάλη κλίμακα τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Εξελίχθηκαν παράλληλα δύο προσεγγίσεις, που η πρώτη αφορούσε την περιγραφή φυσικών διεργασιών (υδροδυναμική κυκλοφορία, κατανομές φυσικών παραμέτρων, κυματισμός) και η δεύτερη την μοντελοποίηση βιολογικών και χημικών διεργασιών.

Η ανάπτυξη υδροδυναμικών μοντέλων κυκλοφορίας έχει ωριμάσει σε μεγάλο βαθμό, χρησιμοποιώντας και την αντίστοιχη πλούσια εμπειρία των ατμοσφαιρικών μοντέλων κυκλοφορίας. Σήμερα τα υδροδυναμικά μοντέλα έχουν φτάσει στο σημείο να χρησιμοποιούνται επιχειρησιακά για πρόγνωση θαλάσσιας κυκλοφορίας και κυματισμού σε μεγάλες θαλάσσιες περιοχές με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Σε ότι αφορά στα οικολογικά μοντέλα, η εξέλιξή των ακολούθησε την γενικότερη εξέλιξη των επιστημονικών γνώσεων για την λειτουργία του θαλασσίου οικοσυστήματος. Τα παλαιότερα μοντέλα ροής ύλης και ενέργειας στο θαλάσσιο οικοσύστημα, έδιναν έμφαση στην αλληλεπίδραση θρεπτικών αλάτων-φυτοπλαγκτού-ζωοπλαγκτού, θεωρώντας δευτερεύοντα τον ρόλο των βακτηριακών οργανισμών και της οργανικής ύλης. Τα σημαντικότερα μοντέλα που είχαν κατασκευαστεί με βάση την "κλασική" αυτή αντίληψη είναι του Steele για την Βόρεια Θάλασσα (Steele 1974), των Kremer and Nixon για τον κόλπο Narragansett στην ακτή της Νέας Αγγλίας στις ΗΠΑ (Kremer and Nixon 1978) και του DiToro για την λίμνη Erie στο Detroit των ΗΠΑ (DiToro et al. 1978). Με την εισαγωγή των νέων τεχνικών για την απαρίθμηση και την ποσοτικοποίηση των θαλάσσιων μικροβίων (Fry 1990) και την μέτρηση της συγκέντρωσης της οργανικής ύλης (Sugimura and Suzuki 1988), έγινε σαφές ότι οι μικροβιακές διεργασίες, παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην θαλάσσια τροφική αλυσίδα και συμπεριλήφθηκε στα οικολογικά μοντέλα ο λεγόμενος 'μικροβιακός βρόγχος' που περιγράφει τις αλληλεπιδράσεις οργανικής ύλης, βακτηρίων και πρωτοζώων (Azam et al. 1983).

Μοντέλα που έχουν συμπεριλάβει την παραπάνω άποψη είναι αυτό που κατασκευάστηκε για το κανάλι του Bristol και το σύστημα εκβολής Severn στην Αγγλία (GEMBASE, General Ecosystem Model of the Bristol Channel and Severn Estuary) απ' τους Radford and Uncles (1980), των Baretta and Ruardij για το σύστημα εκβολής του Ems στην Ολλανδία (1988) και των Fasham et al. (1990) που

αποτελεί μέρος του μοντέλου παγκόσμιας ωκεάνιας κυκλοφορίας του Πανεπιστημίου του Princeton. Τα μοντέλα GEMBASE και των Baretta and Ruardij περιγράφουν λεπτομερώς την δυναμική του οικοσυστήματος στην εκβολή ποταμού. Η έμφαση δίνεται στον ρόλο των βενθικών κοινωνιών και στην επίδραση της παλίρροιας στην λειτουργία του συστήματος. Το μοντέλο των Fasham et al., περιγράφει την ροή αζώτου δια μέσου των πλαγκτονικών οργανισμών του συστήματος, συμπεριλαμβανόμενου και του 'μικροβιακού βρόγχου'. Η χρησιμοποίηση της ροής αζώτου γίνεται, αφ' ενός γιατί το άζωτο έχει επικρατήσει να θεωρείται ο περιοριστικός παράγοντας για την φυτοπλαγκτονική ανάπτυξη (Blackburn and Sorensen 1988) και αφ' ετέρου γιατί καθιστά δυνατό τον διαχωρισμό μεταξύ "νέας" και "αναγεννημένης" παραγωγής. Το μοντέλο έχει εφαρμοστεί με ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα σε ωκεάνιες περιοχές μεγάλου βάθους.

Λαμβάνοντας υπ' όψη την μεγάλη σημασία των φυσικών διεργασιών στην λειτουργία του οικοσυστήματος, τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες ανάπτυξης συνδυασμένων υδροδυναμικών-οικολογικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά αποτελούνται από δύο υπομοντέλα, το υδροδυναμικό που υπολογίζει την δομή της υδροδυναμικής κυκλοφορίας και τις κατανομές των φυσικών ιδιοτήτων και το οικολογικό που προσομοιώνει τις διεργασίες του οικοσυστήματος λαμβάνοντας υπ' όψη την επίδραση των φυσικών διεργασιών. Τα συνδυασμένα αυτά μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί σε ωκεάνιες και σε παράκτιες περιοχές με επιτυχία και η εξέλιξή τους είναι ταχεία. Σύντομα τα μοντέλα αυτά θα έχουν φθάσει σε σημαντικό βαθμό ωριμότητας ώστε να χρησιμοποιούνται επιχειρησιακά.

Η ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοίωσης στοχεύει συνήθως στην περιγραφή της εξέλιξης ενός φυσικού, κοινωνικού ή οικονομικού συστήματος στον χρόνο. Πέραν της μεταβλητότητας στον χρόνο, το σύστημα είναι δυνατόν να παρουσιάζει και χωρική μεταβλητότητα σε μία, δύο ή και τρεις διαστάσεις. Η εξέλιξη του συνολικού πληθυσμού των ανθρώπων στην γη είναι ένα παράδειγμα συστήματος που δεν παρουσιάζει χωρική μεταβλητότητα αλλά μόνον μεταβολή στον χρόνο. Ανάλογο παράδειγμα στις θαλάσσιες επιστήμες είναι το σύστημα μιας εργαστηριακής καλλιέργειας. Οι μεταβλητές του συστήματος αυτού μεταβάλλονται στον χρόνο, όμως λόγω των περιορισμένων διαστάσεων του, το σύστημα αυτό θεωρείται ότι δεν παρουσιάζει χωρικές διαφοροποιήσεις. Το οικοσύστημα ενός ποταμού αποτελεί παράδειγμα συστήματος που παρουσιάζει χρονική μεταβλητότητα αλλά ταυτόχρονα και χωρική μεταβλητότητα σε μία διάσταση, αν θεωρήσουμε ότι δεν παρατηρούνται διαφοροποιήσεις κατά πλάτος ή κατά βάθος. Ένα αβαθές θαλάσσιο ή λιμναίο οικοσύστημα αποτελεί παράδειγμα συστήματος που παρουσιάζει χρονική μεταβλητότητα και χωρική σε δύο διαστάσεις, θεωρώντας και πάλι ότι δεν υφίστανται διαφοροποιήσεις με το βάθος. Τέλος ένα θαλάσσιο οικοσύστημα σχετικά μεγάλου βάθους είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα συστήματος με χρονική μεταβλητότητα και χωρική σε τρεις διαστάσεις.