

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ

Ιωάννης Παραβάντης

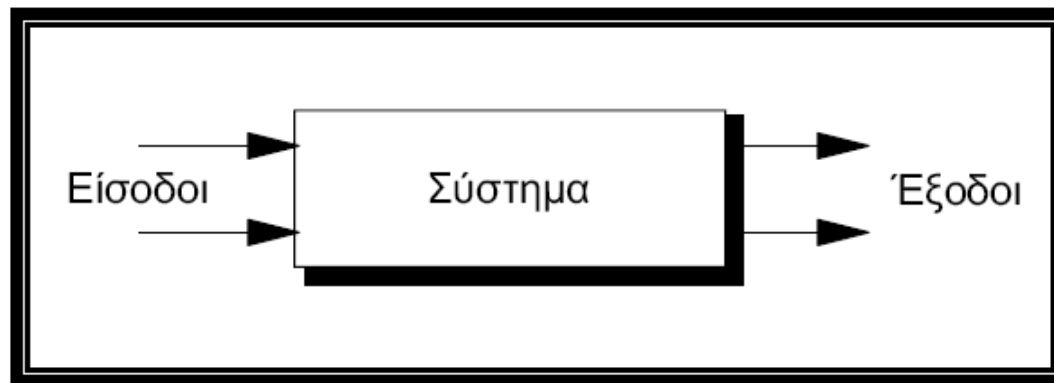
Οκτώβριος 2006

Η έννοια του ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Όπως εξηγήσαμε σε παλαιότερο μάθημα του 1ου εξαμήνου (*Συστήματα Τεχνολογίας*), σύστημα είναι

- ◆ ένα (κλειστό και αυτοτελές) «κουτί» («black box»)
- ◆ στο κουτί αυτό εισέρχονται **εισροές (input)** ή «είσοδοι»
- ◆ οι εισροές **μετασχηματίζονται** (μέσα στο σύστημα) μέσω **διεργασιών (processes)** που επενεργούν επάνω τους
- ◆ μέσω των διεργασιών (του συστήματος), οι εισροές μετατρέπονται σε **εκροές (output)** ή «εξόδους», οι οποίες εξέρχονται από το σύστημα.

Σχήμα 1.3
Σχηματικό
διάγραμμα
συστήματος



➔ «Σύστημα αλληλεπιδρώντων στοιχείων που έχουν κάποιο σκοπό»

Μελέτη συστήματος

Η μελέτη ενός συστήματος μπορεί να γίνει με

- ◆ (αναλυτικές) μαθηματικές μεθόδους
- ◆ προσομοίωση (**simulation**).

Η μελέτη ενός συστήματος με (αναλυτικές)μαθηματικές μεθόδους προϋποθέτει

- ◆ πλήρη **γνώση** του συστήματος...
- ◆ δυνατότητα αναπαράστασης του συστήματος με **μαθηματικά μοντέλα**.

Η προσομοίωση από την άλλη πλευρά

- ◆ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν δεν έχουμε καλή γνώση ενός συστήματος!
- ◆ κατὰ κανόνα σημαίνει ανάλυση του συστήματος με τη βοήθεια ηλεκτρονικού **υπολογιστή**.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ (**simulation**) και ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ (**emulation**)

Υπάρχουν 2 σχετικοί όροι που χρειάζονται αποσαφήνιση:

- ◆ **προσομοίωση (simulation)**

- εκπαίδευση πιλότων σε προσομοιωτή (αντί να μαθαίνουν τη χρήση ενός νέου αεροσκάφους πάνω στο πραγματικό σύστημα με κίνδυνο θανατηφόρου ατυχήματος και καταστροφής του εξοπλισμού), που περιλαμβάνει λογισμικό (software) αλλά και μηχανικό μέρος (hardware)

- ◆ **εξομοίωση (emulation)**

- εξομοίωση ενός παλαιότερου υπολογιστή (Sinclair Spectrum, Amstrad, Amiga) σε περιβάλλον Windows με σκοπό την ψυχαγωγία, π.χ. τρέξιμο κλασικών παιχνιδιών
- εξομοίωση περιβάλλοντος Windows σε υπολογιστή Macintosh ή λειτουργικό Linux.

ΑΝΑΛΥΣΗ και ΣΥΝΘΕΣΗ συστήματος μέσω προσομοίωσης

Προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για

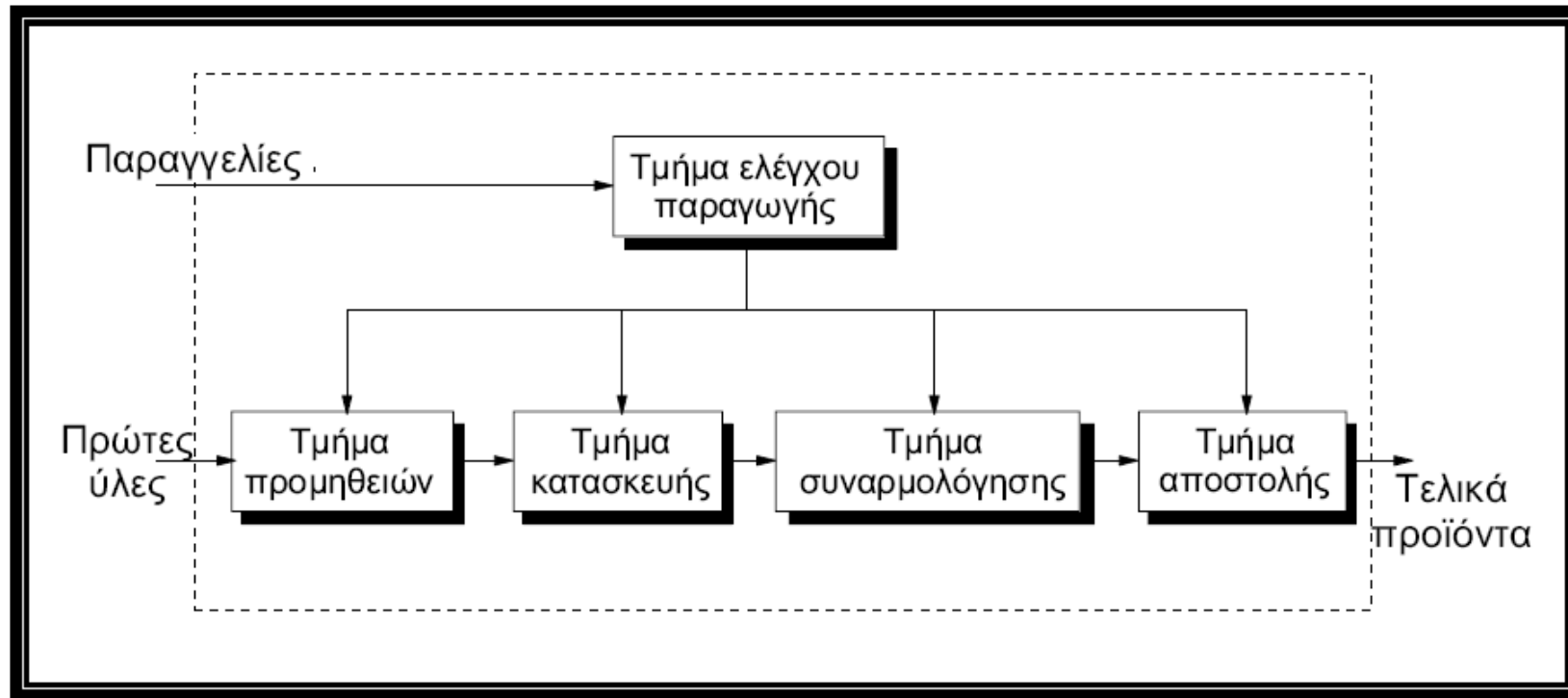
- ◆ την **ανάλυση** ενός συστήματος
 - οι **εισροές** του συστήματος είναι γνωστές
 - σκοπός της προσομοίωσης είναι να προσδιοριστούν οι **εκροές** του συστήματος
- ◆ τη **σύνθεση** ενός συστήματος
 - είναι γνωστές και οι **εισροές** και οι **εκροές** του συστήματος
 - σκοπός της προσομοίωσης είναι να καταλάβουμε τη **λειτουργία** του συστήματος, π.χ. μπορεί το υπό μελέτη σύστημα να είναι ένα νέο φαινόμενο που δεν έχουμε ακόμα κατανοήσει.

ΑΝΑΛΥΣΗ συστήματος μέσω προσομοίωσης

Όταν χρησιμοποιούμε προσομοίωση για να αναλύσουμε ένα σύστημα, συνήθως έχουμε 3 βασικούς στόχους:

- ◆ τη μελέτη της λειτουργίας του συστήματος
- ◆ τη βελτιστοποίηση (**optimization**) του συστήματος
- ◆ ανάλυση ευαισθησίας (**sensitivity analysis**), που αφορά την διερεύνηση του βαθμού απόκρισης («ευαισθησίας») του συστήματος σε αλλαγές διαφόρων παραμέτρων εισόδου.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ συστήματος παραγωγικής μονάδας



- ◆ τα **όρια** του συστήματος δείχνονται με διακεκομμένη γραμμή
- ◆ **εισροές** = παραγγελίες, πρώτες ύλες
- ◆ 5 **διεργασίες** = τμήματα ελέγχου παραγωγής, προμηθειών, κατασκευής, συναρμολόγησης και αποστολής
- ◆ **εκροές** = τελικά προϊόντα (χάριν **απλούστευσης** αγνοούνται τα απορρίμματα και πάσης φύσης απόβλητα)

Οντότητες, χαρακτηριστικά και δραστηριότητες

Ένα σύστημα περιέχει

- ◆ **οντότητες** = αντικείμενα του συστήματος που ενδιαφέρουν το μελετητή
- ◆ **χαρακτηριστικά** = ιδιότητες των οντοτήτων
- ◆ **δραστηριότητες** = διεργασίες που προκαλούν αλλαγές στο σύστημα.

Ως ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ εφαρμογής, θεωρούμε το Πανεπιστήμιο ως σύστημα:

- ◆ **οντότητες** = φοιτητές
- ◆ **χαρακτηριστικά** = «ιδιότητες» των οντοτήτων (δηλαδή των φοιτητών) όπως το εξάμηνο σπουδών ή ο βαθμός ενός μαθήματος στην εξεταστική του Ιουνίου 2006
- ◆ **δραστηριότητες** = διεργασίες που προκαλούν αλλαγές στο σύστημα όπως οι εξετάσεις.

Παραδείγματα συστημάτων

Σύστημα	Οντότητες	Χαρακτηριστικά	Δραστηριότητες
Δίκτυο υπολογιστών	πακέτα	◆ μέγεθος	→ μετάδοση
Πανεπιστήμιο	φοιτητές	◆ έτος σπουδών ◆ βαθμολογία	→ εξετάσεις
Ανελκυστήρας	επιβάτες	◆ όροφος εισόδου ◆ όροφος εξόδου	→ είσοδος στον ανελκυστήρα
Αποθήκη	ανταλλακτικά	◆ κόστος ◆ είδος	→ προμήθεια → πληρωμή
Τράπεζα	πελάτες	◆ υπόλοιπο ◆ πίστωση	→ κατάθεση → ανάληψη
Βενζινάδικο	αυτοκίνητα	◆ τύπος βενζίνης	→ πληρωμή
Παντοπωλείο	πελάτες	◆ κατάλογος με ψώνια	→ πληρωμή

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ συστήματος

Κατάσταση (state) ενός συστήματος είναι

- ◆ η συνολική περιγραφή οντοτήτων, χαρακτηριστικών και δραστηριοτήτων του συστήματος
- ◆ σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Προσομοίωση είναι

- ◆ η παρακολούθηση (καταγραφή) της κατάστασης ενός συστήματος
- ◆ όπως αυτή μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου!

ΕΙΔΗ δραστηριοτήτων₁

Η κατάσταση ενός συστήματος

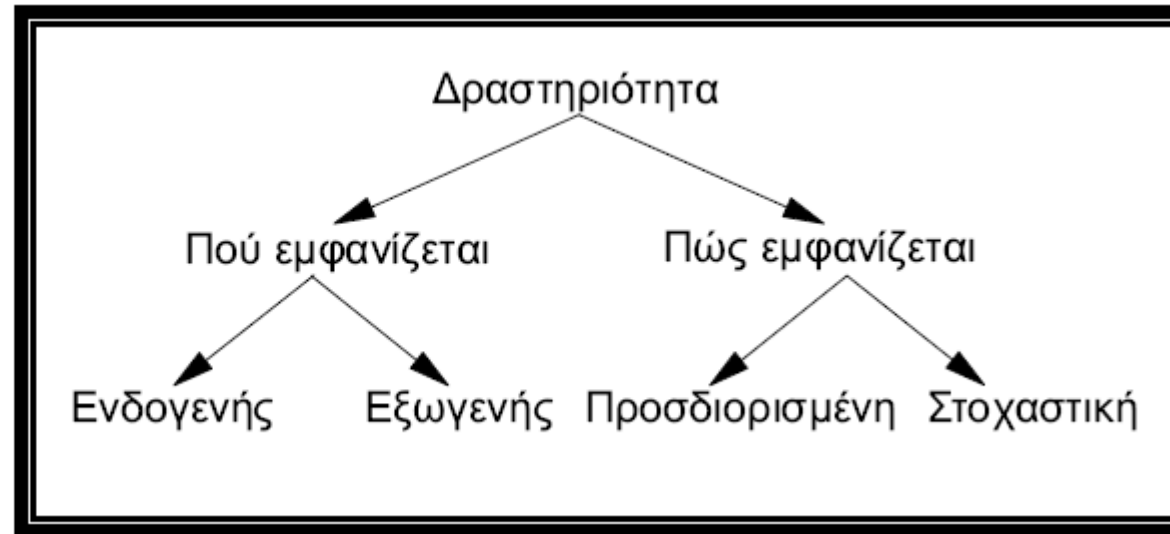
- ◆ εν γένει συμπεριλαμβάνει δραστηριότητες **ενδογενείς** στο σύστημα
- ◆ μπορεί όμως να εξαρτάται και από δραστηριότητες **εξωγενείς** του συστήματος, δηλαδή δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο **περιβάλλον** του συστήματος και το επηρεάζουν.

Ανάλογα με τα αποτελέσματά τους, υπάρχουν δυο τύποι δραστηριοτήτων:

- ◆ μια δραστηριότητα είναι **προσδιορισμένη** (ή **ντετερμινιστική**) εάν τα **αποτελέσματά** της (οι εκροές της) καθορίζονται πλήρως από τις **εισόδους** της, δηλαδή για κάθε σύνολο εισόδων, οι έξοδοι είναι συγκεκριμένες και απολύτως προσδιορισμένες
- ◆ μια δραστηριότητα είναι **στοχαστική** εάν τα αποτελέσματά της δεν μπορούν να προσδιοριστούν πλήρως από τις εισόδους της αλλά μεταβάλλονται **τυχαία** μέσα σε σύνολο δυνατών τιμών.

ΕΙΔΗ δραστηριοτήτων₂

Σχήμα 1.4
Κατηγορίες
Δραστηριοτήτων



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ συστημάτων₁

Ως προς τις δραστηριότητες τα συστήματα χωρίζονται σε

- ◆ **ανοικτά** = έχουν **εξωγενείς** δραστηριότητες
- ◆ **κλειστά** = δεν έχουν εξωγενείς δραστηριότητες.

Ως προς το κατά πόσο αντιδρούν στις αλλαγές του περιβάλλοντος:

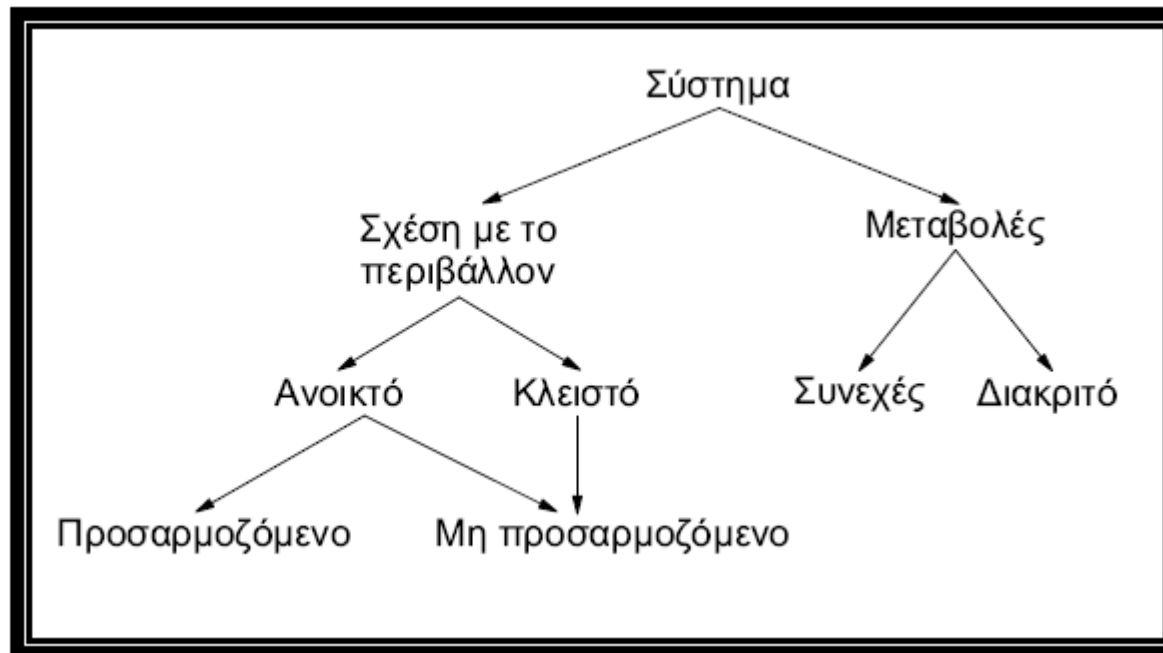
- ◆ **προσαρμοζόμενο** = αντιδρούν στις αλλαγές του περιβάλλοντος
- ◆ **μη προσαρμοζόμενο** = δεν αντιδρούν στις αλλαγές του περιβάλλοντος

Εξαιρετικά σημαντική είναι η ταξινόμηση συστημάτων σε συνεχή και διακριτά:

- ◆ στα **συνεχή** (continuous) συστήματα οι μεταβολές είναι ως επί το πλείστον ομαλές, π.χ. το αυτοκίνητο
- ◆ στα **διακριτά** (discrete) συστήματα οι μεταβολές είναι κυρίως ασυνεχείς και η κατάσταση τέτοιων συστημάτων αλλάζει μόλις **τελειώσει** μια δραστηριότητα, π.χ. μια τράπεζα.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ συστημάτων₂

Σχήμα 1.5
Ταξινόμηση
συστημάτων



ΜΟΝΤΕΛΑ

Ορισμοί:

- ◆ Μοντέλο είναι μια αναπαράσταση ενός *συστήματος*, ενός φυσικού φαινομένου, ενός οργανισμού ή μιας ιδέας.
- ◆ Εναλλακτικά μπορούμε να ορίσουμε ένα μοντέλο σαν το σύνολο των πληροφοριών ενός συστήματος που έχει συγκεντρωθεί με σκοπό τη μελέτη του συστήματος.

Ένα μοντέλο πρέπει να αντιπροσωπεύει το σύστημα το οποίο καλείται να μελετήσει όσο πιο πιστά γίνεται, παρ'όλα αυτά ένα μοντέλο είναι πάντοτε μια *απλοποιημένη* εκδοχή του συστήματος.

- ◆ Είναι βασικό να μην μπερδεύουμε το **μοντέλο** με το **πραγματικό σύστημα**!

Τύποι μοντέλων

Υπάρχουν οι ακόλουθοι τύποι μοντέλων:

- ◆ **Φυσικά.** Τα φυσικά μοντέλα συνήθως είναι φυσικές αναπαράστασεις του αρχικού συστήματος, είναι δηλαδή αντικείμενα τα οποία μοιάζουν με το αρχικό σύστημα. Μπορεί να είναι
 - σε κλίμακα *μικρότερη* του αρχικού συστήματος (όπως για παράδειγμα το μοντέλο ενός αεροπλάνου) ή
 - σε κλίμακα *μεγαλύτερη* του αρχικού συστήματος (όπως για παράδειγμα το μοντέλο ενός ατόμου).
- ◆ **Μαθηματικά.** Στην περίπτωση των μαθηματικών μοντέλων, χρησιμοποιούνται μαθηματικές έννοιες για να περιγράψουν είτε τις *φυσικές ιδιότητες* του συστήματος (όπως σχήμα, μέγεθος και χρώμα) είτε τη *λειτουργία* του (όπως κίνηση, αλλαγή σχήματος, αλλαγή κατάστασης).

Τύποι φυσικών μοντέλων

Τα φυσικά μοντέλα διακρίνονται σε:

- ◆ **Στατικά.** Για παράδειγμα, το ξύλινο μοντέλο ενός αυτοκινήτου είναι στατικό γιατί απλά αναπαριστά το σχήμα του πραγματικού αντικειμένου. Ένα τέτοιο στατικό μοντέλο μπορεί, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθεί για να διερευνήσουμε την αεροδυναμική συμπεριφορά ενός νέου αυτοκινήτου σε σχετικά μεγάλες ταχύτητες.
- ◆ **Δυναμικά.** Σε αντιδιαστολή με το προηγούμενο παράδειγμα, το μοντέλο ενός αυτοκινήτου σε μικρογραφία (που μπορεί να περιλαμβάνει κινητήρα βενζίνης, αναρτήσεις και φρένα) είναι ένα δυναμικό μοντέλο το οποίο εκτός από την αναπαράσταση του φυσικού αντικειμένου απεικονίζει και τη λειτουργία του.

Τύποι μαθηματικών μοντέλων₁

Τα μαθηματικά μοντέλα διακρίνονται σε:

- ◆ **Στατικά.** Παράδειγμα στατικού μαθηματικού μοντέλου αποτελεί ισορροπία προσφοράς-ζήτησης σε ένα οικονομικό σύστημα.
- ◆ **Δυναμικά.** Παράδειγμα δυναμικού μαθηματικού μοντέλου αποτελούν οι μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση ενός συστήματος ταλάντωσης με απόσβεση.

Τύποι μαθηματικών μοντέλων₂

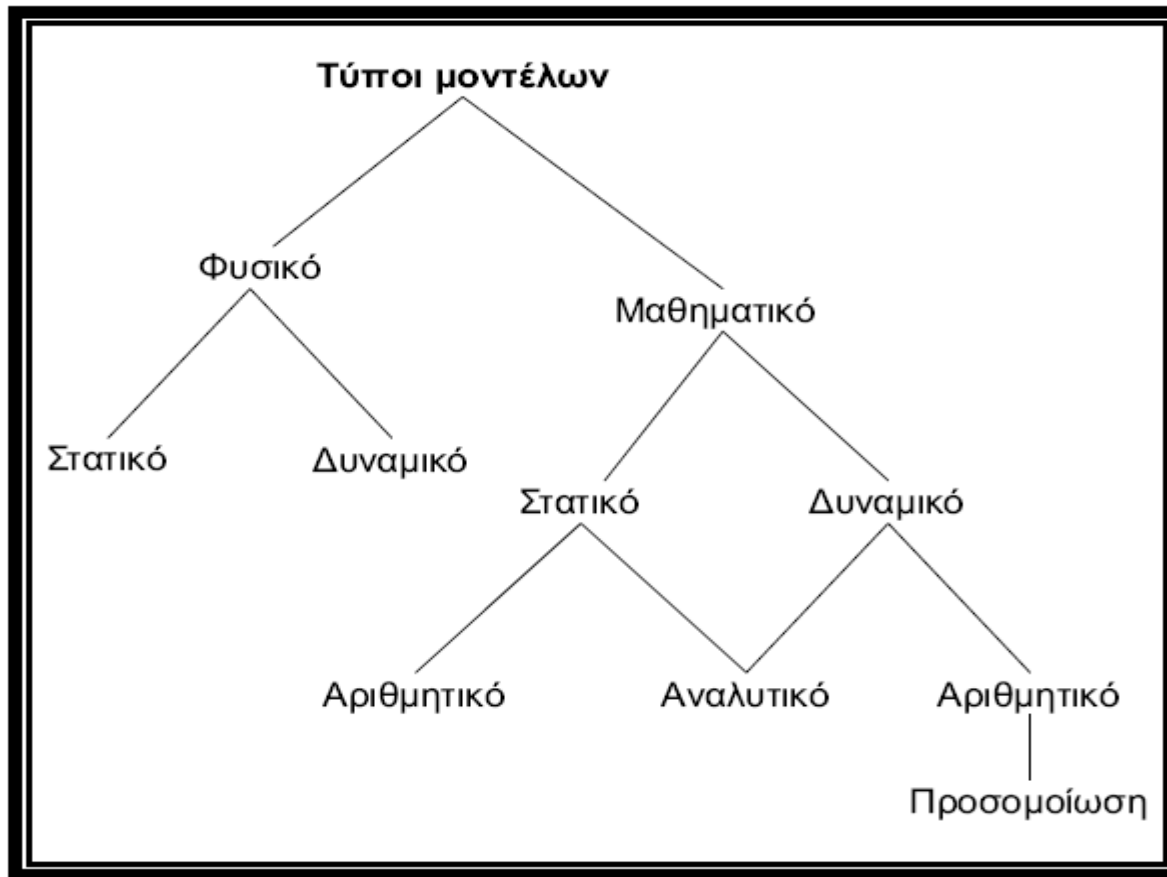
Τα μαθηματικά μοντέλα (είτε στατικά είτε δυναμικά) διακρίνονται σε:

- ◆ **Αναλυτικά.** Στην κατηγορία αυτή των μοντέλων, συμπεριλαμβάνουμε συστήματα τα οποία μπορούν να περιγράψουν πλήρως από ένα σύνολο εξισώσεων. Με την επίλυση των εξισώσεων αυτών, το αρχικό σύστημα μπορεί να περιγραφεί με απόλυτη ακρίβεια και πληρότητα.
- ◆ **Αριθμητικά.** Συχνά, στην πράξη, δεν είναι δυνατόν να περιγράψουμε ένα σύστημα με αναλυτικό μοντέλο. Όταν λοιπόν δεν υπάρχει τέλεια και πλήρης γνώση του τεχνολογικού συστήματος, δεν είναι δυνατόν να ευρεθούν ή δεν υπάρχουν μαθηματικές εξισώσεις, οπότε το σύστημα περιγράφεται με *αριθμητικά δεδομένα* που συλλέγονται με *εμπειρικό τρόπο*. Το αριθμητικό μοντέλο του συστήματος αποτελείται από το σύνολο των δεδομένων και των συσχετίσεων μεταξύ αυτών.

Τύποι μαθηματικών μοντέλων₃

Αξίζει να αναφέρουμε ότι η προσομοίωση, ως μέθοδος επίλυσης προβλημάτων, χρησιμοποιείται κυρίως για τη μελέτη **αριθμητικών** μαθηματικών μοντέλων τα οποία είναι **δυναμικά**.

Σχήμα 1.8
Τύποι
μοντέλων



Απλά και πολύπλοκα μοντέλα

Τα χαρακτηριστικά που συζητήσαμε στις προηγούμενες διαφάνειες, καθορίζουν την πολυπλοκότητα ενός μοντέλου:

- ◆ Συνήθως τα **απλά** μοντέλα περιγράφονται από *μαθηματικές εξισώσεις* που είναι δυνατό να επιλυθούν *αναλυτικά*.
- ◆ Αντίθετα, τα **πολύπλοκα** μοντέλα δεν είναι συνήθως δυνατό να περιγραφούν με μαθηματικές εξισώσεις και έτσι μελετώνται με *προσομοίωση*.

Συνοψίζοντας λοιπόν, χαρακτηρίσουμε τα μοντέλα σε απλά και πολύπλοκα σε σχέση με τα χαρακτηριστικά τους:

Πίνακας 1.1
Απλά και
πολύπλοκα
μοντέλα

Μοντέλα	
Απλά	Πολύπλοκα
Στατικά	Δυναμικά
Γραμμικά	Μη γραμμικά
Προσδιοριστικά	Στοχαστικά
Συνεχή	Διακριτά
Σταθερής κατάστασης	Μεταβατικά
Περίληπτικά	Λεπτομερή

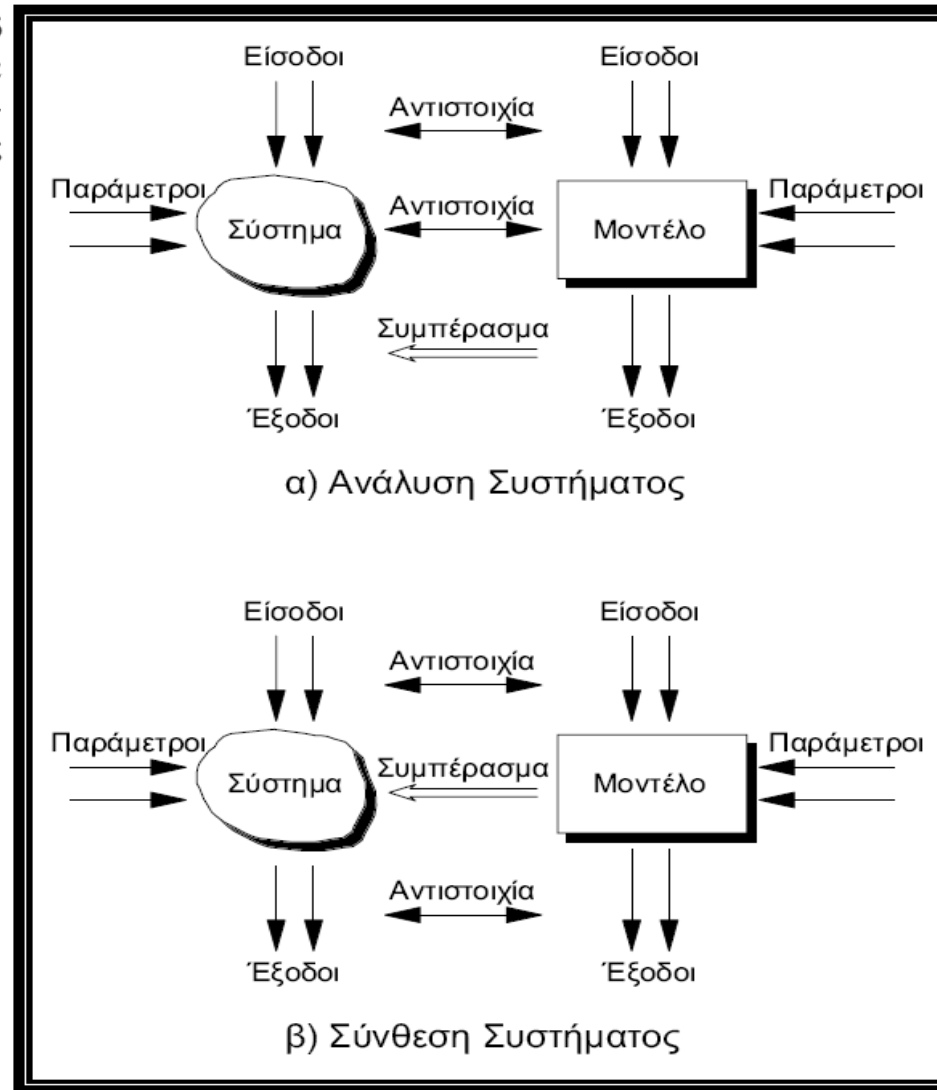
Χρήση μοντέλου για ανάλυση ή σύνθεση συστήματος₁

Ένα μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την ανάλυση είτε για τη σύνθεση ενός συστήματος:

- ◆ Σε περίπτωση που το μοντέλο χρησιμοποιείται για την ανάλυση του συστήματος, υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στις **εισόδους** του συστήματος και του μοντέλου. Υπάρχει επίσης αντιστοιχία ανάμεσα στις **εσωτερικές δομές** του μοντέλου και του συστήματος. Με τη χρήση του μοντέλου συμπεραίνουμε τις **εξόδους** του συστήματος από τις εξόδους του μοντέλου.
- ◆ Ομοίως σε περίπτωση που το μοντέλο χρησιμοποιείται για τη σύνθεση ενός συστήματος, υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στις **εισόδους** του συστήματος και του μοντέλου. Υπάρχει επίσης αντιστοιχία ανάμεσα στις **εξόδους** του μοντέλου και τις εξόδους του συστήματος. Η μελέτη ακολούθως συνάγει την **εσωτερική δομή** του συστήματος (δηλαδή τα συστατικά του στοιχεία) από τη δομή του μοντέλου.

Χρήση μοντέλου για ανάλυση ή σύνθεση συστήματος₂

Σχήμα 1.6
Αντιστοιχία
μοντέλου-
συστήματος



Μελέτη μοντέλων και όχι συστημάτων₁

Η μελέτη συστημάτων (είτε με μαθηματικές μεθόδους είτε με προσομοίωση) δεν γίνεται με αυτό καθαυτό το σύστημα αλλά με ένα μοντέλο του συστήματος.

Είναι προτιμότερο να μελετάμε μοντέλα παρά συστήματα για τους ακόλουθους λόγους:

- ◆ *Διευκόλυνση στην κατανόηση.* Ένα μοντέλο είναι αρκετά πιο απλό από το ίδιο το σύστημα γιατί κατά την κατασκευή του μοντέλου διατηρούνται μόνο τα χαρακτηριστικά του συστήματος που ενδιαφέρουν τον ερευνητή. Με τον τρόπο αυτό, ο μελετητής δεν χάνεται στις λεπτομέρειές του συστήματος αλλά μπορεί να επικεντρώσει την προσοχή του μόνο στα σημαντικότερα στοιχεία.

Μελέτη μοντέλων και όχι συστημάτων₂

- ◆ *Διευκόλυνση στην επικοινωνία.* Με την κατασκευή ενός μοντέλου, είναι ευκολότερο να μεταδοθούν οι βασικές ιδέες για κάποιο σύστημα (από ότι με την περιγραφή του πλήρους συστήματος).
- ◆ *Ένα μοντέλο αποτελεί εργαλείο πρόβλεψης.* Ορισμένα συστήματα παρουσιάζουν πολύ αργές μεταβολές της κατάστασής τους, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η πρόβλεψη της συμπεριφοράς τους για μακρύ χρονικό διάστημα. Με την κατασκευή και χρήση μοντέλου ενός τέτοιου συστήματος είναι δυνατή η επιτάχυνση των χρονικών μεταβολών έτσι ώστε να μπορούμε να προβλέψουμε τη μελλοντική συμπεριφορά π.χ. δεκαετιών μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα πραγματικού υπολογιστικού χρόνου.
- ◆ *Αδυναμία πρόσβασης.* Μερικές φορές η πρόσβαση στο πραγματικό σύστημα μπορεί να είναι επικίνδυνη ή ακόμα και αδύνατη. Κατασκευάζοντας και χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο καθίσταται δυνατή η μελέτη του συστήματος χωρίς να κινδυνεύσουν ανθρώπινες ζωές ή να αυξηθεί απαγορευτικά το κόστος.

Μελέτη μοντέλων και όχι συστημάτων₃

- ◆ *Εκπαίδευση.* Με την κατασκευή ενός μοντέλου είναι δυνατόν να εκπαιδεύουν χειριστές χωρίς κίνδυνο καταστροφών ή ακόμα και θανάτων από λάθος των εκπαιδευόμενων. Είναι επίσης δυνατό να εκπαιδεύουν χειριστές ενός συστήματος το οποίο ακόμα δεν έχει κατασκευαστεί.
- ◆ *Καλύτερος σχεδιασμός.* Η κατασκευή ενός μοντέλου συμβάλλει στον καλύτερο σχεδιασμό ενός συστήματος γιατί επιτρέπει τον εντοπισμό και τη διόρθωση σχεδιαστικών σφαλμάτων πριν κατασκευαστεί το σύστημα. Επίσης κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος, είναι δυνατόν να κατασκευαστούν πολλά διαφορετικά μοντέλα ώστε να επιλεγεί το βέλτιστο προς υλοποίηση (με βάση συγκεκριμένα τεχνικά και οικονομικά κριτήρια). Προφανώς το κόστος κατασκευής μοντέλων είναι πολύ μικρότερο από εκείνο της κατασκευής πραγματικών συστημάτων.

Μελέτη μοντέλων και όχι συστημάτων₄

- ◆ *Βελτίωση της απόδοσης υπάρχοντος συστήματος.* Με την κατασκευή και χρήση ενός μοντέλου είναι δυνατό να ελεγχθεί η συμπεριφορά ενός συστήματος για διάφορες τιμές παραμέτρων του. Από τη μελέτη του μοντέλου που έχει κατασκευαστεί, διαπιστώνεται ο αποδοτικότερος συνδυασμός παραμέτρων ώστε αυτός να εφαρμοστεί στο πραγματικό σύστημα.

Ντετερμινιστικά και στοχαστικά μοντέλα₁

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων:

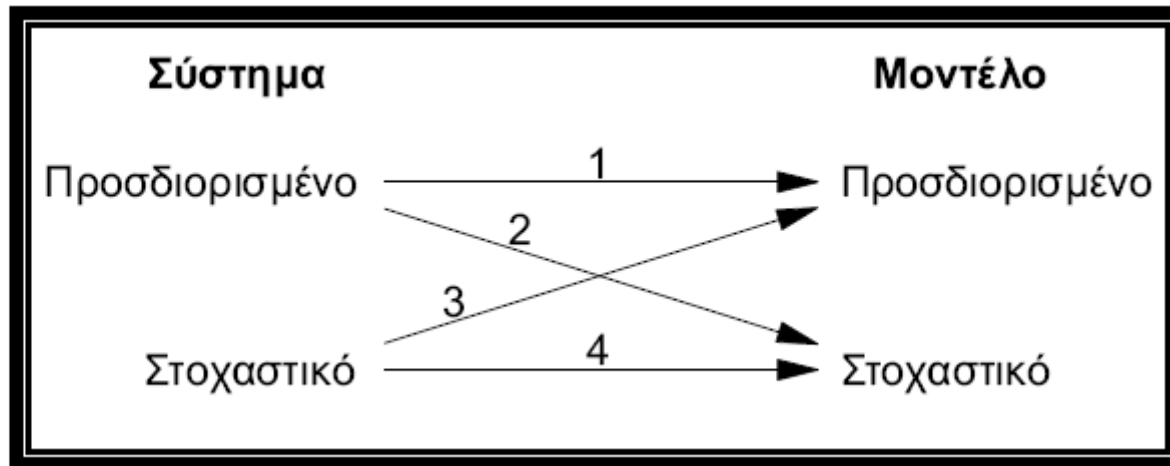
- ◆ Συστήματα των οποίων οι δραστηριότητες είναι κατά κύριο λόγο **προσδιορισμένες** (δηλαδή δεν εξαρτώνται από τυχαίους παράγοντες) ονομάζονται προσδιορισμένα ή ντετερμινιστικά.
- ◆ Αντίστοιχα, **στοχαστικά** ονομάζονται εκείνα τα συστήματα των οποίων οι δραστηριότητες είναι, κατά κύριο λόγο, στοχαστικές.

Επειδή (όπως έχουμε πει) τα μοντέλα είναι επίσης συστήματα, τα μοντέλα ομοίως διακρίνονται σε προσδιορισμένα ή στοχαστικά ανάλογα με το κατά πόσον οι δραστηριότητες που περιλαμβάνουν είναι, κατά κύριο λόγο, ντετερμινιστικές ή στοχαστικές.

Ντετερμινιστικά και στοχαστικά μοντέλα₂

Προκύπτουν λοιπόν 4 συνδυασμοί προσδιορισμένων η στοχαστικών συστημάτων με προσδιορισμένα η στοχαστικά μοντέλα:

Σχήμα 1.7
Συνδυασμοί
συστημάτων-
μοντέλων



Ντετερμινιστικά και στοχαστικά μοντέλα₃

1. Παράδειγμα προσδιορισμένου μοντέλου για προσδιορισμένο σύστημα, είναι ο προσδιορισμός της κίνησης των πλανητών με μαθηματικές εξισώσεις.
2. Παράδειγμα στοχαστικού μοντέλου για προσδιορισμένο σύστημα είναι ο υπολογισμός ενός ορισμένου ολοκληρώματος με την μέθοδο **Μόντε Κάρλο**.
 - ➔ Ενώ το ορισμένο ολοκλήρωμα (δηλαδή το σύστημα) είναι απολύτως προσδιορισμένο (έχει συγκεκριμένη τιμή), η τεχνική Μόντε Κάρλο (δηλαδή η επίλυση μέσω μοντέλου) αποτελεί στοχαστική μέθοδο που βασίζεται στην παραγωγή και χρήση τυχαίων αριθμών.

Ντετερμινιστικά και στοχαστικά μοντέλα₄

3. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το παράδειγμα αναπαράστασης ενός στοχαστικού συστήματος με προσδιορισμένο μοντέλο. Η παραγωγή τυχαίων αριθμών με υπολογιστή κατ' ουσία βασίζεται σε μια συγκεκριμένη επαναληπτική διαδικασία που έχει ντετερμινιστικό χαρακτήρα, οι δε αριθμοί που παράγονται είναι στην πραγματικότητα ψευδοτυχαίοι.
4. Τέλος στην περίπτωση που έχουμε ένα στοχαστικό σύστημα το οποίο αναπαράγουμε με στοχαστικό μοντέλο, χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά η μέθοδος της **προσομοίωσης** σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τι είναι η προσομοίωση₁

Όπως έχουμε πει και προηγουμένως, η δημιουργία μοντέλων με σκοπό την μελέτη ενός συστήματος μέσω της προσομοίωσης, είναι μια πειραματική μεθοδολογία η οποία έχει 3 στόχους:

- ◆ τη μελέτη της λειτουργίας ή συμπεριφοράς του συστήματος
- ◆ τον έλεγχο θεωριών και υποθέσεων για την παρατηρούμενη συμπεριφορά του συστήματος
- ◆ την πρόβλεψη ή εκτίμηση της μελλοντικής συμπεριφοράς του συστήματος.

Τι είναι η προσομοίωση₂

Έτσι μπορούμε στην ουσία να πούμε ότι η προσομοίωση είναι **πειραματισμός** με μοντέλο, ο οποίος αντικαθιστά τον πειραματισμό με το πραγματικό σύστημα.

- ◆ Ενώ σε ένα κλασικό τεχνολογικό σύστημα υπάρχει το κλασικό εργαστήριο (π.χ. το εργαστήριο βιομηχανικών και φυσικών διεργασιών στο τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας), στο πεδίο των μοντέλων και της προσομοίωσης, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι το *εικονικό εργαστήριο* του ερευνητή, όπου με πρακτικά μηδενικό κόστος και εξαιρετική ταχύτητα μπορούν να εκτελεσθούν δεκάδες χιλιάδες πειράματα.

Σκοποί της προσομοίωσης₁

Για να συνοψίσουμε, η προσομοίωση λοιπόν (μέσω των αριθμητικών πειραμάτων) εξυπηρετεί τους ακόλουθους συγκεκριμένους σκοπούς:

- ◆ *Εκτίμηση ή Αξιολόγηση.* Μέσω της προσομοίωσης αξιολογείται το υπό μελέτη σύστημα, δηλαδή πόσο καλά ανταποκρίνεται στην αρχική του σχεδίαση με βάση συγκεκριμένα κριτήρια.
- ◆ *Σύγκριση.* Συγκρίνονται εναλλακτικοί τρόποι σχεδίασης και λειτουργίας του υπό μελέτη συστήματος.
- ◆ *Πρόβλεψη.* Εκτιμάται η μελλοντική απόδοση του συστήματος κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας και παραδοχές για το περιβάλλον του συστήματος.
- ◆ *Ανάλυση ευαισθησίας.* Αξίζει να σημειωθεί ότι συστήματα τα οποία εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και συνθήκες, δεν αντιδρούν με την ίδια ευαισθησία σε μεταβολές αυτών (των παραγόντων ή συνθηκών). Με την ανάλυση ευαισθησίας (**sensitivity analysis**) καθορίζονται εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο τη λειτουργία του συστήματος.

Σκοποί της προσομοίωσης₂

- ◆ *Βελτιστοποίηση.* Καθορίζονται εκείνοι οι συνδυασμοί των παραμέτρων που οδηγούν στην καλύτερη δυνατή απόκριση του συστήματος.
- ◆ *Λειτουργικές σχέσεις.* Προσδιορίζονται οι λειτουργικές σχέσεις ανάμεσα στους σημαντικότερους παράγοντες και συνθήκες που επηρεάζουν τη λειτουργία του συστήματος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε αντίθεση με τα μαθηματικά μοντέλα, τα μοντέλα προσομοίωσης δεν «λύνονται» αλλά «εκτελούνται» κατά κανόνα σε **ηλεκτρονικό υπολογιστή**.

Τα μοντέλα προσομοίωσης είναι *περιγραφικά μοντέλα*, υπό την έννοια ότι χρησιμοποιούν αλγόριθμους, υπολογιστικές μεθόδους και διεργασίες για να περιγράψουν τη λειτουργία του υπό μελέτη συστήματος.

Κατασκευή μοντέλων προσομοίωσης

Η κατασκευή μοντέλων προσομοίωσης είναι μια σχετικά δύσκολη τεχνική γιατί πρέπει να εξισορροπεί αντικρουόμενους παράγοντες:

- ◆ αφενός μεν το μοντέλο θα πρέπει να είναι αρκετά **απλό** ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί και να μελετηθεί με ευκολία
- ◆ αφετέρου δε θα πρέπει να είναι αρκετά **πολύπλοκο** ώστε να αντιπροσωπεύει το υπό μελέτη σύστημα όσο πιο πιστά γίνεται.

Εμπλουτισμός ή απλοποίηση μοντέλου₁

Ένα μοντέλο μπορεί να χρειαστεί να εμπλουτιστεί ή να απλοποιηθεί. Χρησιμοποιούνται οι εξής κανόνες εμπλουτισμού ή απλοποίησης ενός μοντέλου:

- ◆ Η υιοθέτηση ισχυρότερων υποθέσεων και περιορισμών απλοποιεί ένα μοντέλο.
- ◆ Σε γενικές γραμμές, τα γραμμικά μοντέλα είναι απλούστερα των μη γραμμικών, επομένως η παραδοχή γραμμικότητας για ένα σύστημα απλοποιεί το μοντέλο, ενώ η παραδοχή μη γραμμικότητας το εμπλουτίζει.
- ◆ Ο περιορισμός των ορίων του συστήματος οδηγεί σε απλούστερο μοντέλο, ενώ η επέκτασή τους οδηγεί σε πιο πολύπλοκο μοντέλο.

Εμπλουτισμός ή απλοποίηση μοντέλου₂

- ◆ Εάν ένα μοντέλο είναι απλό, μπορούμε να μετατρέψουμε ορισμένες σταθερές σε μεταβλητές ώστε να γίνει πιο πολύπλοκο. Αντίθετα εάν ένα μοντέλο είναι πολύπλοκο, μπορούμε να μετατρέψουμε ορισμένες μεταβλητές σε σταθερές.
- ◆ Η εξάλειψη και η συνένωση μεταβλητών απλοποιεί ένα μοντέλο ενώ, αντίθετα, η προσθήκη μεταβλητών το εμπλουτίζει και το κάνει πιο πολύπλοκο.

Καλά και κακά μοντέλα

Δεν είναι προφανές ούτε εύκολο να αποφασίσουμε εάν ένα μοντέλο που έχουμε κατασκευάσει είναι καλό η κακό. Σε γενικές γραμμές όμως, ένα καλό μοντέλο έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- ◆ είναι φανερός ο προσανατολισμός του προς τους συγκεκριμένους σκοπούς και στόχους του έχουν τεθεί
- ◆ είναι εύκολο στην κατανόηση από το χρήστη
- ◆ είναι ισχυρό, υπό την έννοια ότι δεν δίνει περίεργες και δυσνόητες απαντήσεις
- ◆ είναι εύκολο να μεταβληθεί από τους χρήστες, δηλαδή είναι αρκετά προσαρμοστικό
- ◆ υπάρχει δυνατότητα εξέλιξης του μοντέλου από μια σχετικά απλή μορφή σε μια πιο πολύπλοκη, ανάλογα με τις λεπτομέρειες που επιθυμεί να μελετήσει ένας χρήστης.

Φάσεις προσομοίωσης

Διακρίνονται οι εξής τρεις φάσεις σε μια προσομοίωση:

1. η **κατασκευή** (σχεδίαση και προγραμματισμός) του μοντέλου
2. η **εκτέλεση** ή το «τρέξιμο» του μοντέλου
3. η **ανάλυση** των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Πραγματικός και προσομοιούμενος χρόνος

Έχουμε πει ότι η προσομοίωση αποτελεί μοντέλο ενός συστήματος, στο οποίο μελετάται η χρονική μεταβολή των καταστάσεων του συστήματος.

- ◆ Ο χρόνος που χρησιμοποιείται κατά την προσομοίωση αποτελεί μοντέλο του πραγματικού χρόνου του συστήματος, έτσι ο προσομοιούμενος χρόνος (κατά κανόνα) δεν έχει σχέση με τον πραγματικό (υπολογιστικό) χρόνο που παρέρχεται για να εκτελεστεί η προσομοίωση.
- ◆ Όπως έχουμε πει και προηγουμένως στο μάθημα, μπορεί μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα υπολογιστικού χρόνου, να προσομοιώσουμε δεκαετίες ή εκατονταετίες πραγματικού χρόνου.

Ως **γεγονός** ορίζουμε μια αλλαγή της κατάστασης του συστήματος, η οποία λαμβάνει χώρα σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Μηχανισμός ροής χρόνου

Το κομμάτι της προσομοίωσης που ασχολείται με την παρέλευση του χρόνου, ονομάζεται **Μηχανισμός Ροής Χρόνου** (MPX). Οι ρουτίνες που υπάρχουν στο τμήμα αυτό, αφενός μεν αυξάνουν τον προσομοιούμενο χρόνο, αφετέρου δε συγχρονίζουν τα υπόλοιπα τμήματα της προσομοίωσης καθώς συμβαίνουν γεγονότα και αλλάζει η κατάσταση του συστήματος.

Υπάρχουν δύο βασικοί μηχανισμοί ροής χρόνου:

1. **Μηχανισμός επόμενου γεγονότος**
2. **Μηχανισμός σταθερού χρονικού διαστήματος**

1. Μηχανισμός Επόμενου Γεγονότος.

Με το μηχανισμό αυτό, καθορίζεται η χρονική στιγμή κατά την οποία θα συμβεί το επόμενο γεγονός και το ρολόι της προσομοίωσης προχωρά σε αυτή τη χρονική στιγμή προσπερνώντας όλο τον ενδιάμεσο χρόνο κατά τον οποίο δεν συμβαίνει τίποτα.

Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου περιλαμβάνουν την ύπαρξη ενός «καταλόγου» ή «λίστας» γεγονότων, όπου καταγράφονται τα γεγονότα που πρόκειται να συμβούν στο μέλλον.

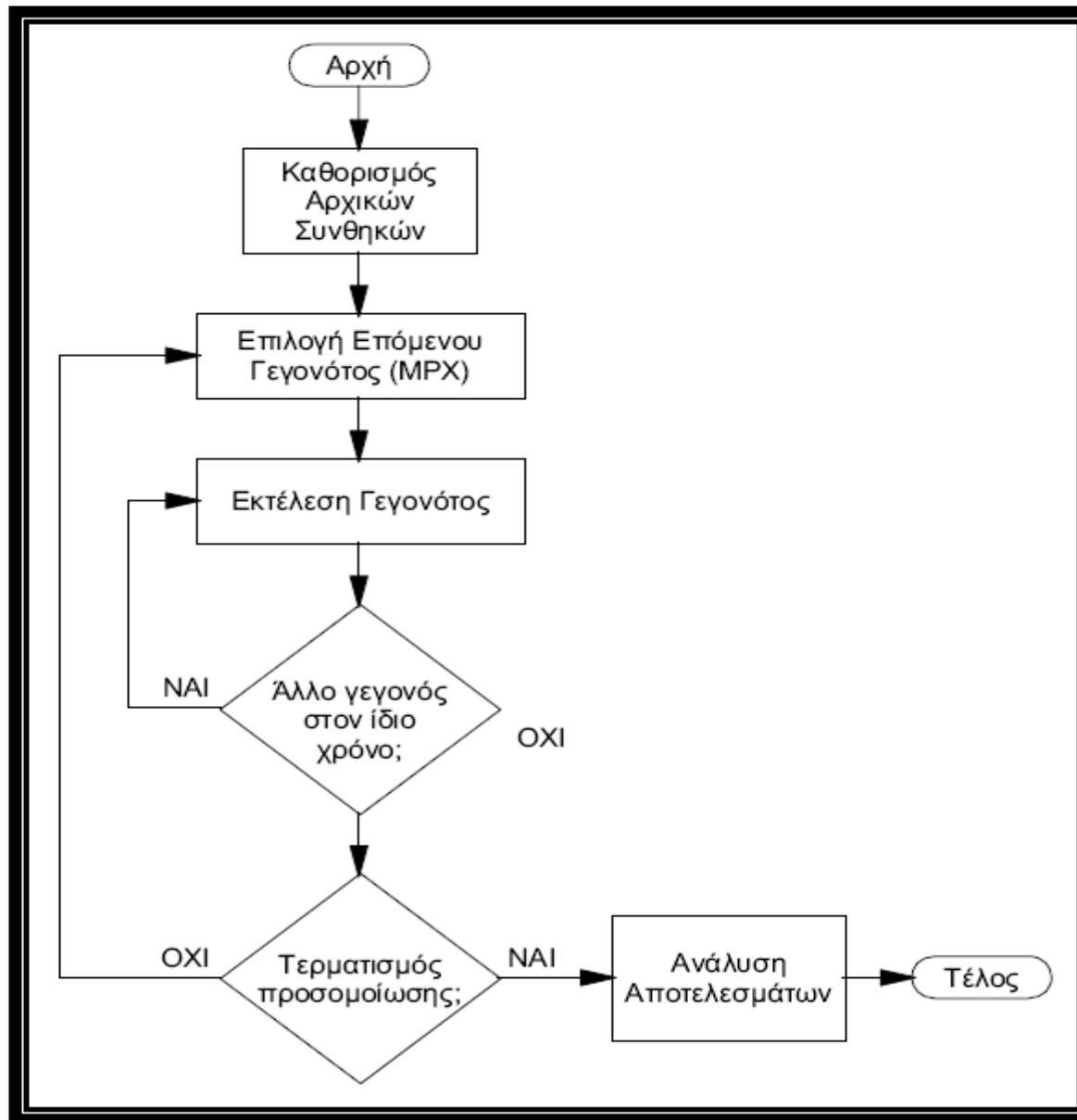
2. Μηχανισμός Σταθερού Χρονικού Διαστήματος

Σύμφωνα με το μηχανισμό αυτό, ο χρόνος (δηλαδή το ρολόι της προσομοίωσης) αυξάνει κατά ένα μικρό και σταθερό χρονικό διάστημα.

Όλα τα γεγονότα που εμφανίζεται στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, καθώς και όσα συνέβησαν κατά το διάστημα που μεσολάβησε από την προηγούμενη χρονική στιγμή μέχρι αυτή, θεωρούνται ότι συμβαίνουν κατά τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

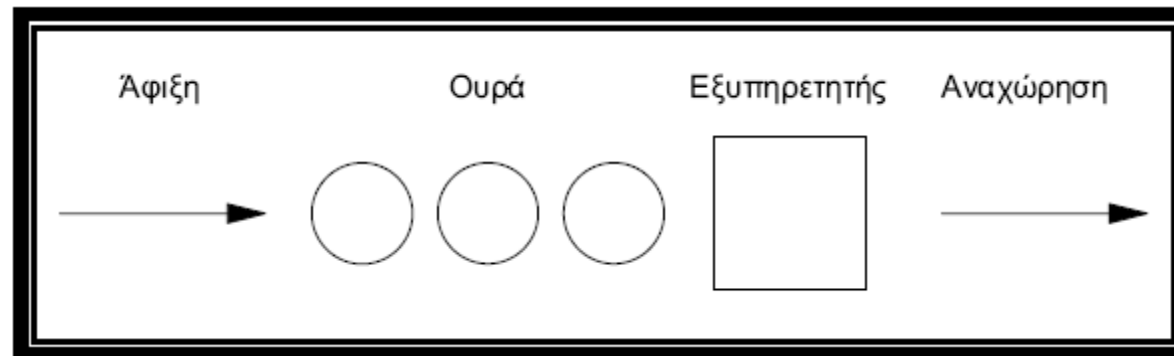
Διάγραμμα μηχανισμού ροής χρόνου

Σχήμα 1.9
Διάγραμμα
ροής της
προσομοίωσης



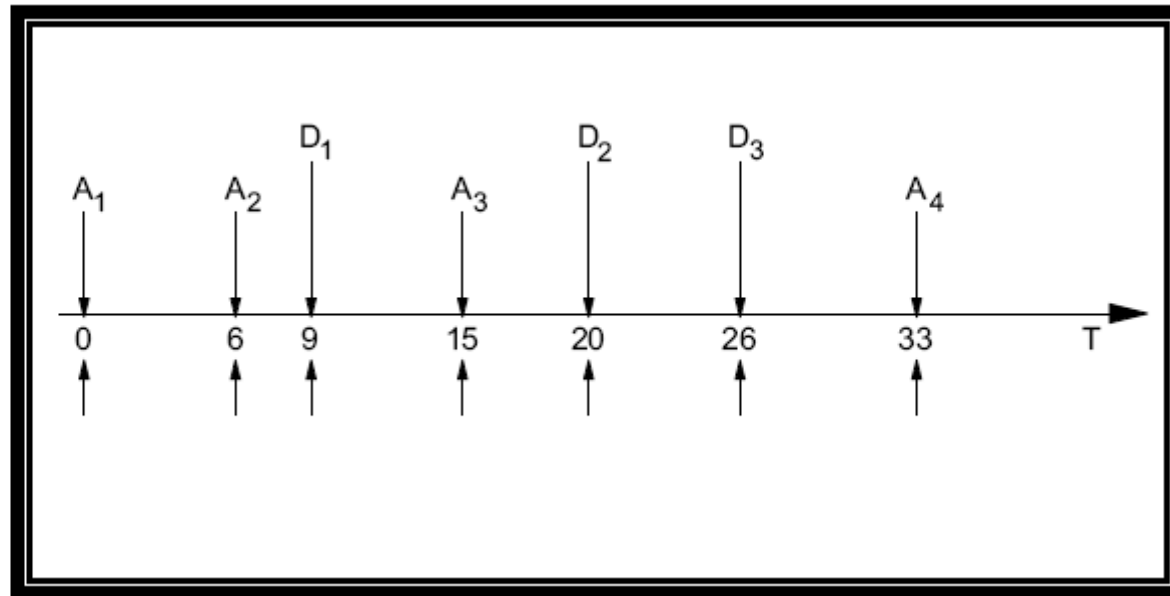
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ απλής ουράς₁

Σχήμα 1.10
Διάγραμμα
απλής ουράς



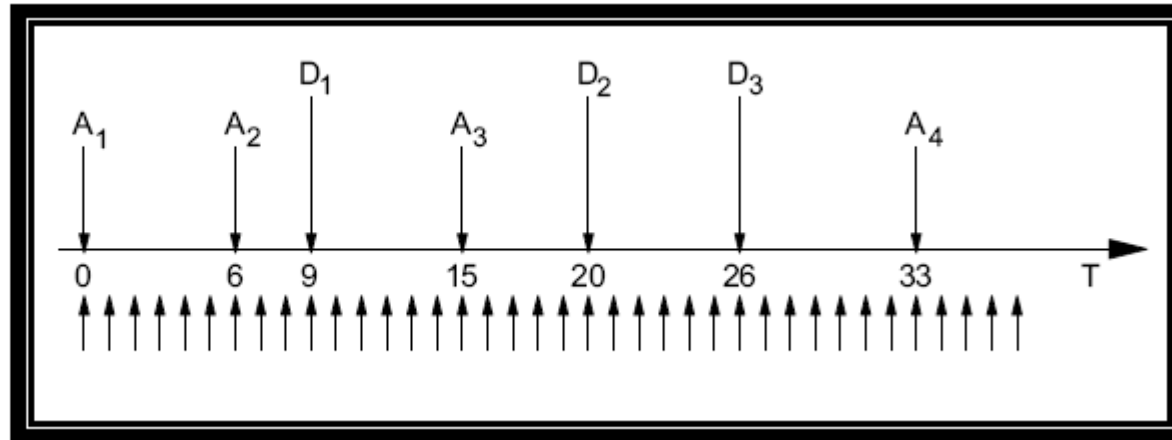
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ απλής ουράς₂

Σχήμα 1.12
Χρονοδιάγραμμα
μηχανισμού
επόμενου
γεγονότος



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ απλής ουράς₃

Σχήμα 1.14
Χρονοδιάγραμμα
μηχανισμού
σταθερού
διαστήματος



Ανακεφαλαίωση

Σχήμα 2.1
Διάγραμμα του
προγράμματος
ελέγχου
προσομοίωσης
γεγονότων

