



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Μεταπτυχιακή Εργασία

***“Ανάλυση μεθοδολογιών μοντελοποίησης και  
πρόβλεψης συμπεριφοράς πολύπλοκων κοινωνικών  
συστημάτων, με εφαρμογές στη Δημόσια Διοίκηση &  
Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση με τη χρήση Νέων  
Τεχνολογιών Πληροφορικής”***

ΤΟΥ

**Δημητρίου Η. Λουκή**

Επιβλέπων : Δρ. Ευριπίδης Λουκής

Επίκουρος Καθηγητής

Καρλόβασι Σάμου, 2010

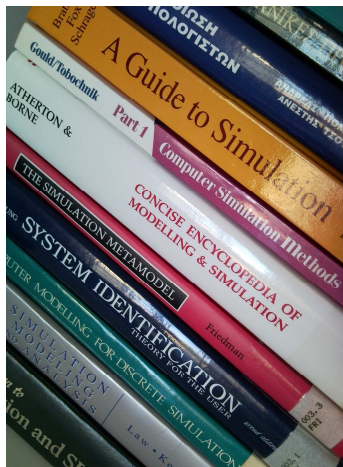
---

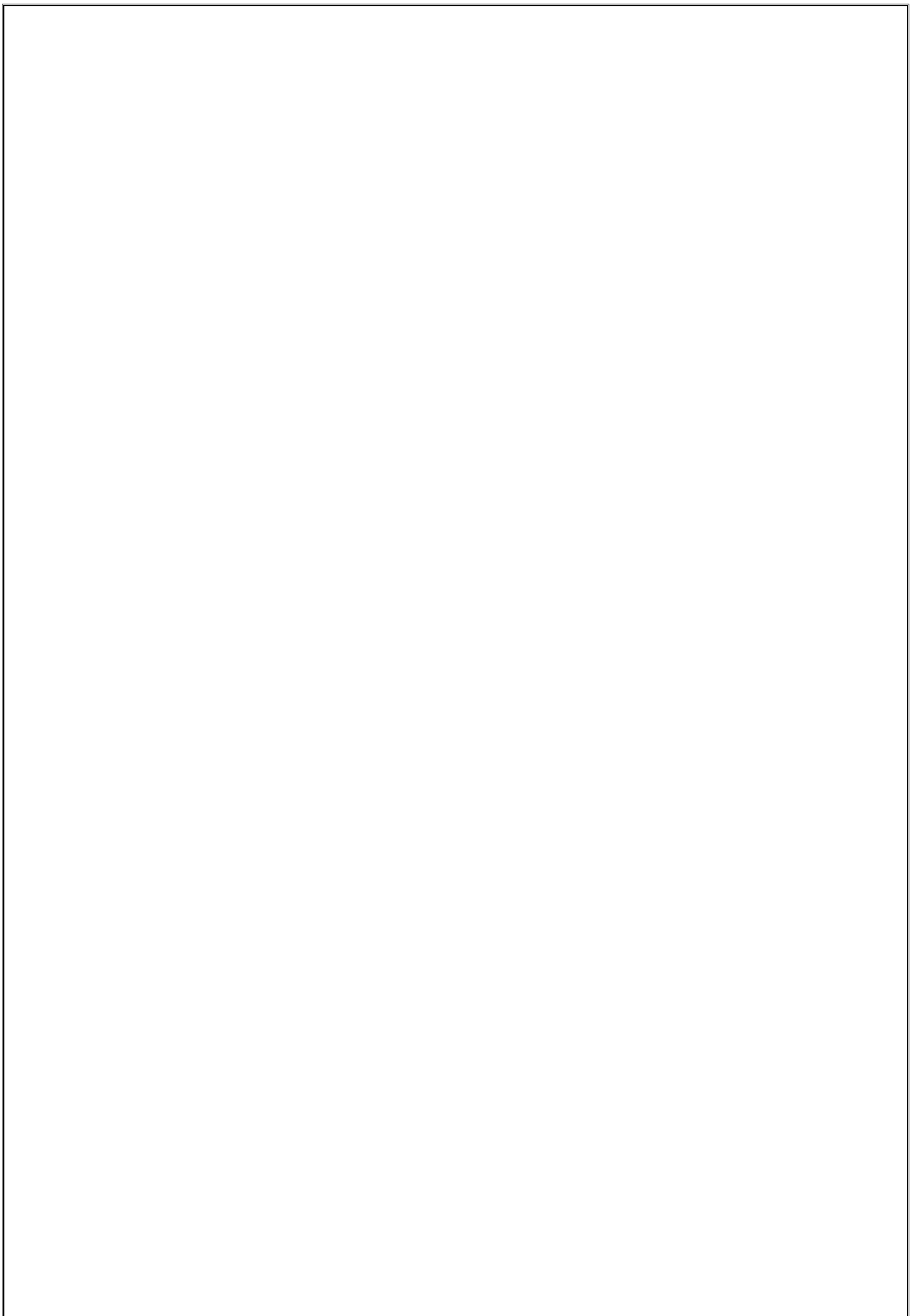
Η Μεταπτυχιακή Εργασία  
παρουσιάστηκε ενώπιον  
του Διδακτικού Προσωπικού του  
Πανεπιστημίου Αιγαίου

---

Σε Μερική Εκπλήρωση  
των Απαιτήσεων για το Δίπλωμα του  
Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών  
Τεχνολογίες και Διοίκηση Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων  
ΤΟΥ  
Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

---







## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***“Ανάλυση μεθοδολογιών μοντελοποίησης και  
πρόβλεψης συμπεριφοράς πολύπλοκων κοινωνικών  
συστημάτων, με εφαρμογές στη Δημόσια Διοίκηση &  
Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση με τη χρήση Νέων  
Τεχνολογιών Πληροφορικής”***

ΤΟΥ  
**Δημητρίου Η. Λουκή**

**Επιβλέπων : Δρ. Ευριπίδης Λουκής**

Επίκουρος Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή.

.....  
Δρ. Ιωάννης Χαραλαμπίδης  
Επίκουρος Καθηγητής

.....  
Δρ. Ευριπίδης Λουκής  
Επίκουρος Καθηγητής

.....  
Δρ. Σπύρος Κοκολάκης  
Επίκουρος Καθηγητής

Καρλόβασι Σάμου, 2010

.....

**Δημήτριος Η. Λουκής**

© 2010 - Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον επιβλέπων καθηγητή ή στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Κυρίου Ευριπίδη Λουκή επίκουρου καθηγητή του Μεταπτυχιακού προγράμματος Διοίκησης Πληροφοριακών Συστημάτων, του Τμήματος Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων πανεπιστημίου Αιγαίου.

Τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, για την καθοδήγηση και την υποστήριξη του από την αρχή μέχρι και την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Πολύτιμες υπήρξαν οι συμβουλές του καθηγητή Ιωάννη Χαραλαμπίδη, Υπεύθυνο Ερευνητικής Μονάδας e-Government, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης Ε.Μ.Π. και καθηγητή του πανεπιστημίου Αιγαίου, τον οποίο και ευχαριστώ ιδιαίτερα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης όλους όσους βρέθηκαν δίπλα μου, ο καθένας με το δικό του τρόπο, αρωγοί στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

---



---

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

---



---

<b>1</b> .....	9
Εισαγωγή .....	9
1.1. Στόχοι Μεταπτυχιακής Εργασίας.....	10
1.2. Δομή της εργασίας.....	11
<b>2</b> .....	12
Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση .....	12
2.1. Εισαγωγή στην Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση (e-Government).....	12
2.2. Ορισμός Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης (e-Government).....	12
2.3. Βασικές αρχές, ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ και στοιχεία Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης .....	14
2.4. Επίπεδα εξέλιξης και ωριμότητας των υπηρεσιών της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης .....	16
2.5. Τύποι υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης.....	19
2.6. Πλεονεκτήματα και Οφέλη Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης.....	21
2.7. Προβλήματα Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης.....	24
2.8. Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση – προβλέψεις - μοντελα.....	25
2.9. Προτάσεις.....	26
2.10. αναφορές.....	27
<b>3</b> .....	30
Μελέτη συστημάτων .....	30
3.1. Έννοια του Συστήματος Ορισμοί - Ιδιότητες.....	30
3.2. Μελέτη Συστημάτων.....	32
3.3. Περιβάλλον - Όρια Συστήματος.....	35
3.4. Κοινωνικά Συστημάτα .....	38
3.4. Ταξινόμηση Συστημάτων.....	38
3.4.1. μεταβολές Κατάστασης .....	39
3.4.2. Σχέση με το περιβάλλον.....	40
3.4.3. Συγκεντρωτικά.....	42
<b>4</b> .....	43
Μοντέλα – Μοντελοποίηση Συστημάτων .....	43
4.1. Μοντέλα .....	43
4.2. Τύποι μοντέλων .....	46
4.3. Ταξινόμηση Μοντέλων.....	47
4.4. Αντιστοιχία Συστήματος Μοντέλου .....	52

<b>5</b> .....	54
<b>ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ</b> .....	54
5.1. Εισαγωγικά για την προσομοίωση.....	54
5.2. <i>Ιστορική Αναδρομή</i> .....	55
5.3. <i>Ορισμοί Προσομοίωσης</i> .....	57
5.4. Εφαρμογές Της Προσομοίωσης .....	60
5.4.1. Ευρύτερες Εφαρμογες Προσομοίωσης.....	60
5.5. προσομοίωση – Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα.....	63
5.5.1 προβλήματα στην πορεία υλοποίησης .....	65
5.6 Η προσομοίωση στο μέλλον.....	65
5.7. Φάσεις Προσομοίωσης.....	66
5.8. Διαδικασία Προσομοίωσης - Στάδια .....	67
5.9. Ταξινόμηση Μοντέλων Προσομοίωσης .....	70
5.10. Τύποι Προσομοίωσης - Ανάλυση Αποτελεσμάτων .....	71
<b>6</b> .....	74
<b>Μοντελοποίηση-Προσομοίωση-Μεθοδολογίες-Εφαρμογές-Κοινωνικά Συστήματα</b> .....	74
6.1. Εφαρμογές στις κοινωνικές επιστήμες - συστήματα.....	74
6.2. Μοντέλα ουρών(QUEUING models).....	77
6.3. Μοντέλα δυναμικών συστημάτων (system dynamics).....	79
6.3.1. Λογισμικό – Εργαλεία για υλοποίηση system Dynamics.....	83
6.4. Μικρο αναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης (MICRO ANALYTICAL simulation models) .....	84
6.5. Τα κυψελοειδή αυτόματα (cellular automata) .....	85
6.6. Προσομοιώσεις ρεαλιστικών μοντέλων (physical simulations) .....	88
6.7. Δραστοστρεφείς προσομοιώσεις (agent based simulation).....	90
6.8. Μεθοδος (προσομοίωση) monte carlo .....	97
6.9. Κατηγοριοποίηση Εργαλείων Προσομοίωσης.....	98
<b>7</b> .....	101
<b>Συμπεράσματα</b> .....	101
7.1. Γενικά Συμπεράσματα .....	101
<b>8</b> .....	105
<b>Βιβλιογραφικές Αναφορές</b> .....	105



# 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Την τελευταία δεκαετία τα ανεπτυγμένα κράτη, αντιλαμβανόμενα τη σπουδαιότητα του ρόλου της δημόσιας διοίκησης στην ανάπτυξη και την ευημερία, έχουν ξεκινήσει έναν αγώνα δρόμου για τον εκσυγχρονισμό της, τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας – της αποδοτικότητάς και την εξάλειψη ή την μείωση των γνωστών παθολογιών του οργανωτικού της μοντέλου.

Ανάμεσα στις μεθόδους και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν, δεσπόζουσα θέση έχει η αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορικής & Επικοινωνιών, δεδομένης της ικανότητάς τους να απευθύνονται σε προβλήματα βελτίωσης της διοικητικής ικανότητας. Σύντομα, όμως, έγινε φανερό ότι η εφαρμογή των παραπάνω τεχνολογιών για την υποστήριξη των οργανωτικών δομών και λειτουργιών, οδηγεί στην απλή αυτοματοποίηση των υφιστάμενων διαδικασιών. Μπορεί μεν να επιφέρει βελτίωση στην αποτελεσματικότητα και την απόδοση του διοικητικού συστήματος, όμως δεν αξιοποιεί παρά μόνον ένα ελάχιστο μέρος των δυνατοτήτων, που οι νέες τεχνολογίες παρέχουν. Αντίθετα, βέλτιστη χρήση και αξιοποίηση μπορεί να υπάρξει μόνον όταν η τεχνολογία συνδυάζεται με έναν εκ βάθρων ανασχεδιασμό των διοικητικών δομών και διαδικασιών, με γνώμονα ακριβώς τις δυνατότητες των Τεχνολογιών Πληροφορικής & Επικοινωνιών. Έτσι, από την απλή «μηχανοργάνωση» των Δημόσιων Υπηρεσιών τα δημόσια διοικητικά συστήματα περνούν στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση, δηλαδή την «προώθηση της εκτεταμένης χρήσης των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών στη δημόσια διοίκηση, σε συνδυασμό με οργανωτικές αλλαγές και νέες δεξιότητες, με σκοπό τη βελτίωση της εξυπηρέτησης του κοινού, την ενδυνάμωση της δημοκρατίας και την υποστήριξη των δημόσιων πολιτικών.

Αναμφίβολα προκύπτουν θέματα – προβλήματα. Η μελέτη αλλά και η πιθανή πρόβλεψη τέτοιων προβλημάτων μπορεί να δώσει λύσεις και ορθότερες υλοποιήσεις. Οι μεθοδολογίες μοντελοποίησης και προσομοίωσης είναι

‘εργαλεία’ χρήσιμα για τέτοιες μελέτες. Γνωρίζοντας σε βάθος τεχνικές προσομοίωσης και μοντελοποίησης εξετάζουμε ποιες από αυτές, πως και κατά πόσο, μπορούν να είναι χρήσιμες στην πρόβλεψη κοινωνικών συστημάτων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

### 1.1. ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας μελετούμε και αναλύουμε έννοιες όπως Προσομοίωση, Σύστημα, Μοντέλο, Μοντελοποίηση, Κοινωνικά Συστήματα, Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση. Επιλέγουμε από την Διεθνή & Ελληνική βιογραφία, αναλύουμε τις πιο διαδεδομένες τεχνικές και μεθοδολογίες μοντελοποίησης και προσομοίωσης. Μελετάμε τις μεθοδολογίες από την οπτική της καταλληλότητας τους σε συγκεκριμένες κατηγορίες προβλημάτων, κυρίως προβλημάτων Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης.

Στόχος μας είναι να καταφέρουμε να έχουμε συμπεράσματα για την εφαρμοσιμότητα των τεχνικών και μεθοδολογιών σε διαφορετικές τυπολογίες προβλημάτων.

Παράλληλα καταγράφουμε τα προβλήματα που προκύπτουν κατά την ανάπτυξη και εφαρμογή των ανάλογων μοντέλων σε κάθε μεθοδολογία.

Εξετάζουμε την εφαρμογή αυτών των μεθοδολογιών σε συστήματα που αφορούν το κοινωνικό σύνολο [ Κοινωνικά Συστήματα ].

- Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων στα οποία μπορεί να έχουν εφαρμογή οι παραπάνω τεχνικές είναι :
  - Αφομοίωση τεχνολογίας από την κοινωνία ή μέρος αυτής.
  - Χρήση ψηφιακών υπηρεσιών
  - Συμμετοχή των πολιτών στη διακυβέρνηση
  - Αποδοτικότητα των τεχνολογικών υποδομών και επενδύσεων  
Τεχνολογιών Πληροφορικής & Επικοινωνιών σε ευρεία κλίμακα.

Στη συνέχεια αυτής της εργασίας και βασιζόμενοι στη μελέτη των προαναφερθέντων θεμάτων επιχειρούμε να ταξινομήσουμε τις μεθοδολογίες αναφορικά με το πεδίο εφαρμογής τους. Ολοκληρώνοντας την εργασία θέλουμε να έχουμε κάποια συμπεράσματα για τις μεθοδολογίες όπως υφίστανται ως τώρα αλλά και για τις μελλοντικές τάσεις.

Ελπίζουμε πως θα μπορέσουμε να βοηθήσουμε τον αναγνώστη να κατανοήσει τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθοδολογιών, να γνωρίσει και να κατανοήσει τα δομικά τους συστατικά και τις δυνατότητες που προσφέρει. Εκτιμούμε πως το λιγότερο, η εργασία αυτή θα αποτελέσει ένα καλό ερέθισμα για τον αναγνώστη που θέλει να ασχοληθεί με θέματα μοντελοποίησης και μεθοδολογίες προσομοίωσης.

## 1.2. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε 8 κεφάλαια. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός της έννοιας της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης και περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά. Γίνεται αναφορά στις υπηρεσίες και τα πλεονεκτήματα. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται. Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο καθορίζεται η έννοια του συστήματος και των χαρακτηριστικών του. Παρουσιάζεται μια ταξινόμηση των συστημάτων. Ιδιαίτερη θέση στο κεφάλαιο αυτό έχουν τα κοινωνικά συστήματα. Αναφορά γίνεται επίσης στα όρια και το περιβάλλον του συστήματος. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται λόγος για τα μοντέλα και της μεθοδολογίες μοντελοποίησης, τους τύπους μοντέλων, ταξινόμηση μοντέλων καθώς και για την αντιστοιχία μοντέλου συστήματος. Το 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην προσομοίωση. Εδώ αναλύεται η έννοια της προσομοίωσης, οι εφαρμογές, τα στάδια υλοποίησης προσομοίωσης, τα προβλήματα στην πορεία υλοποίησης καθώς και οι εφαρμογές της προσομοίωσης. Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύονται οι διάφορες μεθοδολογίες όπως αυτές είναι καταγεγραμμένες στη βιβλιογραφία. Εδώ αναλύονται μεθοδολογίες όπως Monte Carlo, System Dynamics, Agent based, Microanalytical κ.α. Στο κεφάλαιο 7. δίνονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις αυτής της εργασίας. Τέλος, στο 8ο κεφάλαιο αναφέρονται οι πηγές της εργασίας.

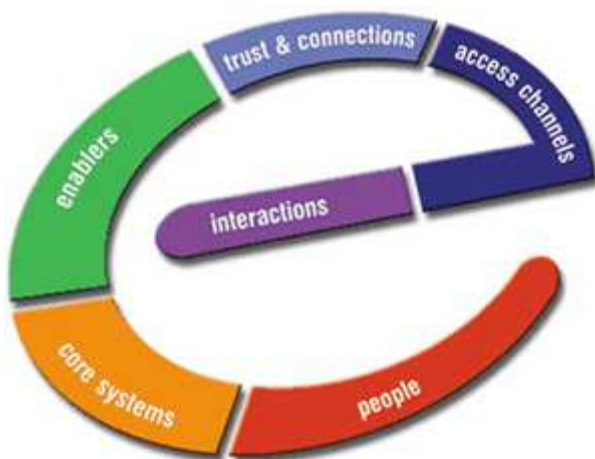
# 2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ

## 2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ (E-GOVERNMENT)

Στη ψηφιακή εποχή που ζούμε η χρήση του διαδικτύου έχει δώσει διαφορετική φύση στην έννοια της πληροφορίας, επηρεάζοντας, με τη σειρά της, τις έννοιες της διακυβέρνησης και της συμμετοχικής δημοκρατίας.

Οι συντονισμένες προσπάθειες από την πλευρά της Ευρωπαϊκής Ένωσης εκφράζονται κυρίως με το δεκαετές πρόγραμμα της «Κοινωνίας Της Πληροφορίας», το οποίο καθοδηγείται από σχέδια δράσης όπως το eEurope και το i2010. Επίσης έχει θεσπιστεί Ευρωπαϊκό παρατηρητήριο Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης για την επίβλεψη του προόδου των σχεδιασμών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η «ψηφιακή φιλοσοφία» που υιοθετείται στα κράτη και η ανάπτυξη της τηλεπικοινωνιακής υποδομής οδήγησαν στις συντονισμένες προσπάθειες και πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη on-line διακυβέρνησης, με σκοπό την εξάλειψη προβλημάτων όπως αυτό της γραφειοκρατίας που παρατηρείται στις συναλλαγές του πολίτη με τις δημόσιες υπηρεσίες.

## 2.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ (E-GOVERNMENT)



Με τον όρο **ηλεκτρονική διακυβέρνηση<sup>1</sup>** (*e-government*) χαρακτηρίζεται γενικά η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών πληροφορικής στη δημόσια διοίκηση και οι νέες διοικητικές πρακτικές, τις οποίες οι τεχνολογίες

<sup>1</sup> Πηγή : [http://el.Wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρονική\\_Διακυβέρνηση](http://el.Wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρονική_Διακυβέρνηση)

αυτές εισήγαγαν. Ο όρος αυτός δημιουργήθηκε με τις γενικότερες πρακτικές, σύμφωνα με τις οποίες τοποθετείται το επίθετο «ηλεκτρονικό-ή» (“e”) με σκοπό να δώσει έμφαση στον ηλεκτρονικό τρόπο παραγωγής και διανομής των υπηρεσιών.

Υπάρχουν δύο φιλοσοφικές αντιλήψεις σχετικά με την Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση. Για κάποιους Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση είναι «η εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών του ηλεκτρονικού εμπορίου στη λειτουργία της διακυβέρνησης». Αυτή η αντίληψη εστιάζει στη πρακτική αποδοτικότητα και στη μείωση του κόστους, όπως αυτές που μπορούν για παράδειγμα να προέλθουν από την ηλεκτρονική κατάθεση της φορολογικής δήλωσης και τον ηλεκτρονικό εφοδιασμό. Για κάποιους άλλους, η Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση έχει τη δυναμική να «βελτιώσει τη δημοκρατική συμμετοχή» και να «υπερκεράσει τη πολιτική αποστασιοποίηση». Η αντίληψη αυτή εστιάζει σε πρωτοβουλίες που θα φέρουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των διάφορων μορφών διακυβέρνησης και του πολίτη σε νέα επίπεδα. Εμείς υιοθετούμε τη δεύτερη αντίληψη, μάλιστα ολοκληρώσαμε τη μελέτη μας βασιζόμενοι σε αυτή την αντίληψη.

Ο Don Tapscott<sup>2</sup> δίνει μια διαφορετική έκφραση του ορισμού για το e-Government : «Η διαδικτυωμένη κυβέρνηση η οποία συνδυάζει την νέα τεχνολογία με συστήματα εσωτερικής κληρονομιάς και με την σειρά της συνδέει τις κυβερνητικές πληροφοριακές υποδομές προς τα έξω με οτιδήποτε ψηφιακό και με οποιονδήποτε, όπως τον φορολογούμενο, τους προμηθευτές, τους πελάτες, τους ψηφοφόρους και κάθε άλλο θεσμό της κοινωνίας, αλλά και σχολεία, εργαστήρια, μέσα μαζικής ενημέρωσης, νοσοκομεία, άλλες κυβερνήσεις και άλλα κράτη του κόσμου».

Συμπερασματικά, Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση είναι ο μετασχηματισμός των εσωτερικών και εξωτερικών σχέσεων του δημόσιου τομέα μέσω των τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών, με σκοπό την βελτίωση των παρεχομένων υπηρεσιών προς τον πολίτη και τις επιχειρήσεις. Αυτό, βέβαια,

---

<sup>2</sup> Don Tapscott (born 1947) is a Canadian business executive, author, consultant and speaker based in Toronto, Ontario, specializing in business strategy, organizational transformation and the role of technology in business and society.

απαιτεί σημαντική αναδιοργάνωση και η βελτίωση των παρεχομένων υπηρεσιών, δεν σημαίνει απλώς αυτοματοποίησή τους αλλά κάτι πολύ περισσότερο από αυτό.

Όμως η Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση μπορεί να αφορά ευρύτερο τομέα εκτός των δημόσιων υπηρεσιών, καθώς μπορεί να περιλάβει την τοπική αυτοδιοίκηση, μη κυβερνητικές οργανώσεις και οποιαδήποτε δράση κοινωφελούς χαρακτήρα.

Τέλος, ο τρόπος εξυπηρέτησης είναι βασισμένος στον επανασχεδιασμό των διαδικασιών επικοινωνίας με τις δημόσιες υπηρεσίες μέσω των τεχνολογιών, όχι μόνο του διαδικτύου, αλλά και άλλων όπως κέντρα τηλεφωνικής εξυπηρέτησης και αμφίδρομη τηλεόραση.

### 2.3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ, ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ

---

Οι υπηρεσίες της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης περιλαμβάνουν βασικές αρχές και στοιχεία τα οποία επαληθεύουν την ιδανική λειτουργία της. Μερικές από τις βασικές αρχές είναι οι εξής:

Οι υπηρεσίες πρέπει να :

- είναι υψηλής ποιότητας
- να αφορούν τον πολίτη
- είναι επικεντρωμένες σε αυτόν
- βασίζονται σε μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα παροχής ηλεκτρονικών υπηρεσιών η οποία είναι απαραίτητο να διαθέτει «κοινές» διαδικασίες και τεχνολογίες που μπορούν να αλληλεπιδρούν με ασφαλή και ομογενοποιημένο τρόπο.
- είναι προσβάσιμες μέσω πολλαπλών καναλιών επικοινωνίας (όπως διαδίκτυο, τηλεφωνικά κέντρα, κινητά τηλέφωνα).
- εξαφανίζεται κάθε είδους κοινωνικός αποκλεισμός,
- είναι διαθέσιμες σε όλους
- είναι εύκολες στην χρήση

- ο παρέχουν ευκολία και αμεσότητα στην πρόσβαση
- ο προσφέρουν εξυπηρέτηση ανεξάρτητη του τόπου και του χρόνου σε καθολική μορφή.
- ο παρέχουν την απαιτούμενη ασφάλεια κατά την διάρκεια των συναλλαγών, καθώς είναι ζωτικής σημασίας η εμπιστοσύνη των ανθρώπων στα συστήματα που χρησιμοποιούνται.
- ο διαθέτουν μηχανισμούς ταυτοπροσωπίας ώστε να διασφαλίζεται η προστασία των προσωπικών δεδομένων.

Όσον αφορά στην πλήρη εκμετάλλευση των υπηρεσιών ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης είναι απαραίτητη η τήρηση ορισμένων ελάχιστων απαιτήσεων.

Το πιο βασικό είναι οι υπηρεσίες της δημόσιας διοίκησης να διαθέτουν την απαραίτητη τεχνολογική υποδομή ώστε να παρέχουν τη δυνατότητα ηλεκτρονικής εξυπηρέτησης. Συνακόλουθα οι διαδικασίες της πρέπει να έχουν την κατάλληλη δομή και διασύνδεση ώστε να μπορούν να αξιολογούν τις Τεχνολογίες Πληροφορικής & Επικοινωνιών, ενώ και τα στελέχη πρέπει να είναι τεχνολογικά καταρτισμένα για να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις και αρμοδιότητες του ρόλου τους. Από την άλλη πλευρά βέβαια οι πολίτες και οι επιχειρήσεις πρέπει να έχουν πρόσβαση σε υπολογιστικά συστήματα και επικοινωνιακά μέσα που θα έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Τέλος πρέπει να διαθέτουν τις βασικές γνώσεις πληροφορικής ώστε να μπορούν να κάνουν χρήση των ηλεκτρονικών υπηρεσιών που θα τους παρέχονται.

Τα βασικά στοιχεία που οι υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης θα πρέπει να περιλαμβάνουν είναι τα εξής:

- ο Ηλεκτρονική συμπλήρωση και αποστολή αιτήσεων.
- ο Ηλεκτρονικές εγγραφές στα δημόσια αρχεία νέων προσωπικών δεδομένων (όπως γάμοι, γεννήσεις κ.τ.λ.), και στοιχείων ιδιωτικών επιχειρήσεων.
- ο Ηλεκτρονικές οικονομικές δοσοληψίες με το δημόσιο.
- ο Ηλεκτρονικοί διαγωνισμοί.

- ο Στήριξη υπηρεσιών δημόσιας υγείας και πρόνοιας μέσω ηλεκτρονικού προσωπικού φακέλου.

#### 2.4. ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΚΑΙ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ

---

Υπάρχουν τέσσερα επίπεδα κατάταξης και ωριμότητας των υπηρεσιών του e-Government σε ότι αφορά την εσωτερική λειτουργία του. Αυτά είναι τα εξής:

**► Στάδιο 1 - Πληροφόρηση: Ηλεκτρονική πληροφόρηση για τις παρεχόμενες υπηρεσίες**

Παρέχουν μόνο πληροφοριακό υλικό για τον τρόπο διεκπεραίωσης της υπηρεσίας. Οι πληροφορίες αφορούν τα δικαιολογητικά που πρέπει να προσκομιστούν, τους φορείς που εμπλέκονται για την ολοκλήρωση της υπηρεσίας, τη σειρά εκτέλεσης των συναλλαγών που περιλαμβάνει η υπηρεσία, κλπ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα υπηρεσίας επιπέδου 1 είναι η ενημέρωση από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης για τα δικαιολογητικά που χρειάζονται για τη χορήγηση πιστοποιητικού γέννησης.

**► Στάδιο 2 - Αλληλεπίδραση: Λήψη (μεταφόρτωση - downloading) εντύπων**

Παρέχουν πληροφοριακό υλικό για τον τρόπο διεκπεραίωσης της υπηρεσίας καθώς και επίσημο υλικό (πρότυπα αιτήσεων, βεβαιώσεων, κλπ) το οποίο οι χρήστες μπορούν να κατεβάσουν στον υπολογιστή τους, να το τυπώσουν και να το χρησιμοποιήσουν κατά τη συναλλαγή τους με το φορέα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ένα μεγάλο μέρος των υπηρεσιών που παρέχονται από τα Κ.Ε.Π. και περιλαμβάνουν τα έντυπα των αιτήσεων με δυνατότητα τοπικής αποθήκευσης στον υπολογιστή, όπως για παράδειγμα η χορήγηση αντιγράφου πτυχίου πανεπιστημίου για στρατολογία ή άλλη χρήση.

**► Στάδιο 3 Αμφίδρομη αλληλεπίδραση: επεξεργασία εντύπων,**

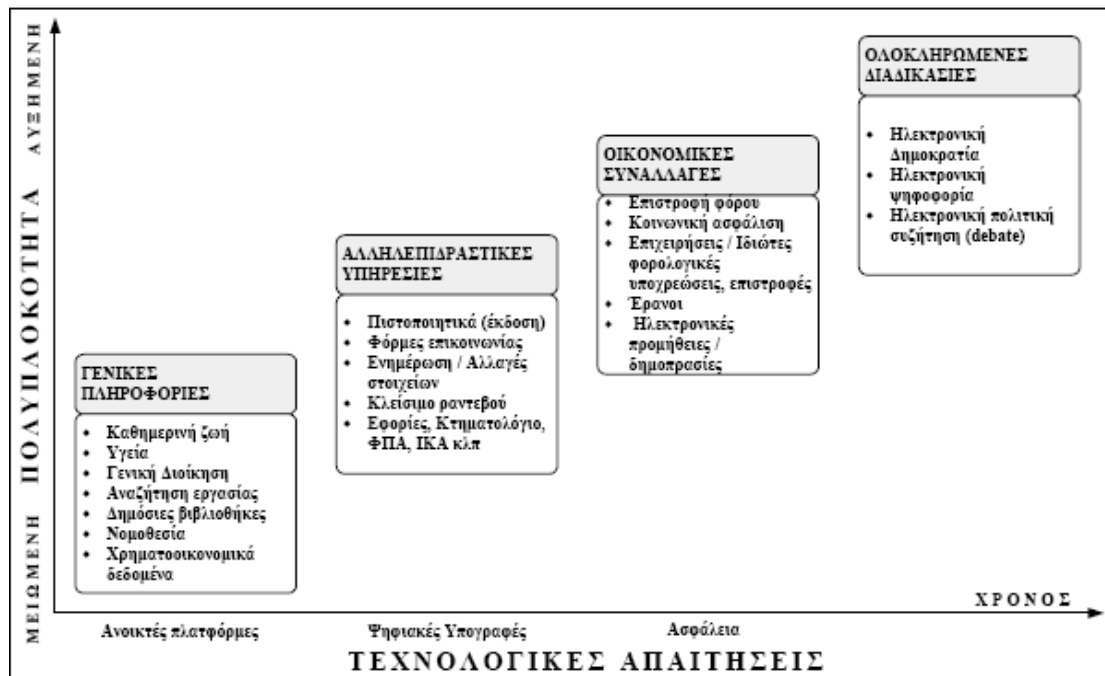


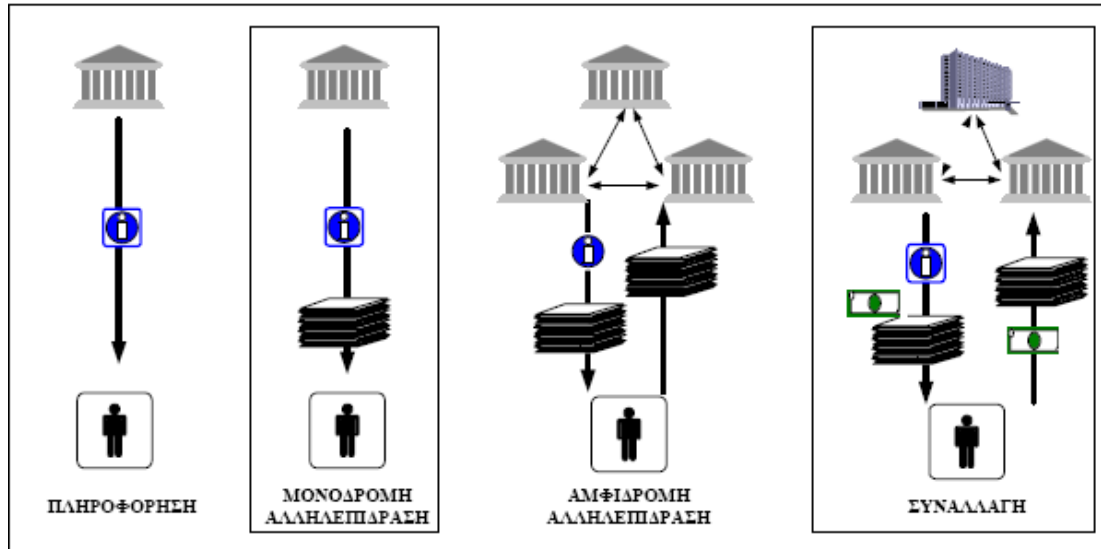
### συμπεριλαμβανομένης και της ταυτοποίησης

Εκτός από πληροφορίες, προσφέρουν online φόρμες για συμπλήρωση και ηλεκτρονική αποστολή. Δεδομένου ότι περιλαμβάνουν online υποβολή στοιχείων από μέρους του χρήστη, προϋποθέτουν μηχανισμό αναγνώρισης, ταυτοποίησης και προστασίας των δεδομένων που αποστέλλει ο χρήστης της υπηρεσίας. Παράδειγμα υπηρεσίας επιπέδου 3 είναι η ηλεκτρονική αναζήτηση εργασίας από το δικτυακό τόπο του ΟΑΕΔ.

### ► Στάδιο 4 Συναλλαγή: Διεκπεραίωση αιτημάτων, ολοκλήρωση συναλλαγών και πληρωμή

Εκτός από φόρμες αποστολής στοιχείων, υποστηρίζουν λειτουργίες όπου ο χρήστης αυτού του επιπέδου, συνεπάγεται τη δυνατότητα της πλήρους υποκατάστασης της αντίστοιχης μη ηλεκτρονικής υπηρεσίας. Παράδειγμα υπηρεσίας επιπέδου 4 αποτελεί η συμπλήρωση και κατάθεση της φορολογική δήλωσης.





Διάγραμμα 2.1 : Επίπεδα εξέλιξης και ωριμότητας των υπηρεσιών της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης

► **Στάδιο 5 Προσωποποίηση: Προληπτική, στοχευμένη παροχή υπηρεσιών**

Το κράτος προβαίνει προληπτικά σε δράσεις με στόχο να προάγει την ποιότητα παροχής της υπηρεσίας και το βαθμό φιλικότητάς της προς το χρήστη, ενώ γίνεται και αυτόματη εκτέλεση ορισμένων υπηρεσιών, απαλλάσσοντας από τις αντίστοιχες ενέργειες τον πολίτη ή την επιχείρηση.

► **Το 5ο στάδιο ψηφιακής ολοκλήρωσης** μιας υπηρεσίας προστέθηκε και μετρήθηκε για πρώτη φορά στην έκθεση του 2007, έχει νόημα για ορισμένες μόνο υπηρεσίες, και εκφράζει τις ακόλουθες δύο διαστάσεις:

- ο Την **προληπτική παροχή υπηρεσιών** (proactive service delivery), όπου δηλαδή το κράτος προχωρά προληπτικά σε δράσεις για να αναβαθμίσει την παροχή της υπηρεσίας και τη φιλικότητά της προς το χρήστη. Παραδείγματα τέτοιων δράσεων αποτελούν η έγκαιρη ειδοποίηση του πολίτη/ χρήστη σε περίπτωση που πρέπει να προβεί σε κάποια ενέργεια, η προ-συμπλήρωση δεδομένων σε αιτήσεις του χρήστη προς το Δημόσιο, κ.α.

- ο Την **αυτόματη παροχή υπηρεσιών**, όπου το κράτος παρέχει αυτόματα συγκεκριμένες υπηρεσίες χωρίς να απαιτείται ο πολίτης (ή η επιχείρηση) να τις ζητήσει. Επίσης, ενώ μέχρι τώρα εξεταζόταν η άμεση συναλλαγή του πολίτη (επιχείρησης) με το Δημόσιο, πλέον λαμβάνεται υπόψη και η ύπαρξη ενδιάμεσων (intermediaries) που συναλλάσσονται με το Δημόσιο για λογαριασμό του αιτούντα (**Στάδιο 4B**).

## 2.5. ΤΥΠΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ

Ο κλασικός νόμος της προσφοράς και ζήτησης μπορεί να αποτυπώσει την παροχή ηλεκτρονικών υπηρεσιών από το Κράτος. Οι κρατικές υπηρεσίες βρίσκονται στην πλευρά της προσφοράς ενώ όλες εκείνες οι οντότητες με τις οποίες αλληλεπιδρά το Κράτος, δηλαδή πολίτες, επιχειρήσεις, αλλά και άλλα Κράτη βρίσκονται στην πλευρά της ζήτησης. Είναι με λίγα λόγια οι καταναλωτές τους οποίους το Κράτος οφείλει να ικανοποιήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Σε ότι αφορά τους τύπους των υπηρεσιών και τις μορφές συναλλαγών, υπάρχουν τα ακόλουθα τρία βασικά μοντέλα:

### 1. Κυβέρνηση προς Κυβέρνηση (Government to Government G2G).

Αφορά τις σχέσεις μεταξύ των δημόσιων οργανισμών και όλες εκείνες τις δραστηριότητες που θα βελτιώσουν και θα αναβαθμίσουν τις υπηρεσίες της κυβέρνησης και θέτουν τις βάσεις για την ηλεκτρονική εξυπηρέτηση πολιτών και επιχειρήσεων. Κάποιες δραστηριότητες που περιλαμβάνει είναι οι εξής:

- ο Διευκόλυνση και αυτοματοποίηση δια-υπηρεσιακών συναλλαγών.
- ο Απάλειψη επικαλύψεων και αρμοδιοτήτων.
- ο Εύκολη και γρήγορη διακίνηση πληροφοριών.
- ο Εύκολη και γρήγορη διακίνηση εγγράφων.
- ο Απλούστευση διαδικασιών.

## 2. Κυβέρνηση προς Πολίτη (Government to Citizens G2C)

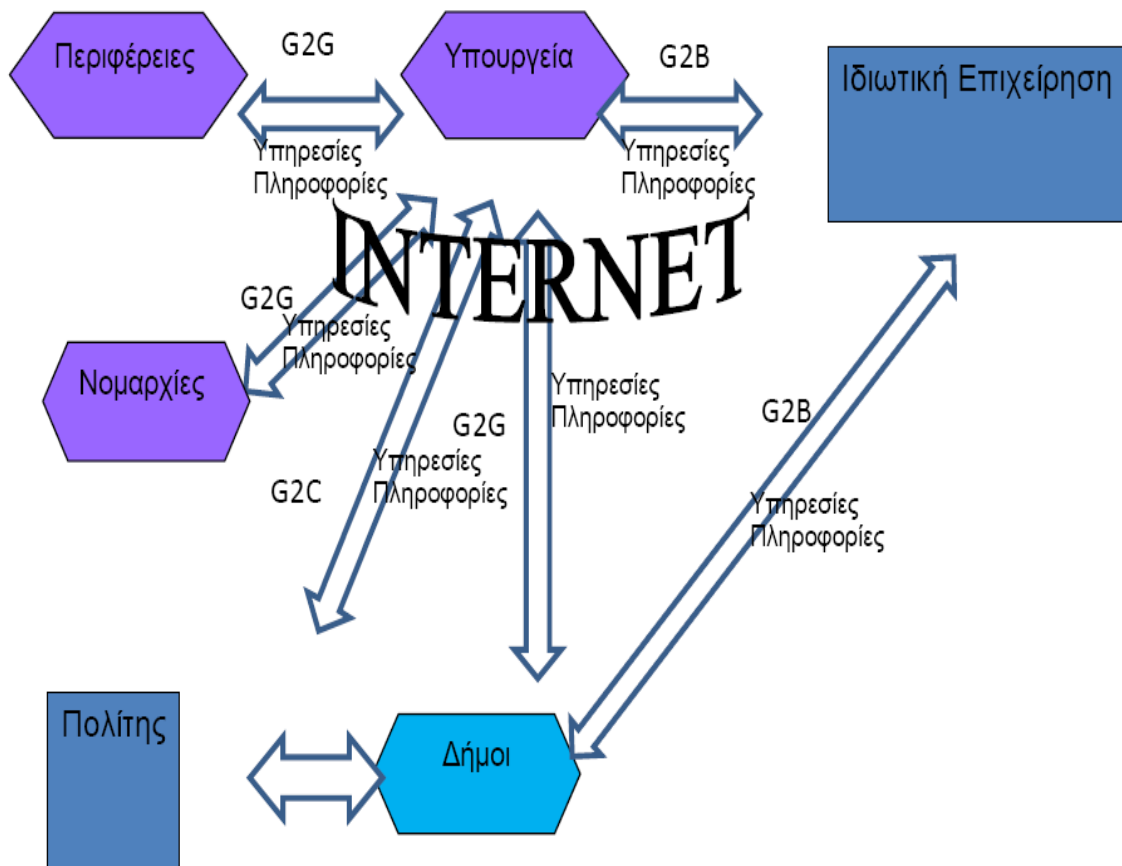
Αφορά τις σχέσεις μεταξύ των δημόσιων οργανισμών και των πολιτών. Βασικό αντικείμενο εδώ αποτελεί η διαχείριση των σχέσεων με τους πολίτες. Περιλαμβάνει κάποιες ή το σύνολο των παρακάτω δραστηριοτήτων:

- Ηλεκτρονική παροχή πληροφοριών.
- Ηλεκτρονική πιστοποίηση πολιτών.
- Ηλεκτρονική υποβολή αιτήσεων.
- Ηλεκτρονική έκδοση πιστοποιητικών.
- Δυνατότητα ηλεκτρονικής πληρωμής.

## 3. Κυβέρνηση προς Επιχειρήσεις (Government to Business G2B)

Αναφέρεται στις σχέσεις μεταξύ δημόσιων οργανισμών και ιδιωτικών επιχειρήσεων. Εδώ το βασικό αντικείμενο είναι οι συνεργασίες, κοινές δραστηριότητες και πρακτικές, σε εθνικό αλλά και διεθνές επίπεδο. Περιλαμβάνει το σύνολο ή μέρος των παρακάτω δραστηριοτήτων:

- Ηλεκτρονική παροχή πληροφοριών ενημέρωσης.
- Ηλεκτρονική πιστοποίηση της επιχείρησης και άδειες λειτουργίας.
- Ηλεκτρονικές προμήθειες.
- Διευκόλυνση και αυτοματοποίηση των εμπορικών συναλλαγών.



*Διάγραμμα 2.2- Σχηματική απεικόνιση για τους τύπους υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης*

## 2.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ

Η ποιοτική εξυπηρέτηση του Πολίτη αποτελεί πλέον μία από τις βασικές προτεραιότητες της Πολιτείας, με τις Τεχνολογίες της Πληροφορικής και των Τηλεπικοινωνιών, να καλούνται να παίξουν ένα σημαντικό και υποστηρικτικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή. Η αναβάθμιση στον τρόπο λειτουργίας των Οργανισμών αλλά και στον τρόπο επικοινωνίας των Πολιτών με αυτούς, είναι βασική προϋπόθεση για μια σύγχρονη Δημόσια Διοίκηση. Η Ηλεκτρονική διακυβέρνηση καταρχήν διευκολύνει την επίτευξη καλύτερης και αποτελεσματικότερης διοίκησης. Όμως η ηλεκτρονική διακυβέρνηση προσφέρει

στο Δημόσιο Τομέα τη δυνατότητα να διατηρήσει και να ενισχύσει την ορθή διακυβέρνηση στην κοινωνία της γνώσης που συνεπάγεται :

- ο Ανοικτό και διεπόμενο από διαφάνεια Δημόσιο Τομέα.
- ο Δημόσιο τομέα στην υπηρεσία όλων(καθολική πρόσβαση).
- ο Παραγωγικό Δημόσιο Τομέα που να αξιοποιεί όσο το δυνατόν καλύτερα τα χρήματα των φορολογουμένων.

Στόχος της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης πρέπει να είναι η αποκόμιση στρατηγικών, διοικητικών και λειτουργικών οφειλών.

1. Στρατηγικά οφέλη είναι αυτά που προσφέρουν στην Κυβέρνηση πλεονεκτήματα έναντι της παραδοσιακής λειτουργικής μορφής διακυβέρνησης. Αυτά είναι :

- ο Βελτίωση της ανταπόκρισης προς τους πολίτες.
- ο Αύξηση της ικανοποίησης των πολιτών : ταχύτητα, αξιοπιστία, συνέπεια, ευελιξία και ταυτόχρονα τυποποίηση προσ αυξάνουν την εμπιστοσύνη και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών προς τους πολίτες.
- ο Βελτίωση συνεργασιών.

2. Διοικητικά οφέλη είναι αυτά που σχετίζονται με την αναβάθμιση των εσωτερικών δομών διαχείρισης των κυβερνητικών διαδικασιών. Αυτά είναι :

Μείωση κόστους – επικοινωνίας και συναλλαγών.

Μείωση του χρόνου ανταπόκρισης στα αιτήματα των πολιτών

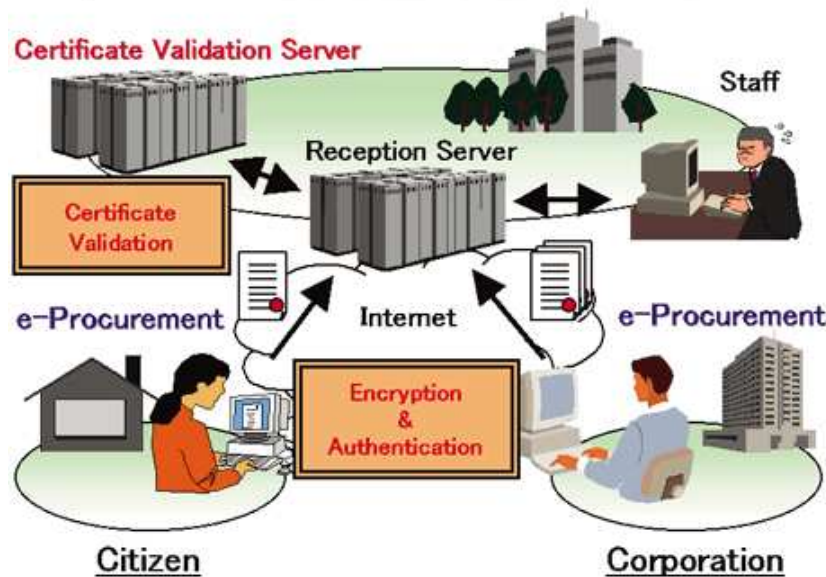
Υποστήριξη νέων συνεργασιών – μεταξύ Δημόσιων Υπηρεσιών, κρατών κτλ.

3. Λειτουργικά οφέλη είναι αυτά που αφορούν αποκλειστικά στη λειτουργία της Πολιτείας.

- ο Βελτίωση του κοινωνικού προφίλ της.

- ο Αυτοματοποίηση διαδικασιών.
- ο Ελαχιστοποίηση λαθών.
- ο Καλύτερη χρήση της γνώσης.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης



είναι σημαντικά για τους πολίτες και τις επιχειρήσεις αλλά και για το θεσμό της Δημοκρατίας, δίνοντας λύσεις σε προβλήματα που διαιωνίζονταν στην κοινωνία μας και

ταλαιπωρούσαν τον κάθε πολίτη. Κάποια από τα οφέλη για κάθε ομάδα είναι τα εξής :

Για τους πολίτες:

- ο Γρήγορη και άμεση εξυπηρέτηση, με μείωση των προβλημάτων γραφειοκρατίας που τον ταλαιπωρούσαν στις συναλλαγές του με τον δημόσιο τομέα.
- ο Βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσιών.
- ο Εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος από την αποφυγή των άσκοπων μετακινήσεων.
- ο Μεγαλύτερη διαφάνεια στις συναλλαγές του.
- ο Ενίσχυση της Δημοκρατίας και των θεσμών της, μέσω της συνεχούς εποπτείας από τους πολίτες, της αποφυγής της διαφθοράς, της συνεχούς

ανατροφοδότησης της Κυβέρνησης με τις απόψεις των πολιτών και την αμεσότερη συμμετοχή των πολιτών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

Για τις επιχειρήσεις:

- Εξοικονόμηση χρημάτων.
- Ταχύτερες συναλλαγές.
- Μικρότερο κόστος συναλλαγών
- Αποφυγή γραφειοκρατικών συναλλαγών.

## 2.7. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ

---

Μερικά θέματα που αφορούν την κοινωνία και την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, είναι :

- Η Αφομοίωση των νέων τεχνολογιών , αναφερόμαστε στο πόσο εύκολα και σε πιο βαθμό μπορούν να αφομοιωθούν από τον πληθυσμό μιας χώρας, μιας συγκεκριμένης περιοχής, ή μιας συγκεκριμένης κατηγορίας πολιτών.
- Χρήση ψηφιακών υπηρεσιών από τον πληθυσμό μιας χώρας, μιας συγκεκριμένης περιοχής, ή μιας συγκεκριμένης κατηγορίας πολιτών.
- Συμμετοχή των πολιτών στη διακυβέρνηση
- Αποδοτικότητα των τεχνολογικών υποδομών και επενδύσεων σε Τεχνολογίες Πληροφορικής & Επικοινωνιών σε ευρεία κλίμακα
- Τα πιθανά αποτελέσματα που μπορεί να έχει η πιθανή ψήφιση ενός νομοσχεδίου.

Τα προηγούμενα θέματα καθώς και ένας μεγάλος ακόμη αριθμός τέτοιων θεμάτων μπορούν να μελετηθούν και αναλυθούν όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια με διαφορετικές μεθοδολογίες μοντελοποίησης και προσομοίωσης συστημάτων.



---

## 2.8. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ – ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ - ΜΟΝΤΕΛΑ

---

Είναι αναγνωρισμένο ότι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση έχει τη δυνατότητα να βοηθήσει τις κυβερνήσεις να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της σημερινής κοινωνίας όπως επίσης να βοηθήσει στη αναδιοργάνωση του Δημόσιου Τομέα. Εντούτοις όλη αυτή η δυναμική της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης δεν έχει ακόμη αξιοποιηθεί επιστημονικά και συστηματικά. Η έρευνα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης παραμένει μη συντονισμένη. Τεράστιες ποσότητες δεδομένων που βρίσκονται στη διάθεση των κρατών δεν είναι προσβάσιμα από την επιστημονική κοινότητα. Τα δεδομένα αυτά είναι για παράδειγμα προσωπικά στοιχεία των πολιτών, κρατικά, γεωλογικά – γεωγραφικά στοιχεία, στοιχεία Δήμων και Κοινοτήτων, στοιχεία για τον Τραπεζικό – Οικονομικό τομέα. Η χρησιμότητα – αξιοποίηση – εκμετάλλευση αυτού του τεράστιου όγκου δεδομένων θα μπορούσε να καλυτερεύσει την αποδοτικότητα του δημόσιου τομέα και την εξυπηρέτηση των πολιτών. Ταυτόχρονα η δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες επιτρέπει και διευκολύνει τη δημιουργία μοντελοποίησης κοινωνικών συστημάτων οδηγώντας σε δημιουργία νέων γνώσεων. Αυτές οι σκέψεις έχουν αναγνωριστεί τόσο στις Η.Π.Α. όσο και στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι γεγονός ότι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση θα βοηθήσει τις κυβερνήσεις να δώσουν περισσότερες πληροφορίες και καλύτερη εξυπηρέτηση σε πολίτες, εργαζόμενους, ιδιωτικούς και κρατικούς οργανισμούς. Ταυτόχρονα θα βελτιώσει τη συμμετοχή των πολιτών σε πολιτικές διαδικασίες και αποφάσεις εφόσον τους παρέχεται πρόσβαση, καλύτερη ποιότητα και ποσότητα πληροφοριών.

Η σημερινή κατάσταση της έρευνας παραμένει ανώριμη. Λόγω της τεράστιας σημασίας η επιστημονική κοινότητα θα χρειαστεί προχωρημένες μεθόδους έρευνας αλλά και εργαλείων ώστε να μπορέσει να αξιοποιήσει τον τεράστιο όγκο των υπάρχοντων στοιχείων και να διαθέσει τις καινούριες απορρέουσες γνώσεις στις κυβερνήσεις και τη δημόσια διοίκηση.

---

## 2.9. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

---

Η ηλεκτρονική διακυβέρνηση δεν σημαίνει απλά την μεταβολή της γραφειοκρατίας σε ψηφιακή μορφή αλλά πολύ περισσότερο. Η μοντερνοποίηση της δημόσιας διοίκησης χρειάζεται άλλη πρόσβαση. Συνολικά λέμε ότι θα χρειαστεί η ίδρυση μιας εικονικής διοικητικής - υπερκλαδικής οντότητας η οποία θα ερευνά και θα είναι ικανή να επεξεργάζεται μεγάλο όγκο στοιχείων όπως και να συνδυάζει την εργασία επιστημόνων από διάφορους κλάδους. Επίσης απαιτείται ένα ενιαίο περιβάλλον με φιλική προς τον χρήστη πρόσβαση στην πληροφορία, αποθήκευση των στοιχείων, συστήματα προσομοίωσης και προβολής των αποτελεσμάτων. Το προτεινόμενο περιβάλλον προωθεί μια συνεργική πρόσβαση στην έρευνα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Οι τομείς που σχετίζονται είναι οι : Πληροφορική, Οικονομία, Νομική, Στατιστική, Κοινωνιολογία, κλπ. Οι συνεχείς ανταλλαγές γνώσεων θα δυναμώσουν τις σχέσεις ανάμεσα στο κράτος την επιστήμη και τους πολίτες εφόσον οι τελευταίοι θα επωφελούνται από την καλύτερη εξυπηρέτηση. Είναι εμφανές ότι το σημερινό κράτος δεν μπορεί να ανταπεξέλθει σε όλες τις απαιτήσεις της μοντέρνας κοινωνίας. Προϋποθέτοντας ότι το μελλοντικό περιβάλλον θα είναι πιο εύκολο στη διαχείριση, θα δίνεται και στους μη επαγγελματίες χρήστες η δυνατότητα να αξιοποιούν από μόνοι τους τις παρεχόμενες πληροφορίες αλλά και να συμβάλλουν οι ίδιοι στην καλύτερη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης προσφέροντας δικές τους πληροφορίες και γνώσεις. Η μεταφορά γνώσεων δεν θα είναι μονόδρομος. Διαμέσου του Web 2.0 ο πολίτης θα έχει την πιθανότητα να συμμετάσχει καλύτερα και ευρύτερα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, διαχείρισης κρίσεων κλπ. Μια τέτοια υποδομή θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει υπηρεσίες λειτουργικότητες και χαρακτηριστικά όπως τα παρακάτω :

- Πρόσβαση και χρήση σε μεγάλης κλίμακας στοιχείων και στατιστικών του Δημόσιου τομέα.
- Ενεργής χρήση των στοιχείων όπως και πειράματα προσομοίωσης βασισμένα σε αυτά τα στοιχεία.
- Υπερκλαδική έρευνα και ανάπτυξη νέων εργαλείων, υπηρεσιών και προσομοίωσης.

- Μοντελοποίηση διεργασιών του δημοσίου και μεταβολή τους σε νέα μοντέλα.
- Υπηρεσίες συνεργασίας όπως και εργαλεία που θέτουν τους ερευνητές, ομάδες χρηστών και ιδρύματα σε θέση να ανταλλάσουν γνώμες, εμπειρίες και γνώσεις.
- Χρησιμοποίηση των εργαλείων του Web 2.0 π.χ. πλατφόρμες συζήτησης (chat rooms), Wikies, εργαλεία κοινωνικής δικτύωσης (facebook) για ανταλλαγή πληροφοριών και επικοινωνία με τους πολίτες.
- Γρήγορη και αποτελεσματική πρόσβαση στα στοιχεία και στατιστικές ανεξαρτήτως από την τοποθεσία του χρήστη.

#### 2.10. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

---

- DATA.GOV - Discover. Engage. Participate. Available at: <http://www.data.gov>.
- Dawes S. 2008. 'An Exploratory Framework for Future E-government Research Investments'. In Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii.
- eEurope eGovernment subgroup meeting (3rd). 2004. 'CoBrA Recommendations to the eEurope Advisory Group: e-Government Beyond 2005 – Modern and Innovative Public Administrations in the 2010 horizon'. Retrieved July 31, 2009, from [http://www.epma.cz/Docs/eGovernment\\_beyond\\_2005.pdf](http://www.epma.cz/Docs/eGovernment_beyond_2005.pdf).
- EGEE Portal: Enabling Grids for E-science. Available at <http://www.eu-egee.org/>
- Eggers W.B. 2005. Government 2.0: Using Technology to Improve Education, Cut Red Tape, Reduce Gridlock, and Enhance Democracy. Rowman & Littlefield Publishers.
- Heeks R. and Bailura S. 2007. 'Analyzing e-government research: Perspectives, philosophies, theories, methods, and practice'. Government Information Quarterly, 24 (2): 243-265.

- Hoffa C., Mehta G., Freeman T., Deelman E., Keahey K., Berriman B. and Good J. 2008. 'On the Use of Cloud Computing for Scientific Workflows'. In Proceedings of the 4th IEEE International Conference on e-Science 2008, Indiana, USA.
- Janssen M. and Hjort-Madsen K. 2007. 'Analyzing Enterprise Architecture in National Governments: The cases of Denmark and the Netherlands'. In Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii.
- Ku L. W., Liang Y. T. and Chen H. H. 2006. 'Opinion Extraction, Summarization and Tracking in News and Blog Corpora'. In Proceedings of AAAI-2006 Spring Symposium on Computational Approaches to Analyzing Weblogs.
- Layne K. and Lee J. 2001. 'Developing fully functional E-government: A four stage model'. Government Information Quarterly, 18: 122-136.
- eGovernment Economics Project (eGEP). 2006. 'Expenditure Study, Final Version'. Retrieved from:
- Scholl H. J. 2008. 'Discipline or Interdisciplinary Study Domain? Challenges and Promises in Electronic Government Research'. In Chen H. (Ed.), Digital government: e-government research, case studies, implementation, 21-41. New York: Springer.
- Swedish Presidency of the European Union. 2009. 'Ministerial Declaration on eGovernment', approved unanimously in Malmö, Sweden, on 18 November 2009. Retrieved [http://www.se2009.eu/polopoly\\_fs/1.24306!menu/standard/file/Ministerial%20Declaration%20on%20eGovernment.pdf](http://www.se2009.eu/polopoly_fs/1.24306!menu/standard/file/Ministerial%20Declaration%20on%20eGovernment.pdf).
- Systems Dynamics Society. What is Systems Dynamics? Available at: [http://www.systemdynamics.org/what\\_is\\_system\\_dynamics.html](http://www.systemdynamics.org/what_is_system_dynamics.html).
- Traunmüller R. and Wimmer M. 2004. 'e-Government – A Roadmap for Progress'. In Mendes M.-J., Suomi R., Passos C. (Eds.), Digital Communities in a Networked Society: e-Commerce, e-Business and e-Government, (pp. 3-12). Kluwer Academic Publishers.
- UN Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), Division for Public Administration and Development Management. 2008. 'UN E-Government

Survey 2008: From E-Government to Connected Governance', New York, United Nations. Retrieved

<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/UN/UNPAN028607.pdf>

- Yannis Charalabidis, Department of Information and Communication Systems Engineering, University of Aegean, Greece, Ourania Markaki, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece, Fenareti Lampathaki, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece, Irini Mantzakou, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece, Dimitris Sarantis, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece Towards a Scientific Approach to e-Government Research.  
Towards a Scientific Approach to e-Government Research
- Yannis Charalabidis. 1, Panetto H. 2, Loukis E. 3, Mertins K. 4  
1 National Technical University of Athens, 2Research Centre for Automatic Control (CRAN), Nancy-University, CNRS 3Aegean University, 83200, Karlovassi, Samos, Greece Fraunhofer IPK, Pascalstr. 8 – 9, 10587 Berlin, Germany  
Interoperability Approaches for Enterprises and Administrations Worldwide
- Yannis Charalabidis, “Software Industry in Greece”, InfoComms Journal, Paris Match Publications, 1999
- Yannis Charalabidis, Lampathaki F., Sarantis D., Koussouris S., Dimitris Askounis D., “E-Government Services Composition Using Multi-faceted Metadata Classification Structures”, eGOV 2007 Conference, 2007

# 3

## ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

---

### 3.1. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΡΙΣΜΟΙ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

---



Επειδή ο όρος **σύστημα** χρησιμοποιείται σε ένα εξαιρετικά μεγάλο αριθμό περιπτώσεων δεν είναι εύκολο να δώσουμε ένα τόσο ευρύ ορισμό που να καλύπτει όλες αυτές τις περιπτώσεις και ταυτόχρονα να είναι αρκετά περιεκτικός ώστε να εξυπηρετεί συγκεκριμένες προσεγγίσεις. Παρακάτω

παραθέτουμε ορισμούς του «συστήματος» όπως έχουν καταγραφεί στην βιβλιογραφία.

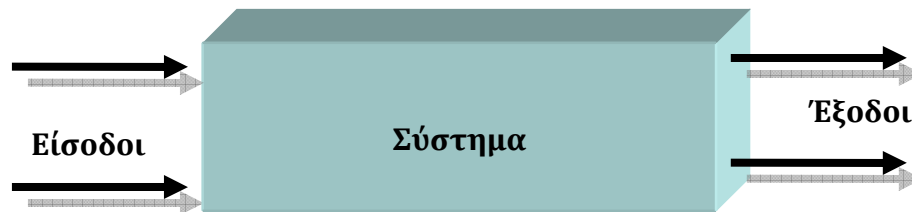
- **Σύστημα** είναι ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων στοιχείων τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους ή λειτουργούν συλλογικά για την επίτευξη κάποιου σκοπού.
- **Σύστημα** είναι ένα σύνολο από σώματα, πράγματα, έννοιες ή διαδικασίες που βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση, έτσι ώστε κάθε μεταβολή στο ένα από αυτά να έχει επίδραση σε ένα ή σε όλα τα άλλα.
- Ένα **σύστημα** αποτελεί συνάθροιση οντοτήτων - αντικειμένων υλικών ή αφηρημένων εννοιών, οι οποίες αποτελούν σύνολο και το κάθε στοιχείο αλληλεπιδρά ή συσχετίζεται τουλάχιστον με ένα ακόμη στοιχείο του συνόλου. Κάθε αντικείμενο που δεν συσχετίζεται - αλληλεπιδρά, με κανένα στοιχείο του συστήματος δεν αποτελεί μέρος του συστήματος. Ένα **υποσύστημα** είναι ένα σύνολο στοιχείων το οποίο αποτελεί σύστημα από μόνο του αλλά και μέρος του όλου συστήματος. Κάθε διαχωρισμός ή συσσώρευση πραγματικών αντικειμένων - οντοτήτων σε συστήματα είναι αυθαίρετη, ως εκ τούτου αποτελεί μία υποκειμενική αφαιρετική έννοια. Το

ερευνητικό γνωστικό πεδίο που ασχολείται με τη διεπιστημονική μελέτη συστημάτων και γενικών συστημικών ιδιοτήτων είναι η γενική θεωρία συστημάτων ή αλλιώς συστημική επιστήμη. Το πεδίο αυτό διερευνά την οργάνωση και τις αφηρημένες ιδιότητες της ύλης και της νόησης, αναζητώντας γενικές αρχές και έννοιες ανεξάρτητες από κάποιο συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο, την ουσία τους, τον τύπο τους ή τη χωρική/χρονική κλίμακα ύπαρξής τους.

- ο **Σύστημα** ονομάζεται ένα σύνολο στοιχείων τα οποία εξελίσσονται και αλληλεπιδρούν σύμφωνα με κάποιους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί εκφράζονται με μαθηματικές ή λογικές σχέσεις, και αποτελούν το μοντέλο του συστήματος. Κατάσταση είναι το σύνολο των μεταβλητών οι οποίες δίνουν την απαραίτητη πληροφορία για την περιγραφή του συστήματος.
- ο Ένα **Σύστημα** ορίζεται σαν μια συλλογή **οντοτήτων (entities)** που λειτουργούν μαζί με κάποια αλληλεπίδραση ή αλληλεξάρτηση για την επίτευξη κάποιου σκοπού. Στην περίπτωση που θέλουμε να μελετήσουμε ένα σύστημα θα πρέπει να μελετήσουμε τα **χαρακτηριστικά (attributes)** των οντοτήτων και τις **δραστηριότητες (activities)**. Μία δραστηριότητα αντιστοιχεί σε μία χρονική περίοδο συγκεκριμένης διάρκειας. Αν εξετάσουμε ως σύστημα την περίπτωση μιας τράπεζας, οντότητες του συστήματος είναι οι πελάτες. Κάποιο από τα χαρακτηριστικά τους είναι το υπόλοιπο του λογαριασμού τους ενώ μία δραστηριότητα τους μπορεί να είναι μία κίνηση κατάθεσης ή ανάληψης. Στο παράδειγμα της τράπεζας αν κάποιος θελήσει να μελετήσει το πόσα ταμεία απαιτούνται προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι πελάτες που θέλουν να κάνουν μόνο αναλήψεις ή καταθέσεις τότε το προς μελέτη σύστημά αποτελείται από τους ταμίες και τους πελάτες που περιμένουν στην ουρά για να εξυπηρετηθούν. Στην περίπτωση όμως που υπάρχει ενδιαφέρον και για τα δάνεια της τράπεζας τότε το σύστημα πρέπει να επεκταθεί και να συμπεριλάβει τους αντίστοιχους υπαλλήλους που έχουν ως αντικείμενό τους τα δάνεια, καθώς και τους πελάτες που περιμένουν στην αντίστοιχη ουρά των δανείων για να εξυπηρετηθούν. Το σύνολο των μεταβλητών που είναι απαραίτητες στην περιγραφή του συστήματος οποιαδήποτε χρονική στιγμή είναι η **κατάσταση (State)** του συστήματος.

Οποιοδήποτε στιγμιαίο συμβάν που μπορεί να αλλάξει την κατάσταση του συστήματος καλείται **γεγονός (event)**.

### 3.2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



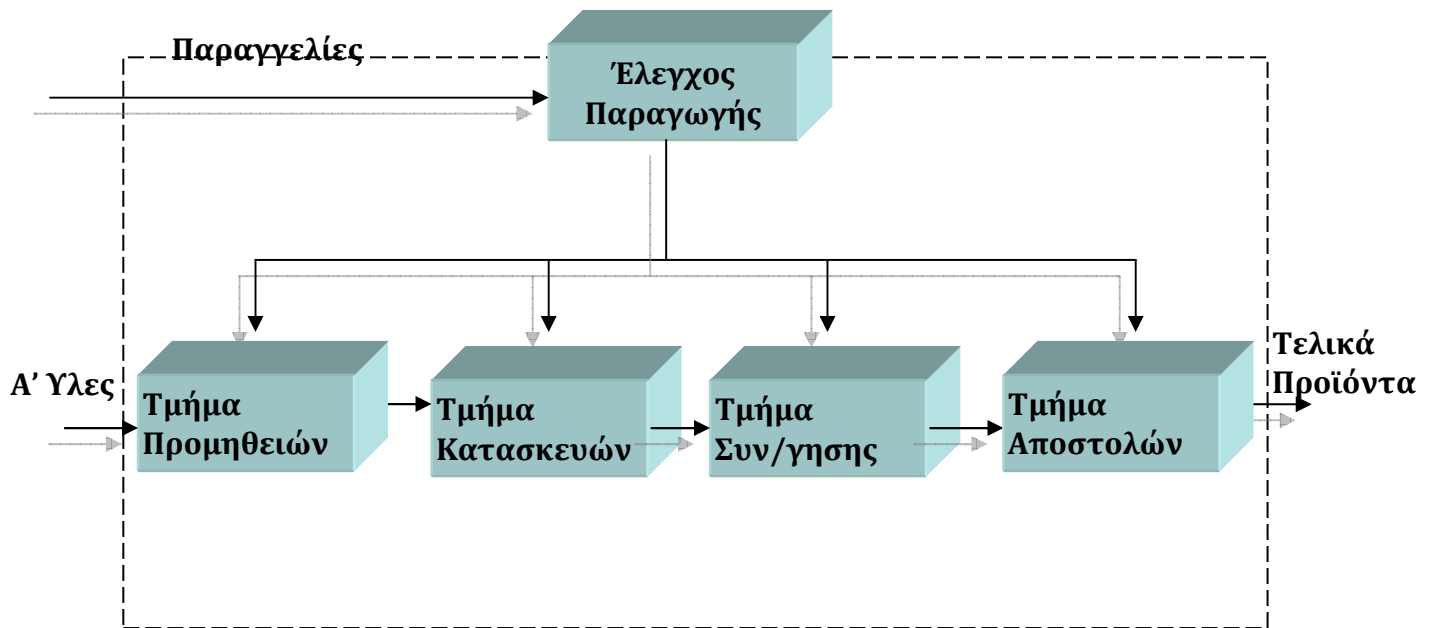
*Διάγραμμα 3.2.1 : Σχηματική παρουσίαση Συστήματος*

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.2.1 το σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος αποτελείται από ένα μπλοκ με εισόδους και εξόδους.

Η μελέτη συστημάτων αφορά την **ανάλυσή** τους όταν πρόκειται για υπάρχοντα συστήματα, ενώ όταν πρόκειται για συστήματα που βρίσκονται στο στάδιο της σχεδίασης αφορά τη **σύνθεσή** τους. Η **ανάλυση** ορίζεται ως ο καθορισμός των εξόδων του συστήματος όταν δοθούν οι εισοδοί του συστήματος. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται επομένως όταν είναι γνωστά τα στοιχεία του συστήματος και επιδιώκεται να διαπιστωθεί η λειτουργία του και να καθορισθεί η αξιοπιστία του, η ευαισθησία του, κτλ. Η **σύνθεση** ορίζεται ως ο καθορισμός των στοιχείων του συστήματος όταν δοθούν οι εισοδοί και οι αντίστοιχες σ' αυτές έξοδοι. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος.

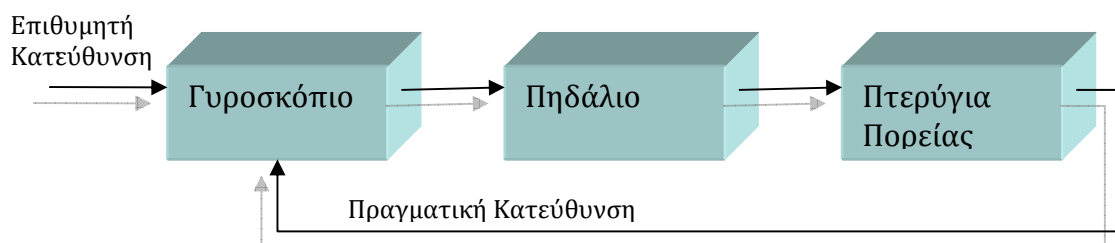
Αν στο διάγραμμα 3.2.1 θεωρήσουμε πως το σύστημα μας είναι ένα εργοστάσιο που παράγει προϊόντα τότε κάποιες εισοδοί στο σύστημα μας θα είναι οι παραγγελίες για νέα προϊόντα και οι πρώτες ύλες ενώ κάποιες έξοδοι θα είναι τα τελικά προϊόντα. Αντίστοιχα κάποιες από τις οντότητες του συστήματος είναι το τμήμα προμηθειών, τμήμα παραγωγής, τμήμα αποστολής, οι οποίες βρίσκονται μέσα στα όρια του συστήματος. Στο Διάγραμμα 3.2.2 : βλέπουμε σχηματικά ένα τέτοιο Σύστημα Παραγωγικής μονάδας Εργοστασίου.





Διάγραμμα 3.2.2 : Σύστημα Παραγωγικής μονάδας Εργοστασίου

Αν τώρα το σύστημα μας είναι ο αυτόματος πιλότος ενός αεροσκάφους τότε οι είσοδοι του συστήματος είναι οι παράμετροι της επιθυμητής κατεύθυνσης και έξοδος η ανάλογη κάθε φορά πραγματική κατεύθυνση. Οντότητες αυτού του συστήματος είναι : ένα γυροσκόπιο το οποίο συγκρίνει και καταγράφει κάθε φορά τη διαφορά μεταξύ της επιθυμητής και της πραγματικής κατεύθυνσης του αεροσκάφους στέλνοντας κατάλληλα σήματα σε μια δεύτερη οντότητα του συστήματος που είναι ο μηχανισμός πηδαλίου. Αποτέλεσμα της παραπάνω κίνησης είναι η επιδίωξη διόρθωσης της πορείας του αεροσκάφους με την στροφή των πτερυγίων - τρίτη οντότητα του συστήματος .



Διάγραμμα 3.2.3 : Σύστημα Αυτόματου Πιλότου αεροσκάφους  
 Κοινά στοιχεία των διαγράμματος 3.2.2, 3.2.3 αλλά και όλων των συστημάτων είναι τα συστατικά μέρη από τα οποία συντίθενται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ο όρος **στοιχείο**

**οντότητα (entity)** δηλώνει κάθε αντικείμενο του συστήματος το οποίο παίζει συγκεκριμένο ρόλο στην ανάλυση του συστήματος. Ο όρος **χαρακτηριστικό (attribute)** δηλώνει μια ιδιότητα της οντότητας. Καταλαβαίνουμε πως για κάθε μία οντότητα μπορεί να υπάρχουν πολλά χαρακτηριστικά. Ο όρος **Δραστηριότητα (activity)** αφορά κάθε διαδικασία η οποία προκαλεί αλλαγές στο σύστημα. Τέλος ο όρος **Κατάσταση του συστήματος (State of the System)** μας δίνει μια περιγραφή των χαρακτηριστικών του συστήματος μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Τελικά μπορούμε να πούμε πως **σύστημα** είναι το κομμάτι εκείνο της πραγματικότητας που αποτελεί αντικείμενο μιας μελέτης. Αποτελείται από συστατικά στοιχεία οντότητες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες.

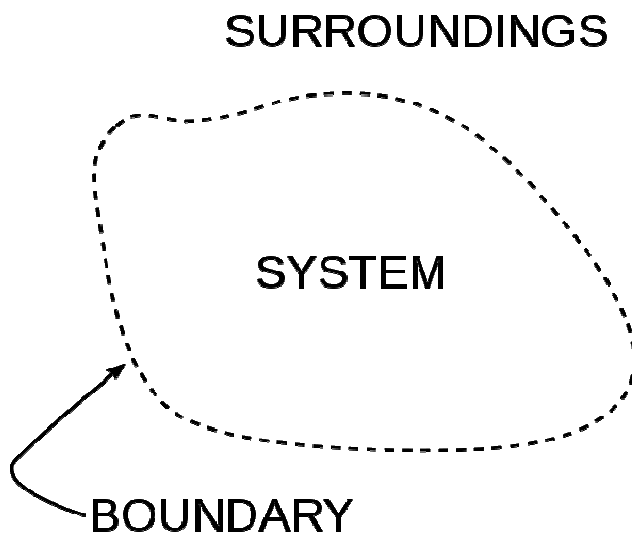
Στο Διάγραμμα 3.2.4 αναφέρονται μερικά συστήματα κάποιες από τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους καθώς και ορισμένες από τις δραστηριότητες που προκαλούν αλλαγές στο σύστημα.

**Διάγραμμα 3.2.4 : Συστήματα - Ιδιότητες Συστημάτων**

Σύστημα	Οντότητες	Χαρακτηριστικά	Δραστηριότητες
Τράπεζα	Πελάτες	Υπόλοιπο	Κατάθεση Ανάληψη
Δίκτυο υπολογιστών	Πακέτα	Μέγεθος	Μετάδοση
Ανελκυστήρας	Επιβάτες	Όροφος εισόδου Όροφος εξόδου	Είσοδος / Έξοδος στον / από τον ανελκυστήρα
Πανεπιστήμιο	Φοιτητές	Έτος σπουδών Βαθμολογία	Εξετάσεις
Βενζινάδικο	Αυτοκίνητα	Τύπος βενζίνης	Πληρωμή
Αποθήκη	Ανταλλακτικά	Κόστος	Προμήθεια Πώληση

### 3.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΌΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Συχνά συμβαίνουν αλλαγές έξω από ένα σύστημα ή οι δραστηριότητες του προκαλούν μεταβολές οι οποίες δεν έχουν επίδραση στο ίδιο το σύστημα. Οι αλλαγές που συμβαίνουν έξω από το σύστημα λέμε πως προέρχονται από το **περιβάλλον** του συστήματος. Ένα σημαντικό πρόβλημα κατά την κατασκευή μοντέλων συστημάτων είναι ο προσδιορισμός των συνόρων μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος του. Από τον σκοπό της μελέτης καθορίζονται τα όρια μέσα στα οποία βρίσκεται ένα σύστημα . Οι δραστηριότητες που συμβαίνουν μέσα στο σύστημα καλούνται **ενδογενείς** ενώ εκείνες που συμβαίνουν στο περιβάλλον του συστήματος καλούνται **εξωγενείς**.



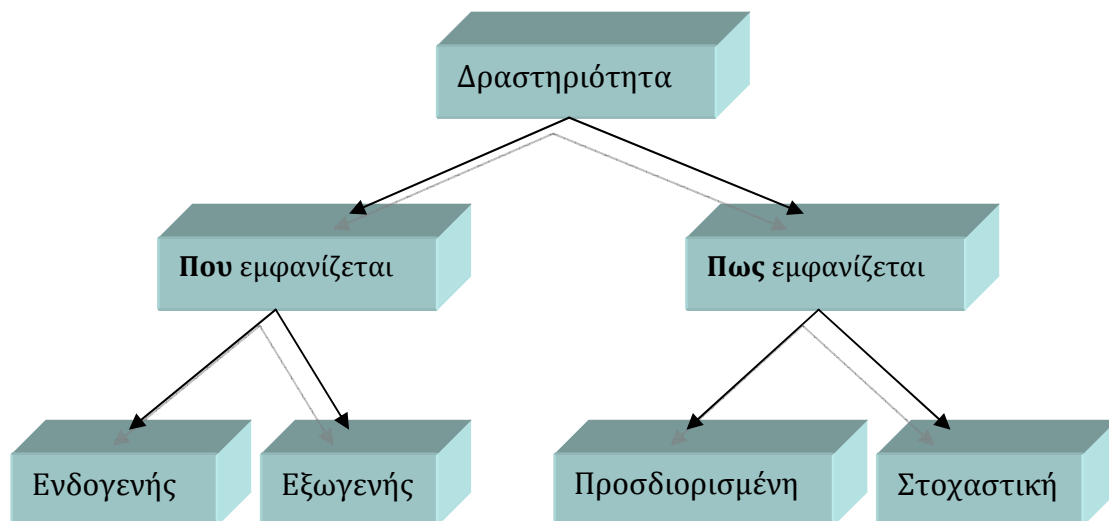
*Διάγραμμα 3.3.1 : Σχηματική παρουσίαση κλειστού Συστήματος και των συνόρων του*

<http://en.wikipedia.org/wiki/System>

Οι δραστηριότητες χωρίζονται επίσης σε προσδιορισμένες και στοχαστικές, ανάλογα με τον τρόπο ορισμού των αποτελεσμάτων τους.

Σε μια **προσδιορισμένη** δραστηριότητα, τα αποτελέσματα μπορούν να περιγραφούν πλήρως από τις εισόδους. Δηλαδή, για κάθε σύνολο εισόδων, η έξοδος της δραστηριότητας είναι συγκεκριμένη και προσδιορισμένη.

Σε μια **στοχαστική** δραστηριότητα τα αποτελέσματα δεν μπορούν να προσδιορισθούν πλήρως από τις εισόδους αλλά μεταβάλλονται τυχαία μέσα σε ένα σύνολο δυνατών αποτελεσμάτων. Αυτό σημαίνει ότι για ένα δεδομένο σύνολο εισόδων υπάρχουν πολλαπλά σύνολα εξόδων και αυτό που θα συμβεί κάθε φορά είναι αποτέλεσμα τυχαίων παραγόντων. Για παράδειγμα, η δραστηριότητα «κατάθεση» στο σύστημα της «τράπεζας» είναι στοχαστική δραστηριότητα, γιατί ο χρόνος κατάθεσης εξαρτάται από τυχαίους παράγοντες. Παρακάτω στο διάγραμμα 3.3.2 φαίνονται οι κατηγορίες των δραστηριοτήτων.



**Διάγραμμα 3.3.2 : Κατηγορίες Δραστηριοτήτων**

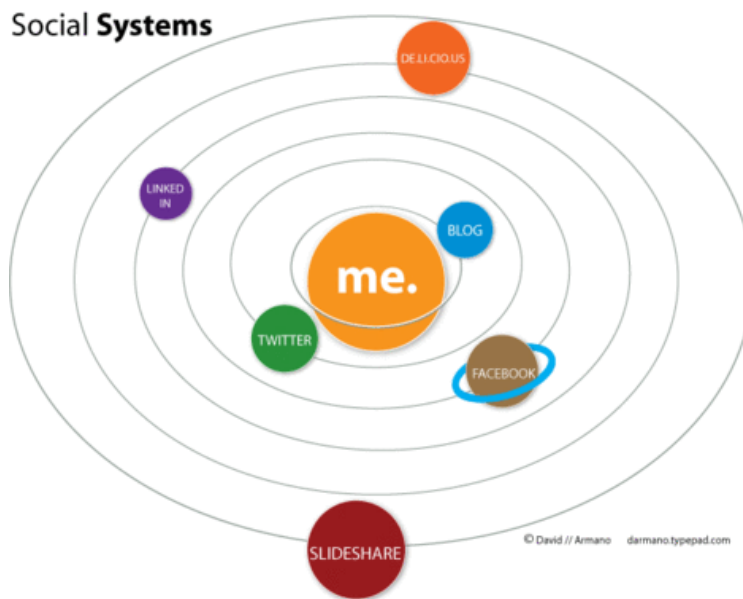
Κάθε σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ως συστατικό άλλων, υψηλότερου επιπέδου, συστημάτων. Μ' άλλα λόγια, κάθε σύστημα είναι επίσης και ένα υποσύστημα ενός άλλου συστήματος. Επειδή όλα τα συστατικά ενός συστήματος αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα να επηρεάζεται από τα υπόλοιπα. Δηλαδή κανένα σύστημα δεν είναι πλήρως απομονωμένο από εξωτερικές επιδράσεις. Ένα σύνολο υποσυστημάτων μπορεί να θεωρηθεί ως συγκεκριμένο σύστημα και να απομονωθεί, υποθετικά, από άλλα συστήματα, μόνον στην περίπτωση που αποτελεί αντικείμενο μελέτης.

Αυτά τα όρια απομόνωσης, όμως, μπορούν να οριστούν μόνο με προσεκτική μελέτη των εξωτερικών επιδράσεων.

Αν οι εξωτερικές επιδράσεις έχουν τόσο σημαντικές επιπτώσεις ώστε να επηρεάζουν με πολλούς τρόπους τη συμπεριφορά του υπό μελέτη συστήματος, τότε τα όρια πρέπει να επεκταθούν έτσι ώστε να περιλαμβάνουν και τα συστήματα αυτά. Για παράδειγμα ο σχεδιασμός ενός εργοστασίου παραγωγής πυρηνικής ενέργειας πρέπει να περιλαμβάνει το κοινωνικό πολιτικό υποσύστημα, διαφορετικά το συνολικό σύστημα θα είναι ατελές. Αν οι εξωτερικές επιδράσεις συνεχίζουν να είναι σημαντικές αλλά η συμπεριφορά του υπό μελέτη συστήματος μπορεί να καθορισθεί με τη χρήση μιας ασφαλούς μεθόδου παρατήρησης χωρίς να χρειάζεται να εξερευνηθεί η εσωτερική δομή του εξωτερικού συστήματος που παράγει τις επιδράσεις αυτές, τότε οι επιδράσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως «είσοδοι» στο υπό μελέτη σύστημα. Οι εισοδοι αυτές μπορούν να έχουν τη μορφή σταθερών τιμών, πληροφορίας σε πίνακες ή συναρτησιακών σχέσεων.

Τέλος, αν οι εξωτερικές επιδράσεις είναι στιγμιαίες και χωρίς μεγάλη σημασία στο υπό μελέτη σύστημα, τότε μπορούν, τουλάχιστον αρχικά, να αγνοηθούν. Το ποια επίδραση είναι σημαντική και ποια όχι είναι μια καλή ερώτηση, που μπορεί να απαντηθεί μόνον αφού καθοριστεί ο σκοπός της μελέτης. Αν συνεχίζουν να υπάρχουν αμφιβολίες σχετικά με τη σημασία ορισμένων εισόδων αφού καθοριστεί ο σκοπός, ο έλεγχος και η ανάλυση που θα ακολουθήσουν μπορούν να καθορίσουν την ευαισθησία της συμπεριφοράς του συστήματος σε αλλαγές των εισόδων αυτών. Αν οι έλεγχοι δείξουν ότι η συμπεριφορά του συστήματος δεν επηρεάζεται από ορισμένες εισόδους, τότε οι εισοδοι αυτές μπορούν να αγνοηθούν.

### 3.4. ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Οι οικογένειες, οι κοινωνίες, οι χώρες και οι σύνθετοι κοινωνικο-τεχνικοί και κοινωνικο-οικονομικοί οργανισμοί τους όπως εργοστάσια, τράπεζες και κυβερνήσεις είναι άλλες μορφές συστημάτων που απαρτίζονται από πολλά αλληλεπιδρώντα

συστατικά. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις υπακούουν σε μεγάλο βαθμό στην κοινωνική συμπεριφορά που βασίζεται σε ανθρώπινους νόμους και αξίες. Όλα αυτά τα συστήματα μπορεί να θεωρηθούν ως συστατικά άλλων, υψηλότερων κοινωνικών οικονομικών και τεχνολογικών συστημάτων.

### 3.4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι παράμετροι και οι μεταβλητές αποτελούν μέτρα χαρακτηρισμού του συστήματος. Οι παράμετροι είναι ανεξάρτητα μέτρα που διαμορφώνουν τις συνθήκες των εισόδων. Οι μεταβλητές είναι μέτρα που εξαρτώνται από τις παραμέτρους κι από άλλες μεταβλητές. Για παράδειγμα, το μήκος και το βάρος ενός εκκρεμούς αποτελούν τις παραμέτρους του. Η ταχύτητα του μέσα στο εύρος ταλάντωσης είναι μια μεταβλητή που εξαρτάται από το βάρος, το μήκος και ορισμένες άλλες παραμέτρους (όπως η θέση του).

Το σύνολο των τιμών ορισμένων προκαθορισμένων μεταβλητών σ' ένα σύστημα, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, όπως αναφέραμε και νωρίτερα ονομάζεται κατάσταση του συστήματος τη δεδομένη χρονική στιγμή. Κριτήριο για την κατηγοριοποίηση - ταξινόμηση των συστημάτων αποτελούν οι

μεταβολές της κατάστασής τους καθώς και η σχέση που έχουν τα συστήματα με το περιβάλλον.

---

#### 3.4.1. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

---

Τα συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με κριτήριο την κατάσταση στην οποία βρίσκονται μια δεδομένη χρονική στιγμή σε **στατικά** και **δυναμικά**. Εξ ορισμού **στατικό** είναι ένα σύστημα όταν η κατάσταση του δεν αλλάζει με το χρόνο. Η κατάσταση ενός **δυναμικού** συστήματος, αντίθετα, αλλάζει με το χρόνο.

Τα δυναμικά συστήματα με τη σειρά τους μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο οι μεταβλητές που επιλέξαμε για την αναπαράσταση της κατάστασης τους αλλάζουν στη διάρκεια του χρόνου. Αν οι μεταβλητές του συστήματος αλλάζουν με χρονικά συνεχή τρόπο, το σύστημα λέγεται **συνεχές**. Αν οι μεταβλητές του συστήματος αλλάζουν με χρονικά ασυνεχή τρόπο, το σύστημα λέγεται **διακριτό**.

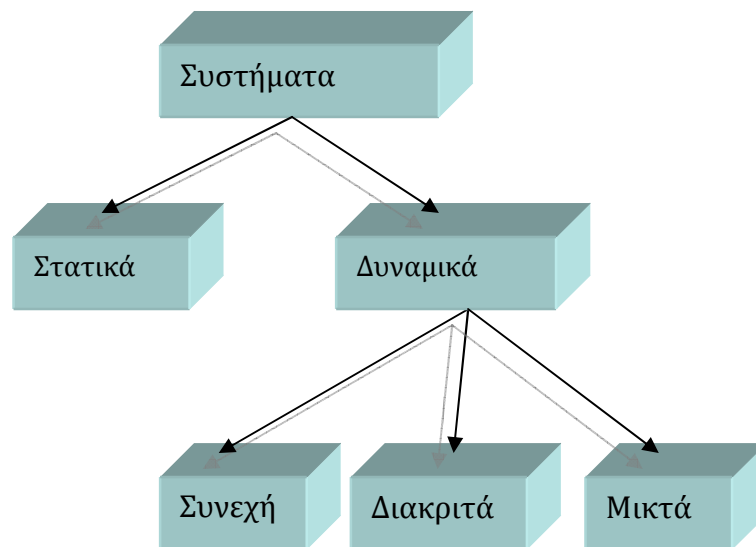
**Συνεχή** συστήματα : οι μεταβολές της κατάστασης τους είναι κατά κύριο λόγο ομαλές. Οι δραστηριότητες δηλαδή, μεταβάλλουν συνεχώς την κατάσταση του συστήματος και όχι μόνον όταν τελειώσουν (Lackner 1962, Pidd 1992). Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι ένα αυτοκίνητο.

**Διακριτά** συστήματα : οι μεταβολές είναι κυρίως ασυνεχείς, πράγμα που σημαίνει, ότι η κατάσταση του συστήματος αλλάζει μόλις τελειώσει μία δραστηριότητα (Law 1991, Fishman 1973). Παράδειγμα διακριτού συστήματος είναι μια τράπεζα.

Στην πραγματικότητα βέβαια, όλα τα συστήματα είναι συνεχή στη φύση. Κατά τη μελέτη των συστημάτων όμως, πολλές φορές έχουν ενδιαφέρον οντότητες και χαρακτηριστικά που εμφανίζουν ασυνεχείς μεταβολές. Στο παράδειγμα της τράπεζας ο χρόνος αναμονής ενός πελάτη στην ουρά είναι μια συνεχώς μεταβαλλόμενη ποσότητα, η οποία όμως ποτέ δεν ενδιαφέρει κατά τη μελέτη του συστήματος. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο συνολικός χρόνος αναμονής ενός πελάτη στην ουρά. Το χαρακτηριστικό αυτό αποκτά τιμή μόνον όταν ο πελάτης βγει από την ουρά και αρχίσει να εξυπηρετείται. Επομένως, η κατάσταση του

συστήματος μεταβάλλεται μόνον σε διακριτές χρονικές στιγμές, μία από τις οποίες είναι η έναρξη εξυπηρέτησης ενός πελάτη.

Αν ορισμένες από τις μεταβλητές κατάστασης μεταβάλλονται συνεχώς ενώ άλλες διακριτά, το σύστημα ονομάζεται **μικτό σύστημα** (Combined System). Στο Διάγραμμα 3.4.1.1 δίνεται διαγραμματικά η ταξινόμηση των συστημάτων με κριτήριο την μεταβολή της κατάστασης τους.



*Διάγραμμα 3.4.1.1 : Ταξινόμηση Συστημάτων βάση την μεταβολή της κατάστασης τους*

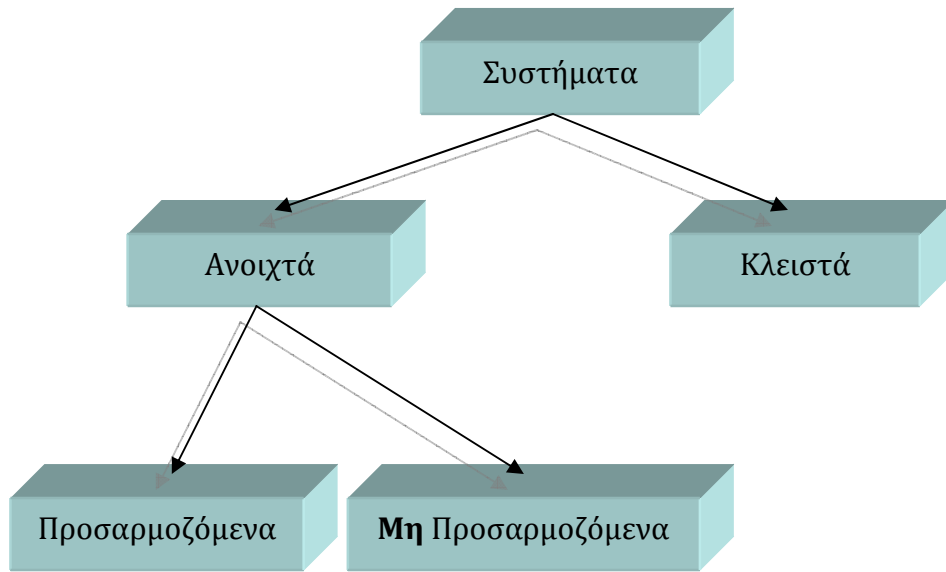
---

#### 3.4.2. ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

---

Όσον αφορά τη σχέση του συστήματος με το περιβάλλον, τα συστήματα διακρίνονται σε ανοικτά ή κλειστά. Ένα σύστημα ονομάζεται **ανοικτό** αν έχει εξωγενείς δραστηριότητες, ενώ αντίθετα, αν δεν έχει εξωγενείς δραστηριότητες ονομάζεται **κλειστό**. Ένα ανοικτό σύστημα αν και έχει εξωγενείς δραστηριότητες υπάρχει περίπτωση να μην αντιδρά στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Έτσι, αν ένα σύστημα αντιδρά στις αλλαγές του περιβάλλοντος ονομάζεται **προσαρμοζόμενο**, ενώ αντίθετα αν δεν αντιδρά στις αλλαγές του περιβάλλοντος ονομάζεται **μη προσαρμοζόμενο**. Στο Διάγραμμα 3.4.2.1 δίνεται διαγραμματικά η ταξινόμηση των συστημάτων με κριτήριο τη σχέση τους με το περιβάλλον.





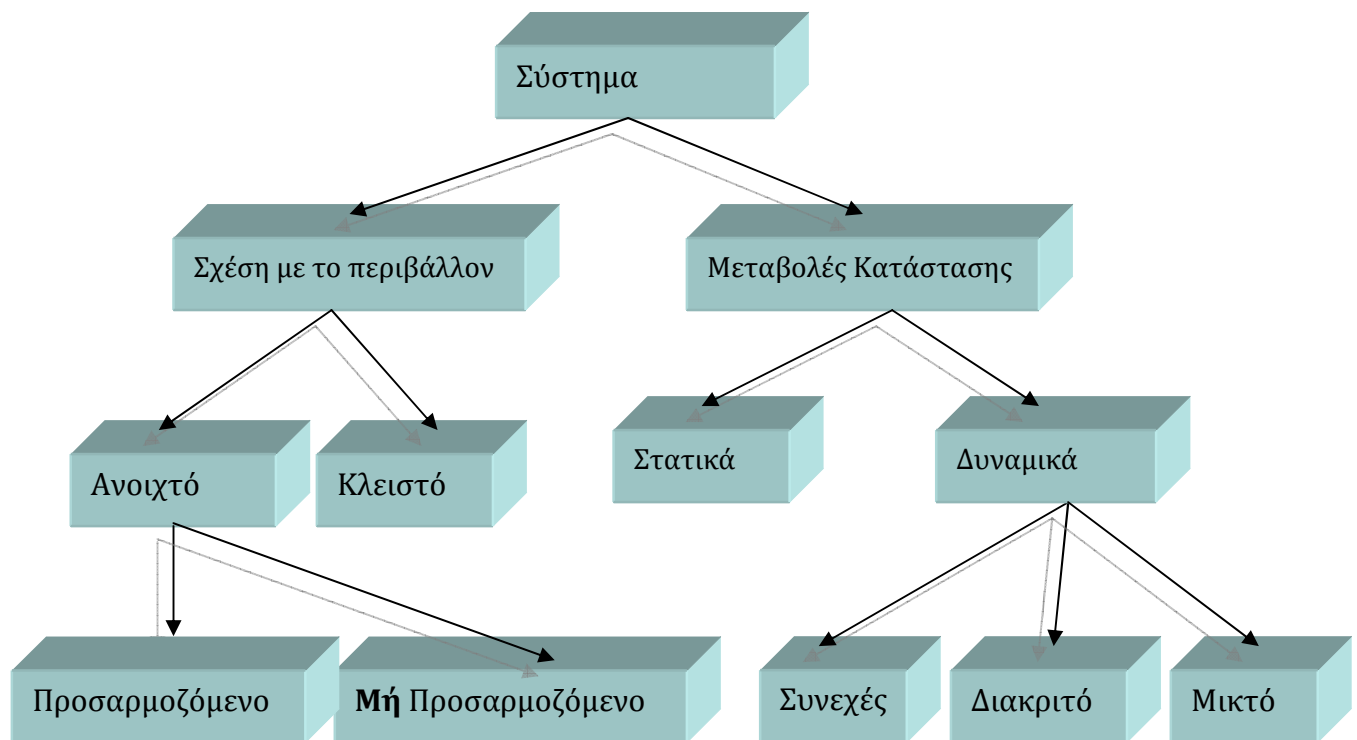
Διάγραμμα 3.4.2.1 : Ταξινόμηση Συστημάτων της σχέσης τους με το περιβάλλον

---

### 3.4.3. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ

---

Παρακάτω στο Διάγραμμα 3.4.3.1 προσπαθήσαμε να παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά σε ένα διάγραμμα την ταξινόμηση των συστημάτων με κριτήριο τη σχέση τους με το περιβάλλον και την μεταβολή της κατάστασης τους.



*Διάγραμμα 3.4.3.1 : Ταξινόμηση Συστημάτων με βάση την σχέση τους με το περιβάλλον και τις μεταβολές της κατάστασης τους.*

# 4 ΜΟΝΤΕΛΑ – ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Μοντέλο (model, από το λατινικό *modus* = τρόπος, μέτρο) Κάτι που αντιπροσωπεύει κάτι άλλο (= πρωτότυπο), δίνοντας έμφαση σε ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του – όχι όλα (βλ. Chartrand, 1985). Παραδείγματα: χάρτης, σχέδια ή μακέτα κτηρίου, πρότυπο ή πιλοτικό σύστημα, μοντέλο αεροπλάνου.

Μαθηματικό μοντέλο (ή απλώς μοντέλο στην επιστημονική γλώσσα). Μαθηματικό σύστημα που αντιπροσωπεύει μια πραγματική οντότητα ή κατάσταση.

## 4.1. ΜΟΝΤΕΛΑ



Αναφέραμε νωρίτερα ότι σύστημα είναι ένα τμήμα της πραγματικότητας που αποτελεί το εστιακό σημείο μιας μελέτης. Για να μπορέσουμε να αποδώσουμε την μορφή ενός συστήματος, ή να το αναλύσουμε, πρέπει πρώτα να εκφράσουμε το σύστημα με

μιας μορφής **αναπαράσταση**. Αυτή την **αναπαράσταση** μπορούμε να την ονομάσουμε μοντέλο. Για παράδειγμα, ένας ποιητής μπορεί να δει ένα δέντρο (σύστημα) και να το αναπαραστήσει με λέξεις που να το περιγράφουν (λεκτική αναπαράσταση). Ένας ζωγράφος μπορεί να δει το ίδιο δέντρο και να το ζωγραφίσει (εικονογραφική αναπαράσταση). Αν και η ζωγραφιά και το ποίημα είναι πολύ διαφορετικά μεταξύ τους, είναι μοντέλα του ίδιου συστήματος.

Η μελέτη των συστημάτων δεν γίνεται με το ίδιο το σύστημα, αλλά με ένα μοντέλο του συστήματος. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την κατασκευή ενός μοντέλου:

- **Διευκόλυνση στην κατανόηση.** Το μοντέλο είναι συχνά πολύ πιο απλό στην κατανόηση από το ίδιο το σύστημα γιατί κατά την κατασκευή του μοντέλου διατηρούνται μόνο τα χαρακτηριστικά του συστήματος που ενδιαφέρουν στη συγκεκριμένη μελέτη. Με τον τρόπο αυτό ο μελετητής δεν χάνεται στις λεπτομέρειες του συστήματος αλλά επικεντρώνει την προσοχή του μόνο στα σημαντικά στοιχεία.
- **Διευκόλυνση στην επικοινωνία.** Με την κατασκευή ενός μοντέλου είναι πολύ πιο εύκολο να μεταδοθούν οι ιδέες για κάποιο σύστημα απ' ό,τι με την περιγραφή του συστήματος. Για παράδειγμα, ένας αρχιτέκτονας κατασκευάζει μια μακέτα του κτιρίου που έχει σχεδιάσει και μ' αυτήν δίνει πολύ περισσότερες πληροφορίες στον πελάτη απ' ό,τι με λεκτική περιγραφή ή αρχιτεκτονικά σχέδια.
- **Το μοντέλο αποτελεί εργαλείο πρόβλεψης.** Ορισμένα συστήματα παρουσιάζουν πολύ αργές μεταβολές της κατάστασής τους με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η πρόβλεψη της συμπεριφοράς τους για ένα μακρύ χρονικό διάστημα. Κατασκευάζοντας ένα μοντέλο του συστήματος πετυχαίνουμε επιτάχυνση των χρονικών μεταβολών, έτσι ώστε να μπορούμε να προβλέψουμε τη μελλοντική συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος.
- **Αδυναμία πρόσβασης.** Μερικές φορές η πρόσβαση στο πραγματικό σύστημα είναι αδύνατη ή επικίνδυνη. Κατασκευάζοντας ένα μοντέλο, είναι δυνατόν να μελετήσουμε το σύστημα χωρίς να κινδυνεύσει ο μελετητής ή το ίδιο το σύστημα.
- **Εκπαίδευση.** Με την κατασκευή ενός μοντέλου είναι δυνατόν να εκπαιδευτούν χειριστές χωρίς τον κίνδυνο καταστροφών από λάθος των εκπαιδευομένων. Είναι επίσης δυνατόν να εκπαιδευτούν οι χειριστές ενός συστήματος, το οποίο δεν έχει κατασκευασθεί ακόμη.
- **Σχεδιασμός.** Η κατασκευή ενός μοντέλου συμβάλλει πολύ στο σχεδιασμό ενός συστήματος, γιατί επιτρέπει τον εντοπισμό σχεδιαστικών σφαλμάτων και τη διόρθωσή τους πριν το σύστημα κατασκευασθεί.

- **Ανεύρεση εναλλακτικών λύσεων και βελτιστοποίηση.** Ο λόγος αυτός για την κατασκευή μοντέλων είναι παρόμοιος με τον προηγούμενο. Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος είναι δυνατόν να κατασκευασθούν πολλά διαφορετικά μοντέλα και να επιλεχθεί το κατάλληλο προς υλοποίηση με βάση κάποια συγκεκριμένα κριτήρια βελτιστοποίησης.
- **Βελτίωση της απόδοσης υπάρχοντος συστήματος.** Με την κατασκευή ενός μοντέλου είναι δυνατό να ελεγχθεί η συμπεριφορά του συστήματος για διάφορες τιμές των παραμέτρων του. Από τη μελέτη του μοντέλου που έχει κατασκευασθεί διαπιστώνεται ο αποδοτικότερος συνδυασμός παραμέτρων και στη συνέχεια οι παράμετροι αυτοί εφαρμόζονται στο πραγματικό σύστημα.

Θα λέγαμε λοιπόν προσπαθώντας να δώσουμε έναν ορισμό πως **Μοντέλο** είναι μία αναπαράσταση ενός φυσικού συστήματος ή οργανισμού ή φυσικού φαινομένου ή ακόμη και μίας ιδέας. Πως **Μοντέλο** είναι το σύνολο των πληροφοριών ενός συστήματος που έχει συγκεντρωθεί με σκοπό τη μελέτη του συστήματος. Το μοντέλο ενός συστήματος θα πρέπει να αντιπροσωπεύει το σύστημα όσο πιο πιστά γίνεται, έτσι ώστε τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από τη μελέτη του μοντέλου να αντιστοιχούν σε συμπεράσματα για το σύστημα. Σε περίπτωση που το μοντέλο χρησιμοποιείται για την ανάλυση του συστήματος υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στις εισόδους του συστήματος και στις εισόδους του μοντέλου. Υπάρχει επίσης αντιστοιχία ανάμεσα στις εσωτερικές δομές του μοντέλου και του συστήματος. Από την μελέτη προκύπτουν οι εξόδοι του συστήματος από τις εξόδους του μοντέλου.

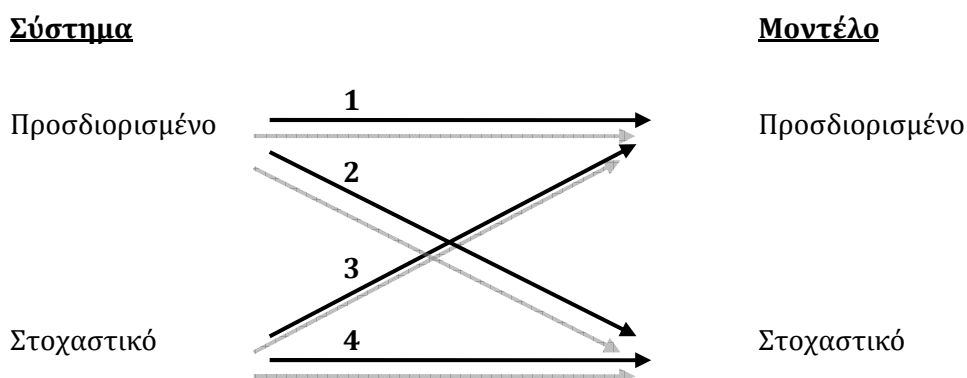
Σε περίπτωση που το μοντέλο χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του συστήματος υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στις εισόδους του συστήματος και στις εισόδους του μοντέλου. Υπάρχει επίσης αντιστοιχία ανάμεσα στις εξόδους του μοντέλου και τις εξόδους του συστήματος. Από την μελέτη προκύπτουν η εσωτερική δομή του συστήματος, δηλαδή τα συστατικά του στοιχεία από τη δομή του μοντέλου. Ουσιαστικά τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για τρεις λόγους:

1. Μελέτη συστημάτων που υπάρχουν χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία τους.
2. Μελέτη συστημάτων που υπάρχουν χωρίς να καταστραφούν.
3. Μελέτη συστημάτων που δεν υπάρχουν αλλά θέλουμε να κατασκευάσουμε.

## 4.2. ΤΥΠΟΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Συστήματα των οποίων οι δραστηριότητες είναι κυρίως προσδιορισμένες, δηλαδή μη εξαρτώμενες από τυχαίους παράγοντες, ονομάζονται προσδιορισμένα συστήματα. Αντίστοιχα, στοχαστικά ονομάζονται τα συστήματα των οποίων οι δραστηριότητες δεν είναι προσδιορισμένες και τα αποτελέσματά τους μεταβάλλονται τυχαία μέσα σε ένα σύνολο δυνατών αποτελεσμάτων. Με τον ίδιο τρόπο διακρίνονται και τα μοντέλα σε προσδιορισμένα και στοχαστικά σε αναλογία, όμως, με τις δραστηριότητες που περιλαμβάνουν και όχι με το σύστημα το οποίο αντιπροσωπεύουν.

Μπορεί, επομένως, να υπάρξει οποιοσδήποτε συνδυασμός συστήματος μοντέλου, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.2.1



Διάγραμμα 4.2.1 Συνδυασμοί Συστημάτων - Μοντέλων

1. Προσδιορισμένο μοντέλο για προσδιορισμένο σύστημα. Παράδειγμα αποτελεί ο προσδιορισμός της κίνησης των πλανητών με μαθηματικές εξισώσεις. Το πλανητικό σύστημα είναι προσδιορισμένο γιατί οι κινήσεις των πλανητών δεν εξαρτώνται από τυχαίους παράγοντες. Το σύνολο των μαθηματικών εξισώσεων κίνησης, που αποτελεί το μοντέλο, είναι επίσης προσδιορισμένο γιατί είναι δυνατό να λυθεί αναλυτικά και να προβλέψει τη συμπεριφορά του συστήματος.

2. Στοχαστικό μοντέλο για προσδιορισμένο σύστημα. Παράδειγμα αποτελεί ο υπολογισμός ενός ορισμένου ολοκληρώματος με τη μέθοδο Μόντε Κάρλο. Το ορισμένο ολοκλήρωμα (σύστημα) είναι προσδιορισμένο γιατί έχει συγκεκριμένη τιμή. Η μέθοδος Μόντε Κάρλο (επίλυση μοντέλου) αποτελεί μια στοχαστική μέθοδο που βασίζεται στην παραγωγή και χρήση τυχαίων αριθμών.
3. Προσδιορισμένο μοντέλο για στοχαστικό σύστημα. Παράδειγμα αποτελεί η παραγωγή τυχαίων αριθμών με υπολογιστή. Το σύνολο των τυχαίων αριθμών (σύστημα) είναι στοχαστικό εξ ορισμού. Η μέθοδος παραγωγής των αριθμών με υπολογιστή (μοντέλο) είναι προσδιορισμένη, βασιζόμενη συνήθως σε μια συγκεκριμένη επαναληπτική διαδικασία.
4. Στοχαστικό μοντέλο για στοχαστικό σύστημα. Στην περίπτωση κατά την οποία τόσο το σύστημα, όσο και το μοντέλο του συστήματος, είναι στοχαστικά, χρησιμοποιείται η προσομοίωση. Παράδειγμα αποτελεί το σύστημα του συνεργείου αυτοκινήτων.

#### 4.3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Τα μοντέλα μπορεί να είναι από φαινομενικά ακριβείς φυσικές μακέτες του συστήματος έως και αφαιρετικές μαθηματικές αναπαραστάσεις. Η ταξινόμηση των μοντέλων μπορεί να γίνει με βάση διάφορα κριτήρια (Tocher 1963, Law 1991). Τα μοντέλα συστημάτων μπορούν να ταξινομηθούν σε φυσικά, γραφικά ή συμβολικά. Όλες οι κλάσεις συστημάτων (στατικά, δυναμικά, συνεχή, διακριτά και μικτά) μπορούν να αναπαρασταθούν με οποιοδήποτε τύπο μοντέλου. Τα φυσικά μοντέλα, τα οποία καλούνται και εικονογραφικά, μπορούν να είναι της ίδιας κλίμακας με το σύστημα. Παραδείγματα αυτού του είδους είναι το μοντέλο του πιλοτηρίου ενός αεροσκάφους που χρησιμοποιείται για εκπαίδευση πιλότων.

Μπορούν επίσης να είναι μικρότερης κλίμακας από το σύστημα που αναπαριστούν. Τέτοια παραδείγματα είναι οι μακέτες κτιρίων που χρησιμοποιούνται από τους αρχιτέκτονες και οι μακέτες χημικών



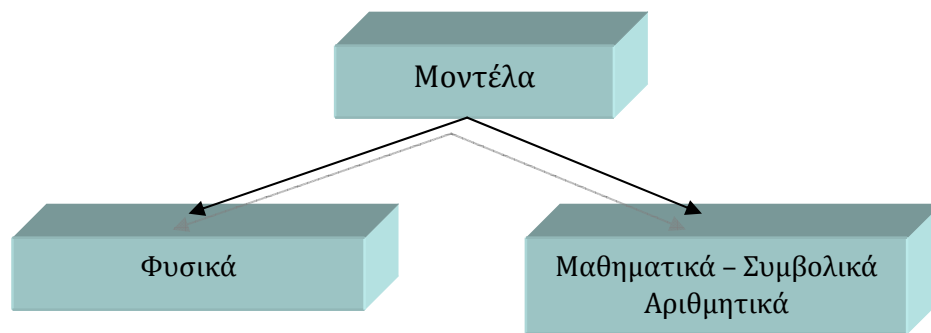
γκαταστάσεων. Τα φυσικά μοντέλα διακρίνονται σε **στατικά** και **δυναμικά**. Το ξύλινο μοντέλο ενός αυτοκινήτου είναι στατικό μοντέλο γιατί απλώς αναπαριστά το σχήμα του πραγματικού αντικειμένου. Αντίθετα, το μοντέλο ενός αυτοκινήτου σε μικρογραφία, που περιλαμβάνει κινητήρα βενζίνης, αναρτήσεις, φρένα, κ.λπ., σε μικρογραφία, είναι ένα δυναμικό μοντέλο γιατί εκτός από την αναπαράσταση του αντικειμένου απεικονίζει και αντίγραφο της λειτουργίας του αυτοκινήτου.

**Τα γραφικά μοντέλα** μπορεί να είναι διδιάστατες ή τρισδιάστατες αναπαραστάσεις των συστημάτων. Μπορεί να είναι στατικά, όπως σχέδια σε χαρτί, ή δυναμικά, όπως κινούμενα σχέδια και γραφικά από υπολογιστή. **Τα συμβολικά μοντέλα** είναι αφαιρετικές αναπαραστάσεις συστημάτων και έτσι δεν μοιάζουν με τα συστήματα που αναπαριστούν. Για πολλές εφαρμογές τα μοντέλα αυτά θεωρούνται ως πιο αποδοτικό μέσο αναπαράστασης του συστήματος εξαιτίας της απλότητας δημιουργίας και του τρόπου χειρισμού τους. Για παράδειγμα, η λεκτική περιγραφή ενός συστήματος είναι ένα συμβολικό μοντέλο που μπορεί να εκφραστεί σε οποιαδήποτε φυσική γλώσσα (Αγγλικά, Ελληνικά, κ.λπ.). Το λεκτικό μοντέλο είναι επαρκές για ορισμένες εφαρμογές και είναι πολύ ευκολότερο να δημιουργηθεί απ' ό, τι ένα φυσικό μοντέλο. Τα λεκτικά μοντέλα είναι συνηθισμένα σε ορισμένες εφαρμογές, αλλά είναι δύσχρηστα και αναποτελεσματικά όταν η δομή του συστήματος και οι σχέσεις μέσα σ' αυτό γίνονται πιο σύνθετες και βαρύνουσες. Περαιτέρω αφαιρέσεις μπορεί να απαιτηθούν για την καλύτερη έκφραση των σχέσεων στο



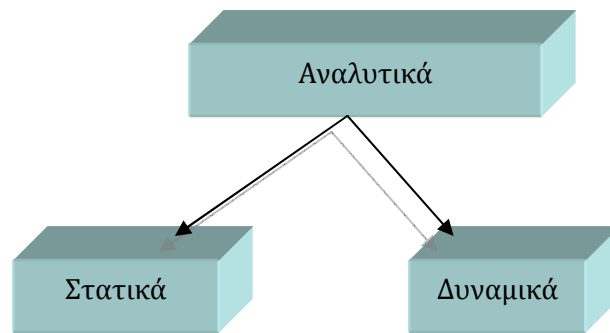
υπό μελέτη σύστημα. Όπως υποδηλώνει και το όνομα, τα συμβολικά μοντέλα χρησιμοποιούν σύμβολα για να αναπαραστήσουν τα συστατικά του συστήματος (παραμέτρους, μεταβλητές, σχέσεις, κ.λπ.).

Μια άλλη κατηγορία μοντέλων που ίσως θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στα συμβολικά μοντέλα αποτελούν τα **μαθηματικά μοντέλα**. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται μαθηματικές έννοιες για να περιγράψουν είτε τις φυσικές ιδιότητες του συστήματος (σχήμα, μέγεθος, χρώμα, κ.λπ.) είτε τις λειτουργίες του (κίνηση, αλλαγή σχήματος, αλλαγές της κατάστασης, κ.λπ.) είτε ακόμη τις σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος.



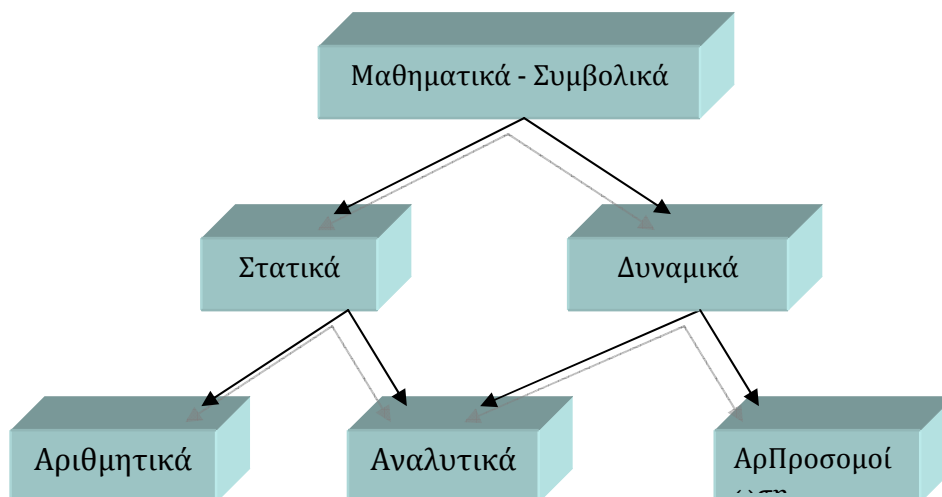
Διάγραμμα 4.3.1 : Ταξινόμηση Μοντέλων

Τα μαθηματικά μοντέλα διακρίνονται επίσης σε **στατικά** και **δυναμικά**. Παράδειγμα στατικού μοντέλου αποτελεί η ισορροπία προσφοράς/ζήτησης σε ένα οικονομικό σύστημα. Παράδειγμα δυναμικού μοντέλου αποτελούν οι μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση ενός συστήματος ταλάντωσης με απόσβεση.

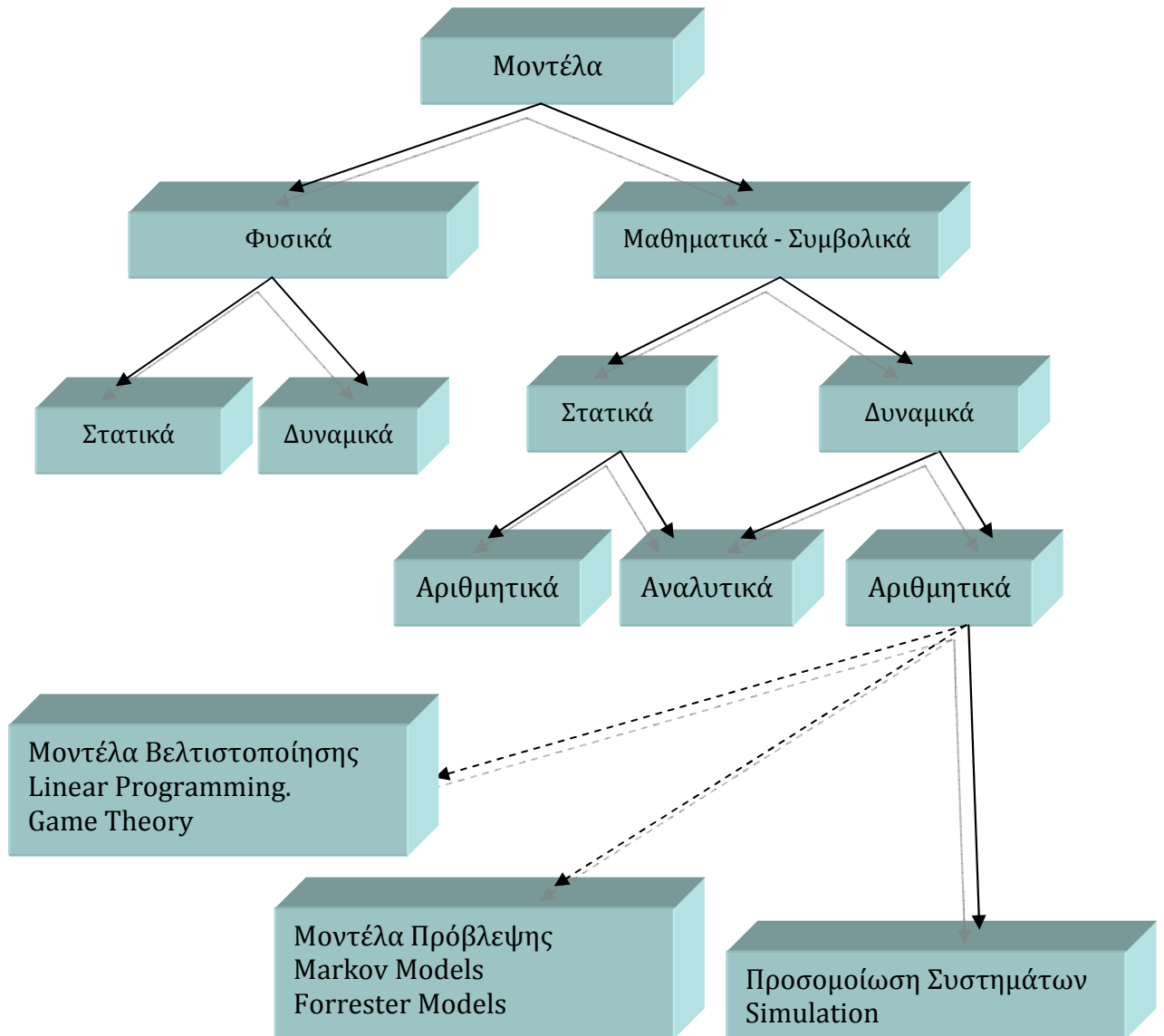


*Διάγραμμα 4.3.2 : Ταξινόμηση Μοντέλων*

Τέλος, τα μαθηματικά μοντέλα μπορούν να διακριθούν σε **αναλυτικά** και **αριθμητικά**. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχει ένα πλήρες σύνολο εξισώσεων που περιγράφει το μοντέλο. Αντίθετα, όταν οι μαθηματικές εξισώσεις περιγραφής του συστήματος είναι αδύνατο να βρεθούν ή δεν υπάρχουν, το σύστημα περιγράφεται από αριθμητικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με εμπειρικό τρόπο. Το σύνολο των δεδομένων και οι συσχετίσεις τους αποτελούν το αριθμητικό μοντέλο του συστήματος. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, η προσομοίωση χρησιμοποιείται κυρίως για τη μελέτη αριθμητικών, δυναμικών, μαθηματικών μοντέλων.



*Διάγραμμα 4.3.3 : Ταξινόμηση Μοντέλων*



Διάγραμμα 4.3.4 : Ταξινόμηση Μοντέλων

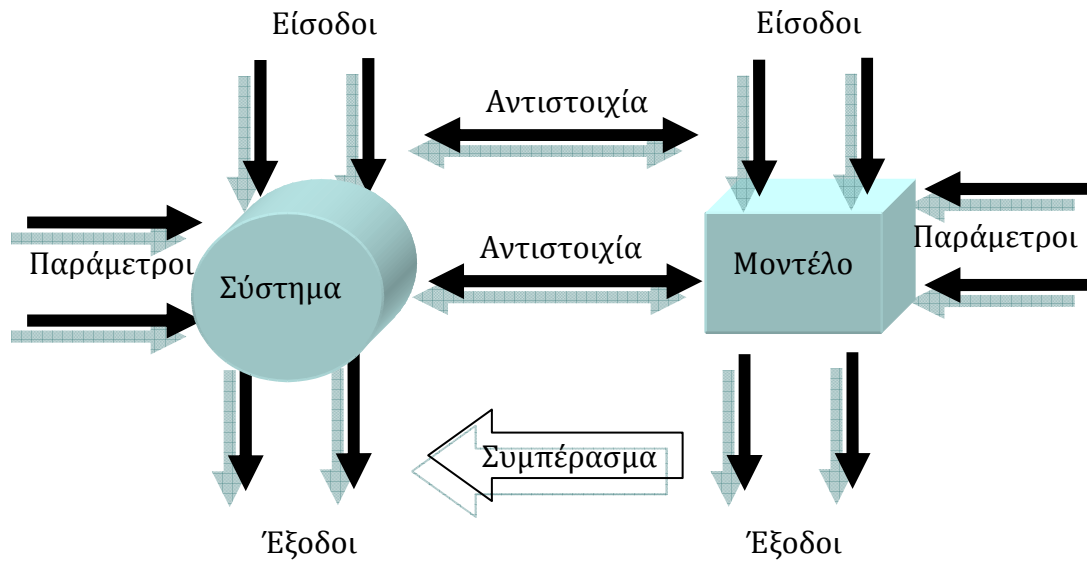
---

#### 4.4. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

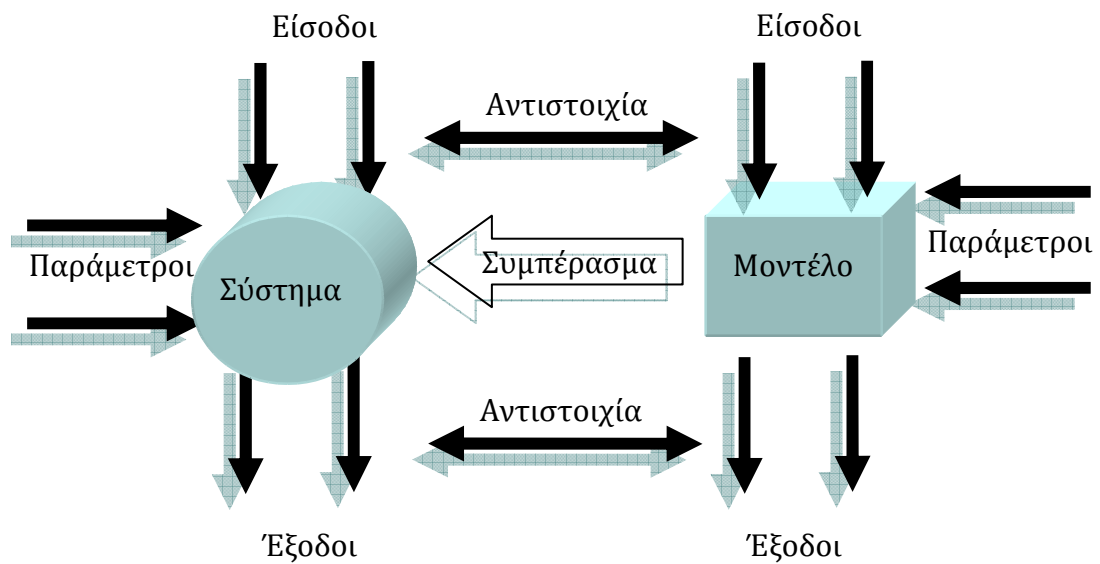
---

Το μοντέλο ενός συστήματος θα πρέπει να αντιπροσωπεύει το σύστημα όσο πιο πιστά γίνεται, έτσι ώστε τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από τη μελέτη του μοντέλου να αντιστοιχούν σε συμπεράσματα για το σύστημα. Σε περίπτωση που το μοντέλο χρησιμοποιείται για την ανάλυση του συστήματος υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στις εισόδους του συστήματος και στις εισόδους του μοντέλου. Υπάρχει επίσης αντιστοιχία ανάμεσα στις εσωτερικές δομές του μοντέλου και του συστήματος. Η μελέτη κατόπιν συνάγει τις εξόδους του συστήματος από τις εξόδους του μοντέλου. Αυτό φαίνεται διαγραμματικά στο Διάγραμμα 4.4.1.

Σε περίπτωση που το μοντέλο χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του συστήματος υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στις εισόδους του συστήματος και στις εισόδους του μοντέλου. Υπάρχει επίσης αντιστοιχία ανάμεσα στις εξόδους του μοντέλου και τις εξόδους του συστήματος. Η μελέτη κατόπιν συνάγει την εσωτερική δομή του συστήματος, δηλαδή τα συστατικά του στοιχεία από τη δομή του μοντέλου. Αυτό φαίνεται διαγραμματικά στο Διάγραμμα 4.4.2.



Διάγραμμα 4.4.1. Ανάλυση Συστήματος



Διάγραμμα 4.4.2. Σύνθεση Συστήματος

# 5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

---

*...for Distinction Sake, a Deceiving by Words, is commonly called a Lye, and a Deceiving by Actions, Gestures, or Behavior, is called **Simulation**.*  
*Robert South, 1697*

## 5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

---

Η μελέτη και ανάλυση συστημάτων με μαθηματικές μεθόδους απαιτεί την πλήρη γνώση του υπάρχοντος ή προτεινομένου συστήματος αλλά και την δυνατότητα αναπαράστασης του συστήματος με μαθηματικά μοντέλα. Επειδή, όμως, οι δύο αυτές προϋποθέσεις σχεδόν ποτέ δεν ικανοποιούνται σε πολύπλοκα συστήματα, αναπτύχθηκαν άλλες μεθοδολογίες μελέτης και ανάλυσης συστημάτων, οι οποίες προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Μία από αυτές τις μεθόδους είναι η προσομοίωση, η οποία γνώρισε μεγάλη εξέλιξη κυρίως λόγω της ανάπτυξης των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Η Προσομοίωση όμως κυρίως είναι ένα συγκεκριμένο είδος μοντελοποίησης. Η κατασκευή ενός μοντέλου αποτελεί ένα συνηθισμένο τρόπο για την κατανόηση του κόσμου, κάτι που γίνεται συνεχώς και που η επιστήμη έχει συστηματοποιήσει.

Με την ευρεία έννοια του όρου, όλοι χρησιμοποιούμε ένα είδος προσομοίωσης για να πάρουμε καθημερινές αποφάσεις. Πριν προβούμε σε κάποια ενέργεια, συνήθως δημιουργούμε ένα νοητό, ορισμένες φορές και φυσικό, μοντέλο για το πώς αντιλαμβανόμαστε το περιβάλλον, ώστε να διευκολυνθούμε στη λήψη αποφάσεων. Στη συνέχεια αναπλάθουμε το μοντέλο με διαφορετικούς τρόπους και διαφορετικές μορφές, ώστε να παράγουμε συγκεκριμένες πληροφορίες που

θα μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε για να βγάλουμε συμπεράσματα, για να καταλήξουμε σε λογικές αποφάσεις. Για να αλλάξουμε τη διαρρύθμιση στο σπίτι μας (ένα σύστημα που ήδη υπάρχει), αντί να μεταφέρουμε τα βαριά έπιπλα μέχρι να επιλέξουμε τη θέση που ταιριάζει καλύτερα, μπορούμε να σχεδιάσουμε σε κλίμακα το δωμάτιο ή να δημιουργήσουμε αντίγραφα των πραγματικών επίπλων με χαρτόνι τα οποία μετακινούμε χωρίς δυσκολία και έτσι να αλλάζουμε εύκολα τις θέσεις τους, επιλέγοντας τη διαρρύθμιση εκείνη που ταιριάζει περισσότερο σε εμάς και το χώρο μας. Είναι σύνηθες για τους αρχιτέκτονες να σχεδιάζουν σε μακέτα ένα κτίριο (ένα νέο σύστημα που δεν υπάρχει) ώστε ευκολότερα να μελετήσουν τους κοινόχρηστους χώρους, πάρκα, χώρους στάθμευσης κλπ. Με αυτό τον τρόπο θα παρουσιάσουν στους ενδιαφερομένους την πρόταση τους για πιθανή έγκριση ή τροποποίηση χωρίς να χρειαστεί να ξοδευτούν μεγάλα κεφάλαια που θα απαιτούνταν για την ολοκλήρωση του έργου. Πριν από ένα ταξίδι μας, φανταζόμαστε (δημιουργούμε ένα νοητό μοντέλο) με τις διάφορες απαιτούμενες προετοιμασίες, τη διαδρομή, τις πιθανές καθυστερήσεις τις εναλλακτικές που έχουμε.

## 5.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Για τον όρο προσομοίωση (simulation) έχουν δοθεί αρκετοί ορισμοί, χωρίς ωστόσο να υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ τους. Η λέξη simulation στην αγγλική γλώσσα απαντάται από το 15ο αιώνα, είχε αρνητική χροιά και σήμαινε την εξαπάτηση κάποιου με τη συμπεριφορά, τις χειρονομίες και τις ενέργειες. Μάλιστα ο South (1697) διαχωρίζει τον όρο simulation από το ψέμα (lie), το οποίο αναφερόταν στην εξαπάτηση κάποιου χρησιμοποιώντας μόνο το λόγο. Σταδιακά όμως, κατά τους επόμενους αιώνες, ο όρος αυτός έπαψε να έχει αρνητική χροιά. Η λέξη προσομοίωση προέρχεται από απόδοση στην νεοελληνική του αγγλικού όρου simulation και μαρτυρείται από το 1880, χωρίς όμως να αναφέρεται στα ελληνικά λεξικά που είχαν γραφεί πριν το 1970.

Η μέθοδος της προσομοίωσης σαν εργαλείο ανάλυσης και πειραματισμού χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα από τις αρχές του 20ού αιώνα στη μηχανική και γενικότερα στις φυσικές επιστήμες. Τότε παρατηρήθηκε η τάση χρησιμοποίησης

υποδειγμάτων για επίλυση επιστημονικών προβλημάτων. Οι πρώτες μεγάλης κλίμακας προσπάθειες για χρησιμοποίηση αναλογικών υπολογιστικών τεχνικών παρατηρούνται στο τέλος της δεκαετίας του 1920. Στις αρχές της δεκαετίας του 1940 η χρησιμοποίηση τεχνικών προσομοίωσης κορυφώνεται για στρατιωτικούς κυρίως λόγους.

Η χρησιμοποίηση της προσομοίωσης στην επιχειρηματική και οικονομική ανάλυση σε αντίθεση με τη μακρά ιστορία της σε εφαρμογές της μηχανικής και σε άλλες επιστημονικές μελέτες είναι εντελώς πρόσφατη εξέλιξη. Η ανάπτυξη των ψηφιακών ηλεκτρονικών υπολογιστών από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 μετέτρεψε την τεχνική της προσομοίωσης σε ένα σημαντικό εργαλείο ανάλυσης επιχειρηματικών και οικονομικών προβλημάτων. Μια ένδειξη αυτού του γεγονότος με την έννοια της μη χρησιμοποίησης της από τους αντίστοιχους ερευνητές αποτελεί η περιορισμένη βιβλιογραφία σχετικά με τις τεχνικές



προσομοίωσης για επιχειρησιακά και οικονομικά προβλήματα πριν το 1955.

Πριν την ανάπτυξη των ψηφιακών υπολογιστικών συστημάτων, οι τεχνικές προσομοίωσης χρησιμοποιούνταν ελάχιστα - δεν ήταν γνωστές, ενώ

η ποσότητα των υπολογισμών που απαιτούσαν έκαναν τη χρησιμοποίησή τους χωρίς τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή χρονοβόρα και δαπανηρή. Περιστασιακά χρησιμοποιήθηκαν αναλογικές συσκευές, αλλά οι δυσκολίες στη χρησιμοποίησή τους δεν επέτρεψαν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη τους.



Προσπάθειες για την επέκταση της χρησιμοποίησης των τεχνικών προσομοίωσης στον επιχειρηματικό τομέα είχαν αρχίσει από παλιά. Ο έλεγχος των αποθεμάτων ήταν μία από τις πρώτες περιοχές των επιχειρήσεων που εξετάστηκε μαθηματικά. Απόδειξη για το παραπάνω αποτελεί το βιβλίο του Raymond, το οποίο εκδόθηκε το 1931 και πραγματευόταν προβλήματα μεγέθους αποθεμάτων. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου πολέμου μαθηματικοί, στατιστικοί και οικονομολόγοι συνεισέφεραν ώστε να δημιουργηθεί μια μεγάλη βιβλιογραφία διαπραγματευόμενη τα προβλήματα αποθεμάτων. Ως συνέπεια όλων των παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι τα προβλήματα των αποθεμάτων ήταν μια από τις πρώτες περιοχές όπου χρησιμοποιήθηκαν υποδείγματα προσομοίωσης τόσο πριν από την δεκαετία του 1950 όσο και μετά. Η χρησιμοποίηση ψηφιακού υπολογιστή και Προγράμματος ειδικά σχεδιασμένου για την επίλυση προβλημάτων αποθεμάτων με τη βοήθεια της προσομοίωσης έγινε το 1957 από τον Robinson για Λογαριασμό μιας πετρελαϊκής εταιρείας (Imperial Oil Limited).

### 5.3. ΟΡΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην εγκυκλοπαίδεια Επιστήμης και Τεχνολογίας McGraw-Hill (2005) η προσομοίωση ορίζεται σε μια ευρεία γκάμα μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη και την ανάλυση της συμπεριφοράς πραγματικών ή θεωρητικών συστημάτων. Οι προσομοιώσεις διεξάγονται όχι στα «πραγματικά» συστήματα αλλά σε μοντέλα των συστημάτων, που δημιουργούνται για να μελετηθούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και ιδιότητες των «πραγματικών» συστημάτων. Σύμφωνα με το προαναφερθέν λεξικό, οι κυριότεροι λόγοι που αναπτύσσονται τα μοντέλα προσομοίωσης και δεν αναλύονται τα ίδια τα συστήματα μπορεί να είναι οικονομικοί, το ότι το «πραγματικό» σύστημα δεν είναι διαθέσιμο, ή ακόμη και η επιθυμία να επιτευχθεί μια βαθύτερη κατανόηση της σχέσης ανάμεσα στα στοιχεία που αποτελούν το σύστημα. Στο λεξικό Μπαμπινιώτη, ως προσομοίωση ορίζεται η αναπαράσταση της συμπεριφοράς ή των χαρακτηριστικών μιας διεργασίας (λ.χ. βιολογικής, βιομηχανικής, οικονομικής) μέσω ενός μοντέλου, κυρίως σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, του οποίου οι παράμετροι και οι μεταβλητές

αποτελούν είδωλα των αντίστοιχων μεγεθών της διεργασίας που μελετάται. Οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι η προσομοίωση είναι μια μέθοδος μελέτης ενός συστήματος και εξοικείωσης με τα χαρακτηριστικά του με τη βοήθεια ενός άλλου συστήματος. Θα μπορούσαμε ακόμη να πούμε ότι προσομοίωση είναι η μίμηση της λειτουργίας συστημάτων ή της εξέλιξης διαδικασιών στο χρόνο με τη βοήθεια υπολογιστή.

Προσομοίωση (simulation) είναι η αναπαράσταση μιας διεργασίας με τη βοήθεια ενός μοντέλου.

Προσομοίωση (simulation) : Τεχνική μίμησης ενός πραγματικού συστήματος, όπως αυτό εξελίσσεται στο χρόνο (Winston, 1994). Μοντέλο προσομοίωσης (simulation model) : Σύνολο υποθέσεων για τη λειτουργία του συστήματος, εκφρασμένων υπό μορφή μαθηματικών ή λογικών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος (και συνήθως κωδικοποιημένων σε πρόγραμμα υπολογιστή). Σημείωση: Η προσομοίωση γίνεται πάντα σε μοντέλο – όχι στο πρωτότυπο.

Ο όρος προσομοίωση (simulation) συγχέεται συχνά με τον όρο εξομοίωση (emulation ), αν και οι όροι αυτοί υποδηλώνουν τελείως διαφορετικές μεθοδολογίες. Αρχικά λοιπόν η προσομοίωση δεν είναι εξομοίωση.

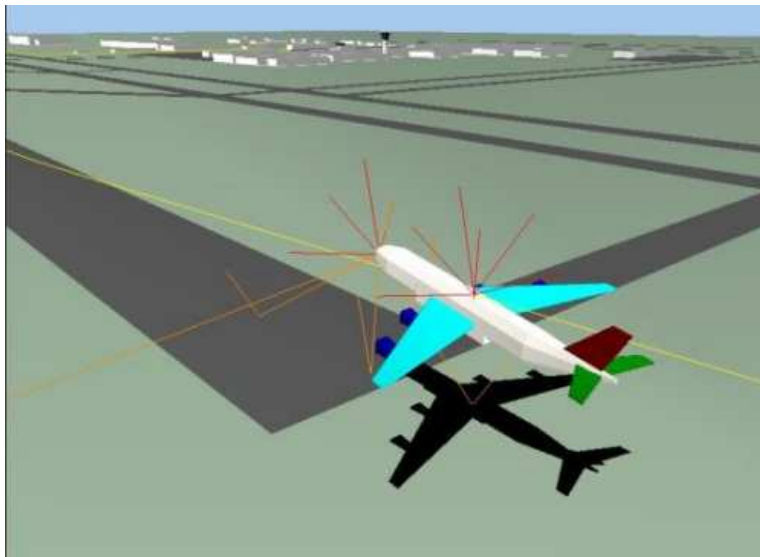
**Προσομοίωση** είναι μια μέθοδος μελέτης – ανάλυσης ενός συστήματος που υπάρχει, ή σύνθεσης ενός συστήματος που δεν υπάρχει, με στόχο την εξοικείωση μας με τα χαρακτηριστικά του χρησιμοποιώντας ένα άλλο σύστημα - μοντέλο το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι σχεδιασμένο – υλοποιημένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

**Εξομοίωση** είναι μια μέθοδος αναπαραγωγής ενός συστήματος εντός ή μέσω ενός άλλου συστήματος παρόμοιου με το πρώτο.

Είναι λοιπόν εμφανές ότι κατά την προσομοίωση δεν πρέπει να υπάρχει ούτε η εντύπωση ούτε η επιθυμία υλοποίησης του πραγματικού συστήματος, γιατί σκοπός είναι η μελέτη του συστήματος και όχι η χρήση του. Αντίθετα, κατά την εξομοίωση υπάρχει η εντύπωση υλοποίησης στο πραγματικό σύστημα γιατί σκοπός είναι η χρήση του.

Όταν θέλουμε να μελετήσουμε τη συμπεριφορά ενός αεροσκάφους από αεροδυναμική άποψη θα δημιουργήσουμε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ένα

μαθηματικό μοντέλο στο οποίο θα εισάγουμε τις εξισώσεις της αεροδυναμικής καθώς και τις παραμέτρους των φυσικών χαρακτηριστικών του αεροσκάφους.



Με την προσομοίωση του παραπάνω μοντέλου θα έχουμε στοιχεία που αφορούν για παράδειγμα στην αντίσταση του αέρα, τις δυνάμεις άνωσης κλπ. Στην περίπτωση τώρα που θα θέλαμε να εκπαιδεύσουμε

πιλότους στη χρήση του συγκεκριμένου αεροσκάφους πριν το κατασκευάσουμε αλλά και σε αεροσκάφος που είδη υπάρχει χωρίς το ρίσκο της ζωής των πιλότων θα κατασκευάσουμε ένα σύστημα που έχει όλα τα χειριστήρια του αεροσκάφους και ελέγχεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Είναι εύκολα αντιληπτό πως στην πρώτη περίπτωση αναφερόμαστε σε προσομοίωση ενώ στη δεύτερη σε εξομοίωση.

Η προσομοίωση αποτελεί μία πειραματική μέθοδο που έχει ως σκοπό τη βελτιστοποίηση συστημάτων, την ανάλυση της ευαισθησίας τους και τη μελέτη της λειτουργίας τους. Ως πειραματική μέθοδος εξαρτάται πολύ από την πιστότητα του μοντέλου του συστήματος που χρησιμοποιείται, καθώς και από την επιλογή εκείνων των παραμέτρων που απαιτούνται για την εξαγωγή αξιόπιστων και χρήσιμων συμπερασμάτων.

Μπορούμε να πούμε πως προσομοίωση είναι η πρακτική δημιουργίας μοντέλων για την αναπαράσταση υπάρχοντων συστημάτων του πραγματικού κόσμου ή υποθετικών μελλοντικών συστημάτων για πειραματισμό με τα μοντέλα αυτά, ώστε να επεξηγηθεί η συμπεριφορά του συστήματος, να βελτιωθεί η απόδοση του ή να σχεδιαστούν νέα συστήματα με επιθυμητές αποδόσεις.

Πιο αναλυτικά, μπορούμε να ορίσουμε την προσομοίωση ως τη διαδικασία κατασκευής ενός πειραματικού μοντέλου, που θα μιμείται το πραγματικό σύστημα στις λειτουργίες που μας ενδιαφέρουν καθώς και της διεξαγωγής

πειραμάτων με σκοπό είτε την κατανόηση της συμπεριφοράς του είτε την εκτίμηση διαφόρων στρατηγικών για τη διαχείρισή του. Η μέθοδος της προσομοίωσης αποτελεί, σε κάποιες περιπτώσεις, τη μοναδική προσέγγιση για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων με τεράστιο εύρος εφαρμογών.

#### 5.4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Η μέθοδος της προσομοίωσης αποτελεί, σε κάποιες περιπτώσεις, τη μοναδική προσέγγιση για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων με τεράστιο εύρος εφαρμογών. Επιγραμματικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ως άμεσες εφαρμογές της σε επιχειρήσεις, κατασκευαστικές εταιρείες, οικονομικούς οργανισμούς, στην ανάλυση και σχεδίαση συστημάτων παραγωγής (βιομηχανία), στον έλεγχο αποθεμάτων (βιομηχανία, & εμπορικές επιχειρήσεις), στη μελέτη κυκλοφοριακών συστημάτων (οδικό δίκτυο, αεροδρόμια), στη μελέτη συστημάτων εξυπηρέτησεως πελατών (τράπεζες, νοσοκομεία, τηλεπικοινωνίες), στην αξιολόγηση αποφάσεων υπό αβεβαιότητα (χρηματιστήριο, επενδύσεις, marketing) και έμμεσες με βάση τη συνεισφορά της στην επίλυση προβλημάτων άλλων επιστημονικών περιοχών (ουρές αναμονής, θεωρία παιγνίων, αξιοπιστία συστημάτων, διερεύνηση κοινωνικών φαινομένων κ.λπ.). Οι εφαρμογές της μεθόδου της προσομοίωσης εκτείνονται σε ένα μεγάλο φάσμα θετικών και κοινωνικών επιστημών, όπως στη μηχανική, στη διοίκηση επιχειρήσεων, στην επιχειρησιακή έρευνα, στην πληροφορική, στην οικονομία, στην ψυχαγωγία και σε όλες σχεδόν τις κοινωνικές επιστήμες.

##### 5.4.1. ΕΥΡΥΤΕΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Η προσομοίωση εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, μερικές από τις οποίες θα αναφέρουμε παρακάτω.

- Χρηματοοικονομικές υπηρεσίες : Υπάρχουν πολλές εφαρμογές της προσομοίωσης σε τραπεζικές και ασφαλιστικές εταιρείες. Ανάλυση συναλλαγών, ταμειακών ροών, προγραμματισμός υλικών και αποθεμάτων, σχεδιασμός δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών, επιλογή τοποθεσίας

υποκαταστημάτων και αυτόματων συστημάτων ανάληψης χρημάτων είναι μερικές από τις δραστηριότητες που μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά με τη χρήση της προσομοίωσης.

- ο Επικοινωνίες: Οι εφαρμογές της προσομοίωσης γίνονται ολοένα και πιο ζωτικής σημασίας στον κλάδο των επικοινωνιών. Τοπικά και ευρείας εμβέλειας δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών, τηλεφωνικών συστημάτων, εθνικών και διεθνών δορυφορικών επικοινωνιακών συστημάτων, δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης και ειδικά τηλεφωνικά συστήματα είναι παραδείγματα περίπλοκων συστημάτων που απαιτούν τη δύναμη της προσομοίωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για επαρκή σχεδιασμό και λειτουργία.
- ο Εκπαίδευση: Πεδία σχετικά με τις μεταβολές στο επίπεδο των εγγραφών, στον προγραμματισμό και στην κατανομή των αιθουσών διδασκαλίας, στον προγραμματισμό των αποθεμάτων στα βιβλιοπωλεία, καθώς επίσης και στη σχεδίαση συστημάτων οργάνωσης και λειτουργίας της βιβλιοθήκης σχολικών, κολεγιακών και πανεπιστημιακών ιδρυμάτων μπορούν να



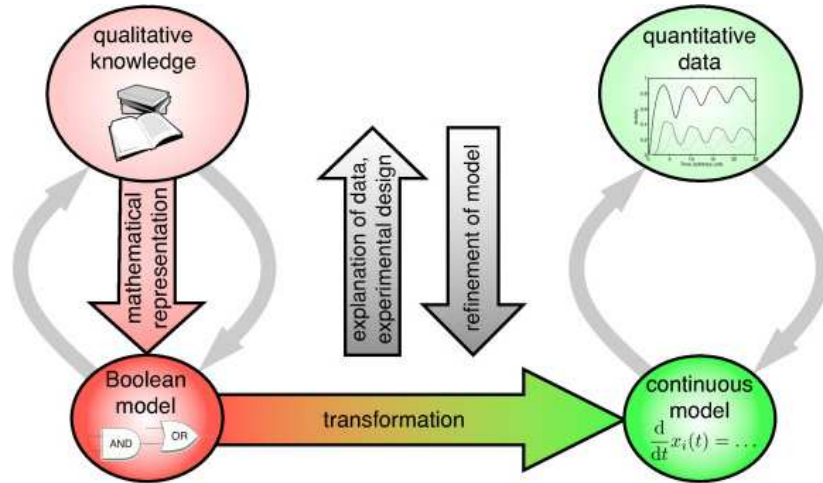
πραγματοποιηθούν με τη βοήθεια της προσομοίωσης.

- ο Ψυχαγωγία: Οι τεχνικές της προσομοίωσης χρησιμοποιούνται ευρέως στο σχεδιασμό της δομής και

λειτουργίας κέντρων ψυχαγωγίας, στούντιο παραγωγής και κινηματογραφικών συστημάτων. Συστήματα έκδοσης εισιτηρίων, ουρών αναμονής και σχεδιασμού χώρων στάθμευσης οχημάτων είναι μόνο μερικές από τις εφαρμογές της προσομοίωσης στο πεδίο της ψυχαγωγίας.

- ο Υπηρεσίες τροφίμων: Συστήματα όπως εστιατόρια, σουπερμάρκετ, εστιατόρια γρήγορου φαγητού είναι αντικείμενα της μελέτης της

προσομοίωσης για θέματα όπως διαχείριση αποθεμάτων και προγραμματισμού, διανομής, επιλογής τοποθεσίας και διαχείρισης προσωπικού.



- ο Μονάδες υγείας: Νοσοκομεία και υψηλής σημασίας υποσυστήματα τους όπως οι

μονάδες εντατικής θεραπείας και κέντρα υγείας μελετώνται συχνά από την προσομοίωση για τον καθορισμό των εφημερίων του εξειδικευμένου ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού και την πολιτική διαχείρισης αποθεμάτων φαρμάκων και τροφίμων. Επιπλέον, σχέδια χωρητικότητας για πόρους όπως είναι κρεβάτια, χώροι αναμονής σε χειρουργεία, εξοπλισμοί επιβίωσης και ασθενοφόρα.

- ο Ξενοδοχειακές υπηρεσίες: Συστήματα όπως ξενοδοχεία, ξενώνες κλπ μπορούν να μελετηθούν από την προσομοίωση για τον καθορισμό παραγόντων όπως οι κατάλληλες δυναμικότητες, περιοχές και πολιτικές διαχείρισης πόρων και αποθεμάτων.
- ο Συγκοινωνίες: Αυτά τα συστήματα μπορούν να περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους τύπους οχημάτων, επιβατών, φορτίων και διαδρομές. Η μελέτη της προσομοίωσης μπορεί να έχει σκοπούς όπως ο σχεδιασμός της χωρητικότητας οχημάτων, εργατικού δυναμικού και εφεδρικών μερών, διαδρομές οχημάτων, συστήματα ελέγχου της εναέριας κυκλοφορίας.
- ο Αστυνομία: Η ρύθμιση της κυκλοφορίας των οχημάτων μέσω των φαναριών σηματοδότησης ανάλογα με την κυκλοφοριακή φόρτιση ιδιαίτερα των κομβικών σημείων μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με τη χρήση της προσομοίωσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή ενός σύνθετου μοντέλου, ονομαζόμενου MUSIC, σε τρεις πόλεις το Πόρτο της

Πορτογαλίας, στην Υόρκη της Αγγλίας και στη Θεσσαλονίκη, με σκοπό τη βελτιστοποίηση του χρόνου σηματοδότησης. Βασικό σημείο της παραπάνω διαδικασίας είναι η δημιουργία του μοντέλου προσομοίωσης της κάθε πόλης, προσαρμοσμένου στις ανάγκες που προκύπτουν από τον καθορισμό των διάφορων στόχων και πολιτικών. Το δίκτυο της κάθε πόλης αναπτύχθηκε με τη βοήθεια του πακέτου SATURN (Simulation and Assignment of traffic to Urban Road Networks), που είναι ένα από τα πιο πετυχημένα προγράμματα προσομοίωσης και κατανομής της κυκλοφορίας στον κόσμο. (βιβλιογραφία: Παπαϊωάννου Π. & Γεωργίου, Γ.)

- ο Πρόγνωση καιρού, περιβάλλον και οικολογία : Για την πρόγνωση του καιρού χρησιμοποιείται μόνιμα και απαραίτητα η προσομοίωση με υπολογιστή. Μεγάλος αριθμός μεταβλητών διαχειρίζονται από προγράμματα προσομοίωσης, που συνήθως εκτελούνται σε υπολογιστές αυξημένων δυνατοτήτων, για την πρόβλεψη τοπικών και παγκόσμιων καιρικών συνθηκών σε διάφορες χρονικές στιγμές. Οι μελέτες που αφορούν τον έλεγχο της ρύπανσης, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, πληθυσμούς των εντόμων και άλλα περιβαλλοντικά και οικολογικά ζητήματα πραγματοποιούνται επίσης με χρήση προσομοίωσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- ο Παραγωγή ενέργειας : Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας τα οποία βασίζονται σε πηγές όπως ο ατμός, τα καύσιμα, ήλιος ή ο άνεμος συνήθως προσομοιώνονται για το σχεδιασμό συστημάτων δυναμικότητας, σύνθεσης και διανομής , το σχεδιασμό συστημάτων ασφαλείας και αξιοπιστίας, τον προγραμματισμό συντήρησης και τον έλεγχο περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

---

#### 5.5. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ – ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

---

Η προσομοίωση έχει χρησιμοποιηθεί στη διεξαγωγή πειραμάτων σε μοντέλα συστημάτων που αφορούν άλλοτε πραγματικά και άλλοτε προτεινόμενα συστήματα. Η προτίμηση της προσομοίωσης προέρχεται από έναν αριθμό σημαντικών παραγόντων.

Συγκρίνοντας την προσομοίωση με άλλες εναλλακτικές λύσεις μπορούμε να πούμε πως η προσομοίωση:

1. Είναι η μόνη προσέγγιση για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων.
2. Μπορεί να κοστίζει λιγότερο. Ειδικότερα, η σχετικά μικρή επένδυση σε χρήμα που απαιτείται για την κατασκευή ενός μοντέλου προσομοίωσης μπορεί να αποτρέψει τη λήψη αποφάσεων, οι οποίες θα μπορούσαν διαφορετικά να ήταν δαπανηρές και χρονοβόρες. Παράλληλα, εφόσον το μοντέλο προσομοίωσης αντιπροσωπεύει λειτουργικές συνιστώσες της επιχείρησης, ο χρήστης της προσομοίωσης μπορεί να προτείνει κάποιες αλλαγές και να πάρει μία ιδέα των επιπτώσεων τους πάνω στην παρούσα λειτουργία της επιχείρησης.
3. Απαιτεί λιγότερο χρόνο.
4. Είναι πιο απλή.
5. Είναι πιο πρακτική.
6. Έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στο να αντιλαμβάνεται τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των προβλημάτων.
7. Γίνεται κατανοητή από τους περισσότερους χρήστες.
8. Είναι πιο ασφαλής, καθώς δε βάζει σε κίνδυνο ανθρώπους, ενώ επιτρέπει ταυτόχρονα τη μελέτη επικίνδυνων καταστάσεων, χωρίς να χρειαστεί να τις δημιουργήσουν στην πράξη, (χαρακτηριστικό παράδειγμα οι προσομοιωτές πτήσης αεροσκαφών για την εκπαίδευση των πιλότων).
9. Δίνει τη δυνατότητα επανάληψης ακριβώς του ίδιου του φαινομένου, πράγμα ιδιαίτερα δύσκολο σε πραγματικά προβλήματα.
10. Δίνει τη δυνατότητα πλήρους ενόρασης του συστήματος που εξετάζεται από όλες τις πλευρές, πράγμα αδύνατο στις περισσότερες των περιπτώσεων στα φυσικά συστήματα.

Παρόλο που η προσομοίωση επιδεικνύει πολλά οφέλη, παρουσιάζει και κάποιους σημαντικούς περιορισμούς. Η προσομοίωση:

1. Μπορεί να είναι κάποιες φορές μια αργή υπολογιστική διαδικασία
2. Μπορεί να μην είναι η πιο κατάλληλη μέθοδος επίλυσης του προβλήματος.
3. Δεν εγγυάται ότι θα οδηγήσει στην καλύτερη δυνατή λύση.
4. Μπορεί να μην αντανακλά με ακρίβεια την υπό μελέτη κατάσταση.
5. Τα αποτελέσματα κάποιες φορές είναι προσεγγιστικά αφού εξαρτώνται από το μέγεθος της δειγματοληψίας.



---

### 5.5.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

---

Από τη στιγμή που έχει ληφθεί η απόφαση να χρησιμοποιηθεί προσομοίωση για τη μελέτη ενός συστήματος, έχει παρατηρηθεί ότι μπορούν να εμφανισθούν αρκετά προβλήματα στην πορεία υλοποίησης ενός επιτυχημένου προσομοιωτή:

- Όχι καλά ορισμένοι στόχοι κατά την έναρξη της μελέτης.
- Ακατάλληλο επίπεδο λεπτομέρειας του μοντέλου.
- Χειρισμός της μελέτης με προσομοίωση, σαν να ήταν βασικά μία δύσκολη άσκηση προγραμματισμού.
- Έλλειψη στοιχειωδών γνώσεων Επιχειρησιακής Έρευνας και Στατιστικής.
- Χρήση εμπορικών πακέτων προσομοιωτών που μπορεί να περιέχουν λάθη ή να μην υλοποιούν τη λογική του συστήματος.
- Αποτυχία στη σωστή καταγραφή των πηγών τυχαιότητας του συστήματος.
- Χρήση αυθαίρετων κατανομών (π.χ. κανονική ή ομοιόμορφη) για την περιγραφή των εισόδων του προσομοιωτή.
- Ανάλυση των δεδομένων εξόδου από μία εκτέλεση του προσομοιωτή, με τη χρήση στατιστικών τύπων που προϋποθέτουν ανεξαρτησία.
- Χρήση λανθασμένων μέτρων απόδοσης.

---

### 5.6 Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

---

Η χρήση της προσομοίωσης με υπολογιστή αναμένεται να αυξηθεί με ακόμα πιο γοργούς ρυθμούς στο άμεσο μέλλον. Η κινητήρια δύναμη αυτής της ανάπτυξης μπορεί να αναζητηθεί στους ακόλουθους παράγοντες:

1. Ο βαθμός της πολυπλοκότητας των φυσικών, βιολογικών, κοινωνικο τεχνικών και κοινωνικο οικονομικών συστημάτων που μελετώνται από τους σημερινούς σχεδιαστές και αναλυτές συστημάτων απαγορεύει τη χρήση των κλασικών, ή ακόμα και των σύγχρονων, μαθηματικών εργαλείων στο μεγαλύτερο μέρος των πραγματικών μελετών.
2. Οι συνεχώς αυξανόμενες δυνατότητες των υπολογιστών (κυρίως σε μνήμη και ταχύτητα), οι οποίοι επιτυγχάνουν εξαιρετικά υψηλότερες αποδόσεις απ'

ότι οι προηγούμενες γενιές, επιτρέπουν προσομοίωση συστημάτων ευρείας κλίμακας, ενώ η ταχύτητα επεξεργασίας προσφέρει έγκαιρη παραγωγή πληροφοριών.

3. Η εξέλιξη του υπάρχοντος λογισμικού για μοντελοποίηση, το οποίο προσφέρει νέες δυνατότητες και η παραγωγή νέων εργαλείων λογισμικού που περιλαμβάνουν πιο εύκολες και πιο προηγμένες τεχνικές για το περιβάλλον επικοινωνίας με το χρήστη, προσφέρουν το αναγκαίο τεχνικό υπόβαθρο και τις προγραμματιστικές δυνατότητες ώστε να χρησιμοποιηθεί την προσομοίωση.
4. Η αυξανόμενη αναγνώριση των πλεονεκτημάτων της προσομοίωσης από τους διευθυντές διαφόρων οργανισμών και έργων και η δυνατότητα χρήσης σύγχρονων εργαλείων προσομοίωσης και ισχυρών χαμηλού κόστους υπολογιστών, θα οδηγήσει σε επέκταση της χρήσης της προσομοίωσης σε διάφορες δραστηριότητες λήψης αποφάσεων, οι οποίες μέχρι τώρα βασίζονταν στη διαίσθηση.
5. Η προσομοίωση με υπολογιστή ενσωματώνεται ως μάθημα στα προγράμματα σπουδών πολλών τμημάτων ανώτατης εκπαίδευσης. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την προσομοίωση από εκπαιδευτικούς οργανισμούς μπορεί να συνεισφέρει με ουσιαστικό τρόπο στην αύξηση της δημοτικότητας της και στην εξέλιξη του γνωστικού αυτού πεδίου.

---

#### 5.7. ΦΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

---

Η διαδικασία της προσομοίωσης αποτελείται από τρεις διακριτές φάσεις:

- ο την **κατασκευή του μοντέλου** προσομοίωσης,
- ο την **εκτέλεση** ή τρέξιμο του μοντέλου και
- ο την **ανάλυση των αποτελεσμάτων** της προσομοίωσης.

Η κατασκευή του μοντέλου αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό βήμα για την προσομοίωση του συστήματος, επειδή η ποιότητα και αξιοπιστία του καθορίζουν και την αξιοπιστία της προσομοίωσης. Τα μοντέλα συνεχών συστημάτων λύνονται συνήθως με αναλυτικές μεθόδους, ενώ για τα διακριτά συστήματα χρησιμοποιείται συνήθως η προσομοίωση. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο χρόνος που χρησιμοποιείται κατά την προσομοίωση

αποτελεί μοντελοποίηση του χρόνου του συστήματος. Επομένως, ο προσομοιούμενος χρόνος δεν έχει καμία σχέση με τον πραγματικό χρόνο που παρέρχεται όταν εκτελείται η προσομοίωση.

---

## 5.8. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ - ΣΤΑΔΙΑ

---

Το πρώτο βήμα σε μία μελέτη προσομοίωσης είναι η κατασκευή μιας καθαρής εικόνας του προβλήματος και ένας σαφής καθορισμός των στόχων της ανάλυσης. Εξαιτίας της εξελικτικής φύσης της προσομοίωσης, ο καθορισμός του προβλήματος είναι μία συνεχής διαδικασία και τυπικά πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της μελέτης. Καθώς επιπρόσθετα

στοιχεία του προβλήματος βγαίνουν στην επιφάνεια και επιπλέον ερωτήματα αποκτούν ενδιαφέρον, ο καθορισμός του προβλήματος αναθεωρείται ανάλογα.

Στο διάγραμμα ροής του Διαγράμματος 5.8.1 απεικονίζεται η διαδικασία μελέτης προσομοίωσης. Στο διάγραμμα εμφανίζονται τα σημαντικότερα βήματα που συνήθως πραγματοποιούνται στη διαδικασία μιας μελέτης προσομοίωσης. Είναι χρήσιμο να το δούμε ως ένα βοηθητικό εργαλείο και όχι ως ένα «τυφλό» κανόνα διαδοχικών βημάτων λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις ιδιαιτερότητες του συστήματος που προσομοιώνεται.

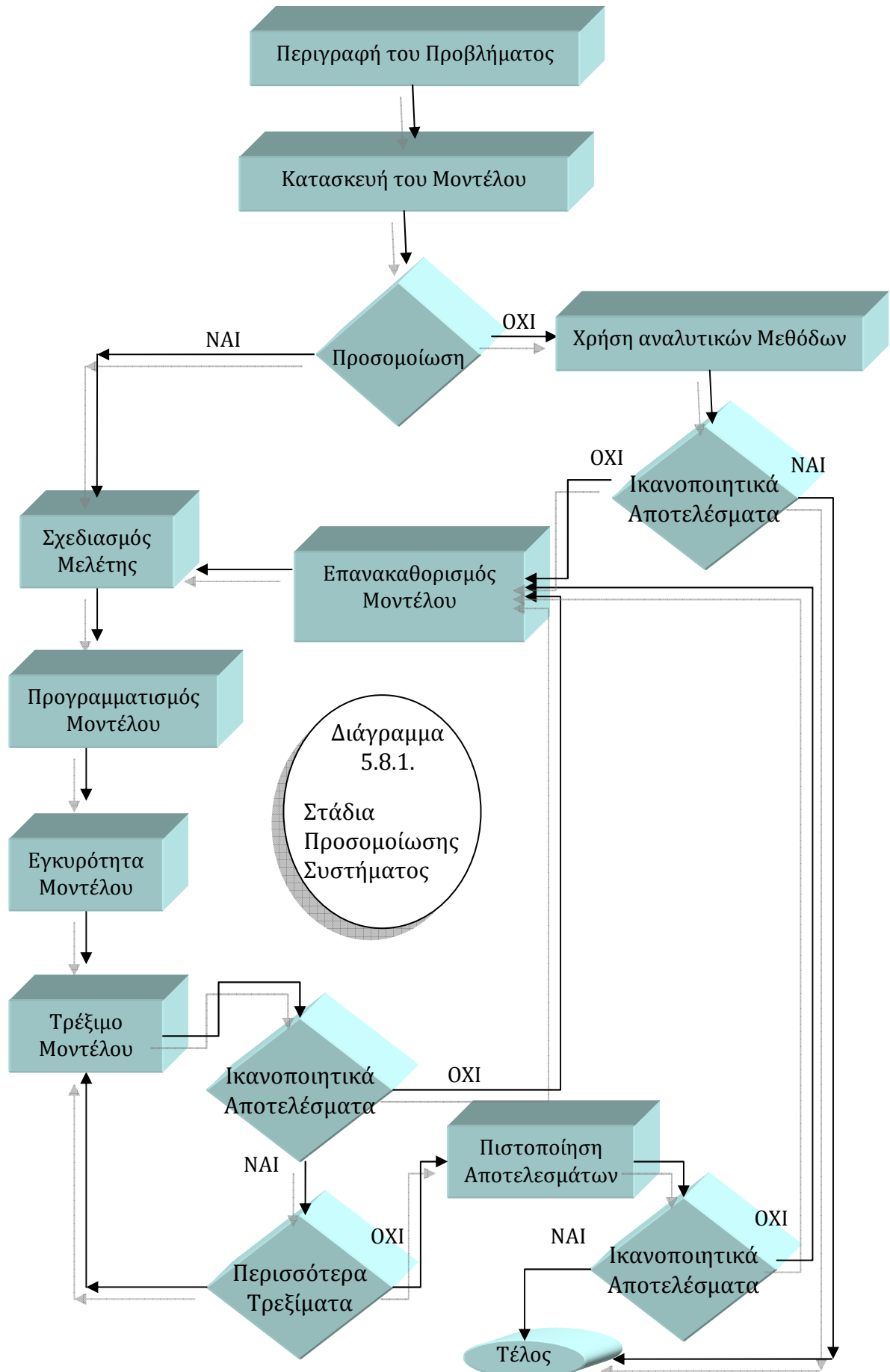
Μέσα σε αυτή τη διαδικασία μπορούν να προσδιοριστούν τα ακόλουθα στάδια !

1. Περιγραφή του προβλήματος : Το πρώτο αυτό στάδιο αφορά η μελέτη του προβλήματος, καθορισμό των στόχων καθώς και της λύσης του προβλήματος.
2. Κατασκευή του μοντέλου : Εδώ θα μετατρέψουμε το σύστημα, συμφωνά με τη διατύπωση του προβλήματος σε σχέσεις μαθηματικές & λογικές.
3. Σχεδιασμός στρατηγικής και τακτικής : Στο στάδιο αυτό καθορίζουμε τις συνθήκες του πειράματος για τη χρήση του μοντέλου.
4. Συγκέντρωση δεδομένων : Αναγνώριση, ο προσδιορισμός και η συλλογή των δεδομένων.
5. Προγραμματισμός του μοντέλου: Προετοιμασία του μοντέλου για την εφαρμογή στον υπολογιστή.

6. Επαλήθευση : Η επιβεβαίωση ότι το πρόγραμμα στον υπολογιστή λειτουργεί ικανοποιητικά.
7. Έλεγχος εγκυρότητας : Η επιβεβαίωση ότι μία επιθυμητή ακρίβεια ή συσχέτιση υπάρχει μεταξύ του μοντέλου προσομοίωσης και του πραγματικού συστήματος.
8. Πειραματισμός: Η εφαρμογή του μοντέλου προσομοίωσης, ώστε να αποκτηθούν αριθμητικά αποτελέσματα.
9. Ανάλυση των αποτελεσμάτων: Η ανάλυση της προσομοίωσης αποσκοπεί στο να εξαχθούν αναφορές - συμπεράσματα και να γίνουν συστάσεις για την επίλυση του προβλήματος.
10. Εφαρμογή και εξαγωγή συμπερασμάτων από δεδομένα: Εφαρμογή αποφάσεων που απορρέουν από την προσομοίωση, καθώς και εξαγωγή συμπερασμάτων γύρω από το μοντέλο και τη χρήση του.

Συμπερασματικά, το σημείο-κλειδί βρίσκεται στο βαθμό κατά τον οποίο η προσομοίωση αντανακλά την πραγματικότητα.

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα στάδια της ανάπτυξης της προσομοίωσης που επισημάνθηκαν προηγουμένως σπάνια παρουσιάζονται σε μία δομημένη σειρά, αρχίζοντας με τον ορισμό του προβλήματος και τελειώνοντας με συζήτηση επί των αποτελεσμάτων. Ένα σχέδιο προσομοίωσης μπορεί να περιλαμβάνει υποθέσεις εσφαλμένες που αργότερα θα πρέπει να απορριφθούν, επαναδιατύπωση των στόχων του σχεδίου, καθώς και επαναλαμβανόμενη εκτίμηση και επανασχεδιασμό του μοντέλου. Ωστόσο, εάν γίνει κατάλληλα το σχέδιο, αυτή η επαναλαμβανόμενη διαδικασία θα πρέπει να οδηγήσει σε ένα μοντέλο προσομοίωσης το οποίο να παρέχει εναλλακτικές και να εμπλουτίζει τη διαδικασία λήψης απόφασης.



---

### 5.9. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

---

Μια χρήσιμη ταξινόμηση των μοντέλων προσομοίωσης μπορεί να γίνει έχοντας ως βάση τις παρακάτω διαφορετικές έννοιες:

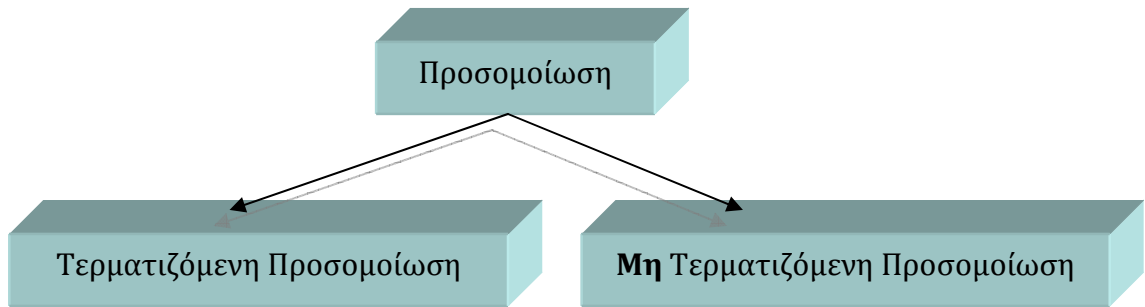
- 1. Στατικά ή Δυναμικά Μοντέλα Προσομοίωσης :** Ένα στατικό μοντέλο προσομοίωσης, αναπαριστά ένα σύστημα σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ή αναπαριστά ένα σύστημα στο οποίο ο χρόνος δεν έχει σημασία. Αντίθετα, ένα δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης αναπαριστά ένα σύστημα, όπως αυτό εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου.
- 2. Ντετερμινιστικά ή Στοχαστικά Μοντέλα Προσομοίωσης :** Αν ένα μοντέλο προσομοίωσης δεν περιλαμβάνει πιθανοτικά (δηλαδή "τυχαία") τμήματα, ονομάζεται ντετερμινιστικό. Για παράδειγμα, ένα πολύπλοκο σύστημα διαφορικών εξισώσεων που περιγράφει μία χημική αντίδραση, μπορεί να είναι ένα τέτοιο μοντέλο. Στα ντετερμινιστικά μοντέλα, η έξοδος είναι καθορισμένη, με δεδομένο το σύνολο των ποσοτήτων και σχέσεων εισόδου του μοντέλου. Όμως, πολλά συστήματα πρέπει να χρησιμοποιήσουν στοχαστικά μοντέλα προσομοίωσης, δηλαδή μοντέλα που θα έχουν τουλάχιστον ορισμένα τμήματα με "τυχαία" είσοδο. Τα περισσότερα υπολογιστικά συστήματα, που βασίζονται στα συστήματα αναμονής (queueing systems), χρησιμοποιούν στοχαστικά μοντέλα προσομοίωσης.
- 3. Αυτο-οδηγούμενα ή Ιχνο-οδηγούμενα Μοντέλα Προσομοίωσης :** Σε ένα αυτο-οδηγούμενο (self-driven) μοντέλο, υπάρχει μία εσωτερική πηγή τυχαίων αριθμών. Οι τυχαίοι αριθμοί οδηγούν τα τμήματα του μοντέλου, δηλαδή χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των στιγμών εμφανίσεων των γεγονότων του συστήματος. Το βασικό χαρακτηριστικό του αυτο-οδηγούμενου μοντέλου είναι ότι αποτελεί ένα αυτόνομο μοντέλο το οποίο δεν χρειάζεται εξωτερικές εισόδους (inputs) για να λειτουργήσει. Αντίθετα, ένα ιχνο-οδηγούμενο (trace-driven) μοντέλο καθοδηγείται από ακολουθίες εισόδου που προέρχονται από δεδομένα (trace data) που έχουν δημιουργηθεί από τη λειτουργία ενός πραγματικού συστήματος. Τέτοια δεδομένα μπορούν να παραχθούν στα περισσότερα υπολογιστικά συστήματα που διαθέτουν ενσωματωμένα προγράμματα ιχνηλάτησης (tracing programs) που παρακολουθούν και καταγράφουν τις

δραστηριότητες του συστήματος. Τα ιχνο οδηγούμενα μοντέλα έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι αποφεύγονται οι δυσκολίες της ανάλυσης πιθανοτήτων που χρειάζεται για τη χρήση κατανομών στην περιγραφή των εισόδων του μοντέλου και επίσης το γεγονός ότι τα μοντέλα αυτά είναι εύκολο να επιβεβαιωθούν. Το πρόβλημα με τα ιχνο οδηγούμενα μοντέλα είναι το μικρό εύρος εφαρμογών που μπορούν να αντιμετωπίσουν. Οι εφαρμογές αυτές πρακτικά περιορίζονται σε υπολογιστικά συστήματα και μάλιστα μόνο για τη μελέτη μετατροπών σε ένα σύστημα που ήδη λειτουργεί.

4. **Συνεχή ή Διακριτά Μοντέλα Προσομοίωσης :** Οι ορισμοί των συνεχών και διακριτών μοντέλων προσομοίωσης, είναι ανάλογοι με τους ορισμούς των συνεχών και διακριτών συστημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Πάντως, πρέπει να σημειωθεί ότι ένα διακριτό μοντέλο δεν χρησιμοποιείται μόνο για την αναπαράσταση ενός διακριτού συστήματος και ένα διακριτό σύστημα δεν αναπαρίσταται μόνο από ένα διακριτό μοντέλο προσομοίωσης. Η απόφαση για τη χρήση ενός διακριτού ή ενός συνεχούς μοντέλου για ένα συγκεκριμένο σύστημα, εξαρτάται από τους ιδιαίτερους στόχους της μελέτης. Για παράδειγμα, ένα μοντέλο της ροής πακέτων δεδομένων σε ένα WAN, θα είναι διακριτό εάν μας ενδιαφέρουν τα χαρακτηριστικά και η κίνηση των επιμέρους πακέτων και κατά συνέπεια των επιμέρους χρηστών. Αντίθετα, αν μας ενδιαφέρει μόνο η συνολική κίνηση, η ροή των πακέτων θα μπορούσε ίσως να περιγραφεί με διαφορικές εξισώσεις σε ένα συνεχές μοντέλο.

#### 5.10. ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ - ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Οι προσομοιώσεις μπορούν να είναι τερματιζόμενες ή μη - τερματιζόμενες, ανάλογα με το αν υπάρχει ή όχι ένας προφανής τρόπος προσδιορισμού της διάρκειας της εκτέλεσης. Διάγραμμα 5.10.1.



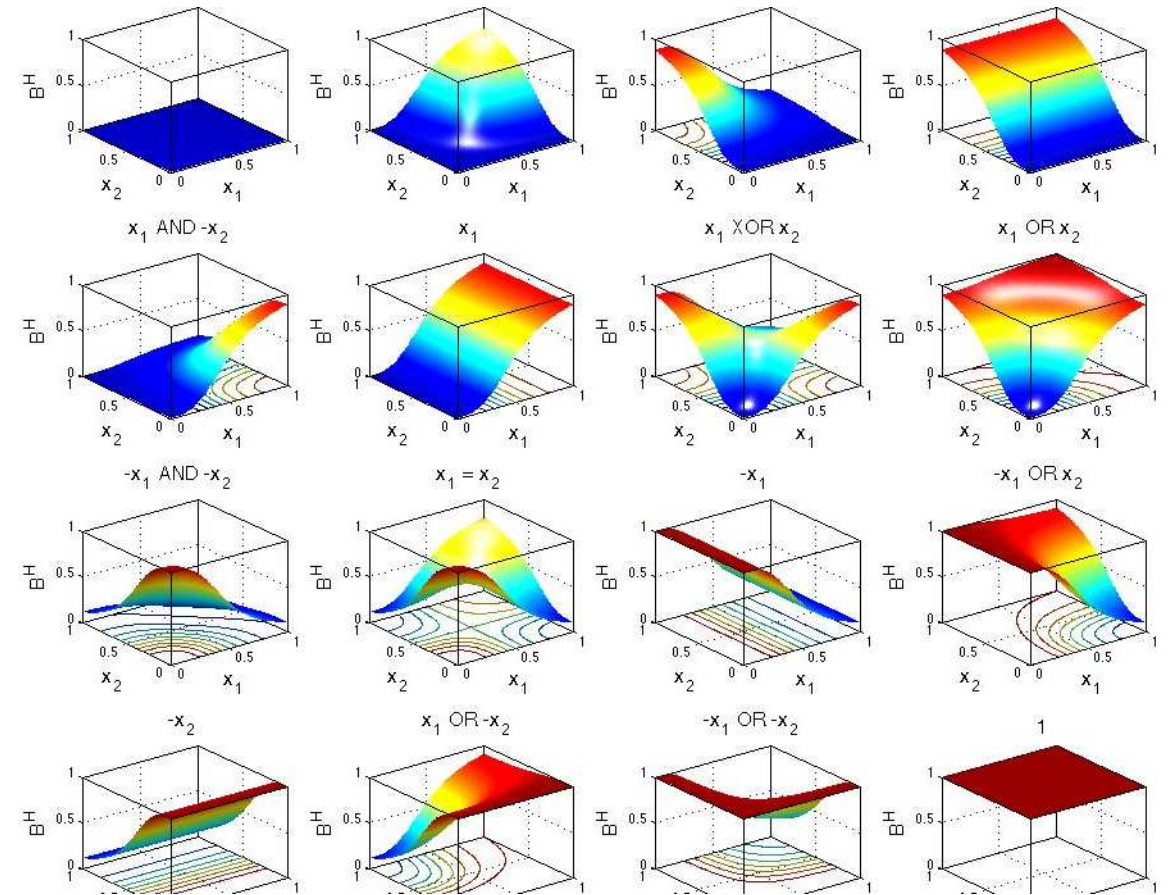
**Διάγραμμα 5.10.1.** Τύποι Προσομοίωσης αναφορικά με την ανάλυση αποτελεσμάτων

1. Σε μία **τερματιζόμενη προσομοίωση**, υπάρχει ένα “φυσικό” γεγονός  $E$ , το οποίο προσδιορίζει τη διάρκεια κάθε εκτέλεσης του προσομοιωτή. Με δεδομένο ότι οι διαφορετικές εκτελέσεις χρησιμοποιούν ανεξάρτητους τυχαίους αριθμούς, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι συγκρίσιμες τυχαίες μεταβλητές από τις διαφορετικές εκτελέσεις, είναι ανεξάρτητες και όμοια κατανομημένες. Το γεγονός  $E$  συχνά εμφανίζεται σε ένα χρονικό σημείο, μετά από το οποίο δεν παίρνουμε άλλη χρήσιμη πληροφορία, ή σε ένα χρονικό σημείο στο οποίο το σύστημα “αδειάζει”. Προσδιορίζεται πριν αρχίσουν οι εκτελέσεις του προσομοιωτή και η στιγμή εμφάνισής του σε μία συγκεκριμένη εκτέλεση, μπορεί να είναι μια τυχαία μεταβλητή. Αφού οι αρχικές συνθήκες μιας τερματιζόμενης προσομοίωσης, γενικά επηρεάζουν τα επιθυμητά μέτρα απόδοσης, οι συνθήκες αυτές θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές των αντίστοιχων αρχικών συνθηκών του πραγματικού συστήματος.
2. Σε μία **μη - τερματιζόμενη προσομοίωση**, δεν υπάρχει φυσικό γεγονός που να προσδιορίζει τη διάρκεια μιας εκτέλεσης.

Μία προσομοίωση ενός συγκεκριμένου συστήματος, μπορεί να είναι είτε τερματιζόμενη ή μη - τερματιζόμενη, ανάλογα με τους αντικειμενικούς στόχους της μελέτης. Ακόμα, πρέπει να σημειώσουμε ότι οι στοχαστικές διαδικασίες που περιγράφουν τα περισσότερα πραγματικά συστήματα, δεν έχουν κατανομές μόνιμης κατάστασης, αφού συνήθως τα χαρακτηριστικά του συστήματος μεταβάλλονται με το χρόνο. Από την άλλη πλευρά όμως, το μοντέλο προσομοίωσης (που είναι μια αφαίρεση της πραγματικότητας),



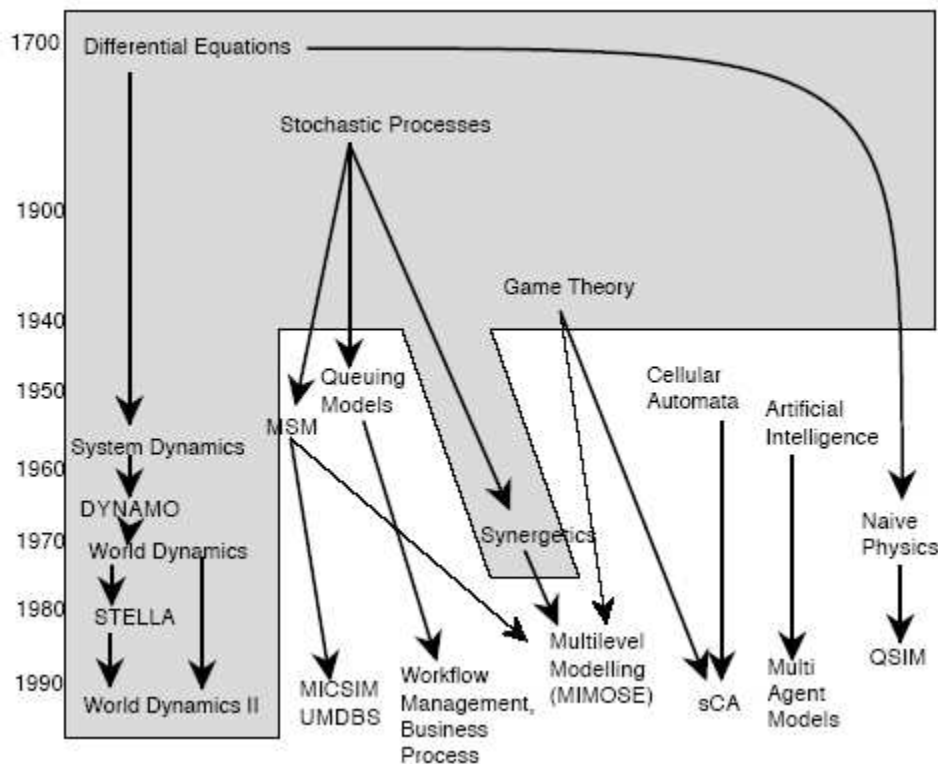
μπορεί να έχει κατανομές μόνιμης κατάστασης, αφού συχνά θεωρούμε ότι τα χαρακτηριστικά του δεν μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου.



# 6 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ-ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ-ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## 6.1. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΙΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η προσομοίωση χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο αριθμό από επιστημονικούς κλάδους. Ιστορικά οι προσομοιώσεις αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα για κάθε κλάδο εφαρμογής τους, ως τον 20ο αιώνα, όπου η θεωρία συστημάτων (systems theory) και η κυβερνητική (cybernetics), σε συνδυασμό με την ευρεία χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, οδήγησαν σε μια ενοποίηση και πιο συστηματική μελέτη των μεθόδων των προσομοιώσεων. Η χρήση των προσομοιώσεων στις κοινωνικές επιστήμες είναι μια μάλλον νέα ιδέα. Μολονότι τα πρώτα παραδείγματα τέτοιου είδους προσομοιώσεων χρονολογούνται στα τέλη της δεκαετίας του 60, οι προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν ευρέως από τη δεκαετία του 90 και μετά ενώ αποτελούν ένα κλάδο με τεράστια δυναμική, μιας και είναι ένας έξοχος τρόπος για τη μοντελοποίηση και την κατανόηση των κοινωνικών διαδικασιών. Η πρώτη ανάπτυξη προσομοιώσεων για τις κοινωνικές επιστήμες σε ηλεκτρονικό υπολογιστή συνέπεσε με τις πρώτες χρήσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή στα πανεπιστήμια για ερευνητικούς σκοπούς στις αρχές της δεκαετίας του 1960 (Gilbert & Troitzsch, 2005/1999). Αφορούσαν κυρίως μοντέλα ουρών (queuing models) και προσομοιώσεις που ανήκουν στο χώρο της συστημικής δυναμικής (system dynamics), εικόνα 6.1.1.



**Εικόνα 6.1.1.** Η ανάπτυξη των διαφόρων μεθόδων προσομοίωσης στις κοινωνικές επιστήμες (Troitzsch, 1997).

Τα μοντέλα προσομοίωσης έχουν βρει τα τελευταία χρόνια και άλλες σημαντικές εφαρμογές. Μια κλασική χρήση των μοντέλων προσομοίωσης αφορά στην πραγματοποίηση προβλέψεων. Όταν έχει αναπτυχθεί ένα μοντέλο που επιτυχημένα αναπαριστά κάποιες κοινωνικές διαδικασίες, πραγματοποιώντας την προσομοίωση (τρέχοντας το πρόγραμμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) μπορούμε να αναλύσουμε τα αποτελέσματα που αφορούν τη μελλοντική εξέλιξη του συστήματος και να πραγματοποιήσουμε προβλέψεις που αφορούν το «πραγματικό» σύστημα στόχο. Για παράδειγμα, σε δημογραφικές έρευνες είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί πρόβλεψη για τα επόμενα χρόνια ή και δεκαετίες για το μελλοντικό μέγεθος του πληθυσμού μιας χώρας, καθώς και για το ποσοστό των ανθρώπων που ανήκουν στις διάφορες ηλικιακές ομάδες. Παρόμοια πρόβλεψη πραγματοποιείται και από μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούν εξισώσεις, στις περισσότερες περιπτώσεις όμως οι προσομοιώσεις δίνουν ακριβέστερες και πιο αξιόπιστες προβλέψεις. Υπάρχουν

μοντέλα που τροφοδοτούνται με το ρυθμό αναπαραγωγής και θνησιμότητας και δίνουν ακριβείς προβλέψεις με λεπτομερή στοιχεία, για αρκετά μεγάλο βάθος χρόνου.

Έχουν κατασκευαστεί προσομοιώσεις δυναμικών μοντέλων στο χώρο της διοίκησης επιχειρήσεων, που επιτρέπουν τον πειραματισμό με στρατηγικές (business strategies) στα πλαίσια ενός περιβάλλοντος που εμπεριέχει υψηλό ρίσκο (risk free environment) οι οποίες παρέχουν μια χρήσιμη επέκταση της μεθόδου της μελέτης περίπτωσης (case study). Ακόμη χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις της εξέλιξης εθνικών οικονομιών για την εκπαίδευση οικονομολόγων και έμπειρα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση γεωλόγων, τα οποία έχουν τη δυνατότητα, για παράδειγμα, να ταξινομήσουν τα πετρώματα σύμφωνα με την πιθανότητα να περιέχονται σε αυτά πολύτιμα πετρώματα. Κατά συνέπεια η προσομοίωση, με τα πολλαπλά εργαλεία που διαθέτει, αποτελεί μία σημαντική μέθοδο με αξιόλογη συμβολή στην όσο το δυνατόν ρεαλιστική και κατανοητή εκπαίδευση (Gilbert & Troitzsch, 2005/1999).

Μια ακόμη χρήση των προσομοιώσεων είναι για ψυχαγωγία και διασκέδαση. Το είδος αυτό καθορίζεται από τα παιχνίδια προσπαθούν να μιμηθούν τους όρους ενός ιδιαίτερου περιβάλλοντος, είτε πραγματικού είτε φανταστικού. Τα παιχνίδια προσομοίωσης (ή εξομοίωσης) προσπαθούν να προσομοιώσουν μια εμπειρία όπως η πλοήγηση ενός αεροσκάφους, όσο πιο ρεαλιστικά γίνεται, λαμβάνοντας υπόψη τους όσο το δυνατόν περισσότερους περιορισμούς του πραγματικού κόσμου. Αρκετά παιχνίδια απλά εξομοιώνουν ρεαλιστικά έναν ιδεατό κόσμο (όπως στο παιχνίδι Sims), ενώ μερικά προσπαθούν να εξομοιώσουν την κατάσταση όπου ο παίκτης παίζει τον ρόλο του Θεού μέσα στο παιχνίδι, δηλαδή δημιουργεί και ελέγχει τα πάντα. Πλέον υπάρχουν και εμπορικοί εξομοιωτές που χρησιμοποιούνται για την πραγματική και ουσιαστική εκπαίδευση ανθρώπων είτε για στρατιωτικούς (όπως εξομοιωτές μαχητικών αεροπλάνων) είτε για πολιτικούς σκοπούς (όπως οι εξομοιωτές τραίνων). Υπάρχουν εξομοιωτές κάθε είδους από απλούς εξομοιωτές πτήσης (Microsoft Flight Simulator), πολεμικούς εξομοιωτές (εξομοιωτές ταγκ, πλοίων, υποβρυχίων κλπ), διαστημικών αποστολών, τραίνων, καθώς και οικονομικών

καταστάσεων, όπου ο παίκτης προσπαθεί να φτιάξει μία δικιά του οικονομική αυτοκρατορία. Ένας μεγάλος αριθμός προσομοιώσεων που πωλούνται ως παιχνίδια βρίσκονται πολύ κοντά στις δραστοστρεφείς κοινωνικές προσομοιώσεις (agent based modelling). Για παράδειγμα, στο παιχνίδι SimCity του Maxis, ο χρήστης παίζει το ρόλο ενός δημάρχου, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλει τους φόρους καθώς και άλλες παραμέτρους και να κυβερνήσει έτσι μια εικονική πόλη ή να πειραματιστεί και να διερευνήσει τις συνέπειες των πολιτικών και οικονομικών του αποφάσεων. Αυτός ο προσομοιωτής πόλης (city simulator) μπορεί να χρησιμοποιείται σαν ένα παιχνίδι, στο παρελθόν όμως, πριν την κατασκευή εξειδικευμένων μοντέλων για ερευνητικούς σκοπούς, αποτέλεσε και ο ίδιος εργαλείο κοινωνικής έρευνας. Η περιληπτική αυτή παρουσίαση κάποιων εφαρμογών της μεθόδου της προσομοίωσης δεν εξαντλεί ούτε την ποικιλία ούτε τις δυνατότητες της μεθόδου στο σύνολο των επιστημονικών κλάδων.

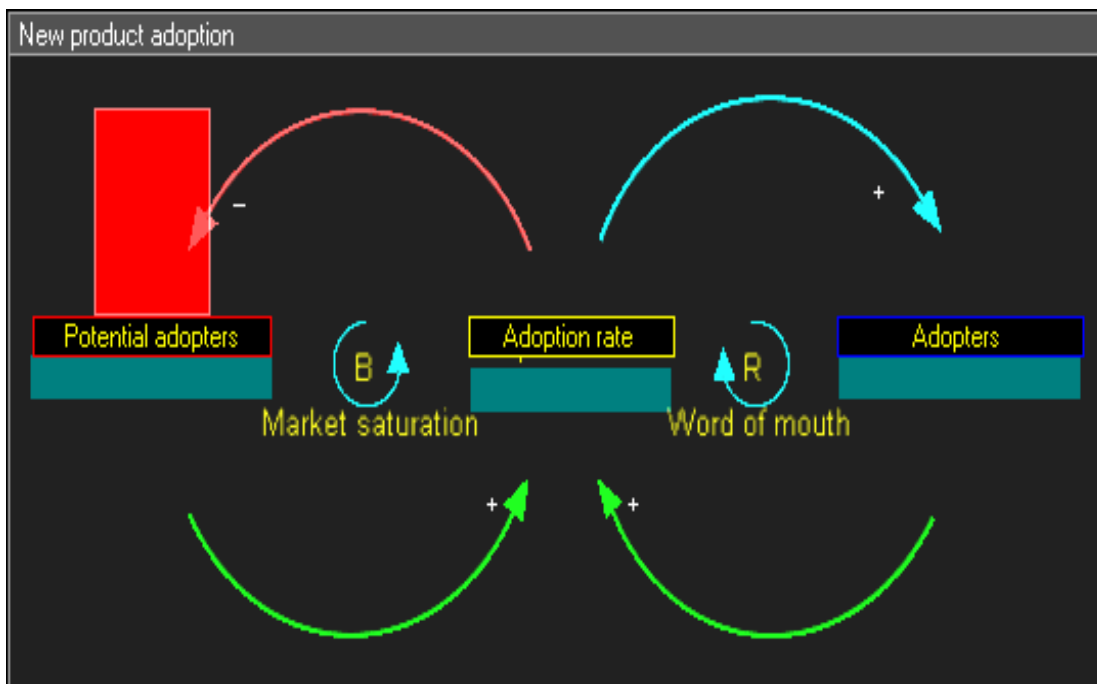
## 6.2. ΜΟΝΤΕΛΑ ΟΥΡΩΝ (QUEUEING MODELS)

Τα μοντέλα ουρών (queueing models) είναι μοντέλα διακριτού χρόνου που χρησιμοποιούνται για την προσέγγιση και βελτιστοποίηση μιας πραγματικής κατάστασης ενός συστήματος αναμονής. Τα μοντέλα ουρών επιτρέπουν τον καθορισμό των βέλτιστων τιμών για μια σειρά από μεταβλητές, έτσι ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Το είδος αυτό των προσομοιώσεων έχει ως πρώτο στόχο την πρόβλεψη των εξόδων του συστήματος, για παράδειγμα το χρόνο που οι πελάτες περιμένουν σε μια ουρά ή το χρόνο που χρειάζονται τα αυτοκίνητα της αστυνομίας να φτάσουν στον τόπο που έχουν κληθεί. Τα μοντέλα αυτά διακριτού χρόνου βρήκαν στο πέρασμα του χρόνου εφαρμογές σε συνήθεις καταστάσεις, όπως η αναμονή των πελατών μιας δημόσιας υπηρεσίας, μιας τράπεζας, των επιβατών σε ένα αεροδρόμιο, αυτών που βρίσκονται στην αναμονή σε ένα τηλεφωνικό κέντρο αλλά και σε πολλούς άλλους επιστημονικούς κλάδους, όπως στο σχεδιασμό και την ανάλυση συστημάτων υπολογιστών. Σε κάθε μοντέλο ουρών ο χρόνος δεν είναι συνεχής, ούτε όμως διακριτός σε ίσα χρονικά διαστήματα, αλλά προχωρά από γεγονός σε

γεγονός. Υπάρχουν σε όλα τα μοντέλα εξυπηρετητές (servers), πελάτες (customers) και προφανώς ουρές (queues). Η συντριπτική πλειοψηφία των μοντέλων αυτών είναι στοχαστικά, δηλαδή ο χρόνος αναμονής για την εμφάνιση του επόμενου πελάτη ακολουθεί μια τυχαία κατανομή, συνήθως την κατανομή Poisson. Η μελέτη τέτοιων μοντέλων στοχεύει στην ανάπτυξη στρατηγικών που τείνουν να αποφεύγουν πιθανά μπουτιλιαρίσματα (bottlenecks) και να αξιοποιήσουν, μέσω του καλύτερου δυνατού συνδυασμού, τις ιδιότητες του συστήματος. Η μέθοδος της προσομοίωσης επιτρέπει στον ερευνητή να μεταβάλλει οποτεδήποτε θελήσει την δομή του συστήματος, έως ότου πετύχει τη βέλτιστη λειτουργία του και στη συνέχεια να τροποποιήσει το σχεδιασμό του συστήματος στόχου. Κάποιες από τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι ο μέσος αριθμός στη σειρά αναμονής ή στο σύστημα, ο μέσος χρόνος που ξοδεύεται στη σειρά αναμονής ή στο σύστημα, η στατιστική κατανομή των δύο προηγούμενων μεταβλητών, η πιθανότητα η σειρά αναμονής να είναι πλήρης ή κενή και η πιθανότητα το σύστημα να βρεθεί σε μια συγκεκριμένη κατάσταση. Οι μη βέλτιστες τιμές των μεταβλητών, που αναφέρονται και σαν μέτρα απόδοσης, μπορούν να αποτελέσουν την αιτία σημαντικών οικονομικών απωλειών σε μια επιχείρηση και τα προβλήματα που προκαλούνται από τις καταστάσεις αναμονής συσχετίζονται συχνά με τη δυσαρέσκεια πελατών για κάποια υπηρεσία. Η ανάλυση των μοντέλων ουρών επιτρέπει να προσδιοριστεί η αιτία των προβλημάτων και να εκτιμηθεί και αξιολογηθεί εκ των προτέρων ο αντίκτυπος οποιωνδήποτε πιθανών αλλαγών. Όπως και στα μοντέλα της συστημικής δυναμικής, αυτός ο τύπος μοντέλου λαμβάνει υπόψη μόνο το μικρό επίπεδο. Αλλά ενώ στα μοντέλα της συστημικής δυναμικής εξετάζεται συχνά το μακρο επίπεδο, σε αυτά τα μοντέλα συμπεριλαμβάνεται συνήθως ένας πολύ μεγάλος αριθμός πρακτόρων καθώς και οι αλληλεπιδράσεις τους στο μικρο επίπεδο. Ο αποδοτικός αριθμός μετρητών και υπαλλήλων πρέπει να ελαχιστοποιήσει το μέσο χρόνο αναμονής των πελατών και το χρόνο που ένας υπάλληλος δεν έχει τίποτα που κάνει. Η απάντηση είναι πολύ απλή όταν ο αριθμός πελατών είναι ίσος με τον αριθμό των ουρών αναμονής κάθε στιγμή, αλλά αυτό δε συμβαίνει σχεδόν ποτέ.

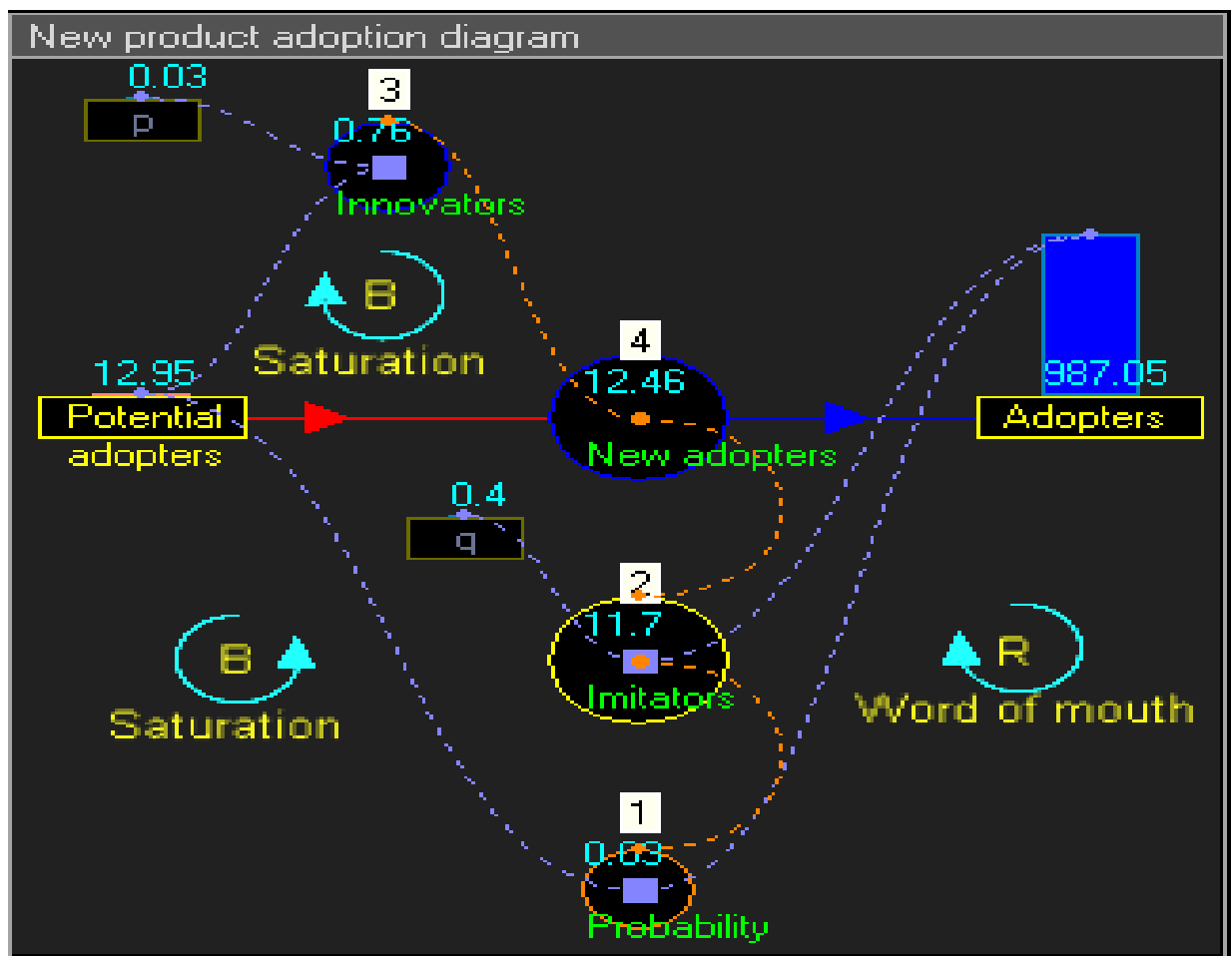
### 6.3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (SYSTEM DYNAMICS)

Τα δυναμικά συστήματα είναι μια μεθοδολογία για τη μελέτη και διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων ανάδρασης που συναντάμε σε επιχειρηματικά και άλλα κοινωνικά συστήματα. Στην πραγματικότητα έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη κάθε είδους συστημάτων ανάδρασης. Ενώ η λέξη σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για κάθε είδους κατάσταση, η ανάδραση είναι το στοιχείο που τα διαφοροποιεί. Η ανάδραση αναφέρεται σε μια κατάσταση όπου το X επιδρά στο Y και στην αναστροφή το Y επιδρά στο X μάλλον διαμέσου μιας αλυσίδας αιτιών και επιδράσεων. Δεν μπορεί κάποιος να μελετήσει τη σύνδεση ανάμεσα στα X και Y και, ανεξάρτητα από αυτά, τη σύνδεση ανάμεσα σε Y και X και να προβλέψει τη συμπεριφορά του συστήματος. Μόνο η μελέτη όλου του συστήματος σαν ένα σύστημα ανάδρασης θα μας οδηγήσει στα σωστά αποτελέσματα.



Η μεθοδολογία των μοντέλων δυναμικών συστημάτων έχει ως εξής :

- Αναγνωρίζει το πρόβλημα
- Αναπτύσσει μια δυναμική υπόθεση εξηγώντας τις αιτίες του προβλήματος.
- Κατασκευάζει στον υπολογιστή ένα μοντέλο προσομοίωσης του συστήματος για τη βάση του προβλήματος.
- Δοκιμάζει το μοντέλο για να σιγουρευτεί ότι αναπαράγει τη συμπεριφορά όπως υπάρχει στην πραγματικότητα.
- Υλοποιεί τη λύση



Σπάνια μπορεί κάποιος να κάνει όλα αυτά τα βήματα χωρίς προηγουμένως να μην έχει κοιτάξει με λεπτομέρεια ένα προηγούμενο βήμα. Παράδειγμα το πρώτο αναγνωρισμένο πρόβλημα μπορεί να είναι ένα σύμπτωμα ενός μεγαλύτερου προβλήματος.

Το πεδίο της μεθοδολογίας των δυναμικών συστημάτων αναπτύχθηκε αρχικά από την εργασία του Jay W. Forrester. Το βιβλίο του *Industrial Dynamics*



(Forrester 1961) συνεχίζει να είναι μια σημαντική ανάλυση της φιλοσοφίας και μεθοδολογίας σ' αυτό το πεδίο. Από την έκδοση της, το φάσμα των εφαρμογών έχει μεγαλώσει ιδιαίτερα και τώρα συμπεριλαμβάνει εργασίες στους τομείς :

- Επιχειρηματική οργάνωση και σχεδιασμός της εταιρικής πολιτικής
- Δημόσια διοίκηση και πολιτική
- Βιολογική και Ιατρική μοντελοποίηση
- Ενέργεια και περιβάλλον
- Ανάπτυξη θεωριών στις φυσικές και κοινωνικές επιστήμες
- Δυναμική δημιουργία αποφάσεων
- Πολύπλοκες μη γραμμικές δυναμικές

[http://www.systemdynamics.org/what\\_is\\_system\\_dynamics.html](http://www.systemdynamics.org/what_is_system_dynamics.html)

Οι προσομοιώσεις της συστημικής δυναμικής χρησιμοποιούν συστήματα διαφορικών εξισώσεων και σχεδιάζουν τις τροχιές των μεταβλητών ως συνάρτηση του χρόνου, με σκοπό να πραγματοποιήσουν προβλέψεις. Η συστημική δυναμική (system dynamics) (βλέπε διάγραμμα 6.1.1) έχει ως αφετηρία τις διαφορικές εξισώσεις (differential equations) και τις εξισώσεις διαφορών (difference equations). Η μοντελοποίηση αυτού του είδους αφορά κάποιο σύστημα στόχο, του οποίου οι ιδιότητες και η δυναμική περιγράφεται από ένα σύστημα εξισώσεων. Από τις εξισώσεις αυτές υπάρχει η δυνατότητα, πραγματοποιώντας μαθηματικούς υπολογισμούς, να προβλεφθεί η μελλοντική κατάσταση του συστήματος στόχου από την τωρινή του κατάσταση. Αυτού του είδους οι προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ερμηνεύσουν την ανάπτυξη μιας οικονομίας σε μακροοικονομικό επίπεδο ή να διερευνήσουν κοινωνικά συστήματα. Σε κάθε περίπτωση αφορούν μόνο το μακρο επίπεδο και χρησιμοποιούν μόνο ένα πράκτορα (agent), με χαμηλή πολυπλοκότητα. Τα συστήματα των εξισώσεων των μοντέλων αυτού του είδους επιδέχονται κάποιες φορές, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, αναλυτική λύση. Η προσέγγιση αυτή όμως, δυστυχώς, δίνει μόνο τις τιμές των μεταβλητών που δίνουν λύσεις οι οποίες καταλήγουν σε κάποια κατάσταση ισορροπίας. Η χρήση προσομοιώσεων σε αυτές τις περιπτώσεις δίνει σημαντικότερες πληροφορίες σχετικά με τις διαφορετικές τροχιές και το χρόνο που χρειάζονται οι μεταβλητές

για να ισορροπήσει το σύστημα. Στο χώρο της συστημικής δυναμικής ανήκουν και οι προσομοιώσεις που διεξήγαγε «Η λέσχη της Ρώμης» (The Club of Rome). Η λέσχη αυτή είναι μια ομάδα ερευνητών που διεξήγαγε προσομοιώσεις και πρόβλεψε μια ολική περιβαλλοντολογική καταστροφή σε κάποια μελλοντική χρονική στιγμή, η οποία θα οφείλεται στην εκθετική αύξηση του πληθυσμού της γης, σε συνδυασμό με την εξάντληση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των αποθεμάτων. Η πρόβλεψη αυτή προκάλεσε μεγάλη αίσθηση στη διεθνή κοινότητα και προσέδωσε στις προσομοιώσεις μια πολύ «κακή» φήμη. Έπειτα από αυτό έγινε σαφές ότι τα αποτελέσματα μιας προσομοίωσης εξαρτώνται απόλυτα από τον ποσοτικό καθορισμό των παραμέτρων του μοντέλου (Gilbert & Troitzsch, 2005/1999).

---

 6.3.1. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ – ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ SYSTEM DYNAMICS
 

---

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται πλήθος διαφορετικών λογισμικών – εργαλείων που υπάρχουν σήμερα διαθέσιμα για τη σχεδίαση - ανάπτυξη και προσομοίωση μοντέλων που βασίζονται στη μεθοδολογία των δυναμικών συστημάτων.

Package name	Freely available/download	License type	Contact	More info
<a href="#">Consideo</a>	N	Commercial	<a href="http://www.consideo-modeler.de/">http://www.consideo-modeler.de/</a>	(commercial software combining different methods, concept maps, system dynamics)
DYNAMO	N	Commercial, no longer distributed commercially	N/A	historical DYNAMO models are often available at the MIT system dynamics web site. DYNAMO software for microcomputers may be available via eBay or other resale sites.
Sphinx SD Tools	Y	Apache License, Version 2.0.	<a href="http://sourceforge.net/projects/sphinxes/">http://sourceforge.net/projects/sphinxes/</a>	
True World	N	Commercial	true-world.com/htm/en	
Stella, iThink	N	Commercial	iseesystems.com/	
Mapsim	Y	GNU Library or Lesser General Public License (LGPL)	<a href="http://mapsim.sourceforge.net/">http://mapsim.sourceforge.net/</a>	
NetLOGO	Y	Free for use by the public. Copyright 1999-2009 by Uri Wilensky.	<a href="http://ccl.northwestern.edu/netlogo">http://ccl.northwestern.edu/netlogo</a>	
SystemDynamics	Y	GPL	<a href="http://sourceforge.net/projects/system-dynamics/">http://sourceforge.net/projects/system-dynamics/</a>	
<a href="#">AnyLogic</a>	N	Commercial	anylogic.com	supports system dynamics, agent based and discrete event modeling
<a href="#">Forio Simulations</a>	N	Commercial	forio.com	web-based system dynamics software
Powersim	N	Commercial	powersim.com	(Commercial system dynamics software)
Simile	N	Commercial	simulistics.com/	(non-free System Dynamics software with object-based concepts)
<a href="#">Vensim</a>	N	Commercial	vensim.com/	(non-free zero-cost software for educational and personal use)

[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_system\\_dynamics\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_system_dynamics_software)

#### 6.4. ΜΙΚΡΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (MICRO ANALYTICAL SIMULATION MODELS)

---

Μια άλλη κατηγορία μοντέλων προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι τα μικρο αναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης (micro analytical simulation models). Τα μοντέλα αυτά επιχειρούν την διερεύνηση των αποτελεσμάτων των επεμβάσεων οικονομικής και κοινωνικής πολιτικής. Αυτός ο τύπος προσομοίωσης επιτρέπει να ληφθούν υπόψη δύο επίπεδα ανάλυσης, το μικρο και το μακρο, καθώς επίσης περιλαμβάνει και πράκτορες με υψηλότερη πολυπλοκότητα. Η εξέταση των φαινομένων σε δύο επίπεδα είναι απαραίτητη, επειδή οι ερευνητές ενδιαφέρονται συνήθως για τα αποτελέσματα των πολιτικών επεμβάσεων στο συνολικό επίπεδο, όπως για παράδειγμα η πιθανή μεταβολή του μεγέθους των φορολογικών εσόδων μετά από μια αλλαγή του φορολογικού συστήματος. Όμως, τα συνολικά φορολογικά έσοδα εξαρτώνται από την κατανομή του εισοδήματος μεταξύ των οικογενειών, όπως αυτή επιδρά στο μικροοικονομικό επίπεδο. Προκειμένου να “συλληφθούν” από τη διαδικασία της μοντελοποίησης οι αντιδράσεις των μεμονωμένων οικογενειών, που οφείλονται στο διαφορετικό επίπεδο εισοδήματος τους, μέσα σε ένα μεταβαλλόμενο φορολογικό σύστημα, είναι απαραίτητο το μοντέλο να τις συμπεριλάβει, άρα να ορίσει ένα σύνολο υποθέσεων στο μικρο επίπεδο. Στην οικοδόμηση ενός μικρο αναλυτικού μοντέλου προσομοίωσης ο ερευνητής αρχίζει με τη συλλογή των στοιχείων από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του πληθυσμού στόχου, όσον αφορά τις ιδιότητες ενδιαφέροντος και με την αναπαραγωγή των συλλεχθέντων στοιχείων από το μοντέλο προσομοίωσης εξετάζει την επίδραση που έχει η τροποποίηση κάποιων μεταβλητών, όπως για παράδειγμα η αλλαγή του φορολογικού συστήματος στο μικρο και στο μακρο επίπεδο, δηλαδή στις οικογένειες αλλά και στο σύνολο των φορολογικών εσόδων. Είναι προφανές ότι η μελέτη αυτή βοηθά εξαιρετικά και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, που αφορούν σε οποιαδήποτε αλλαγή κοινωνικής ή οικονομικής πολιτικής.

## 6.5. ΤΑ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΗ ΑΥΤΟΜΑΤΑ (CELLULAR AUTOMATA)

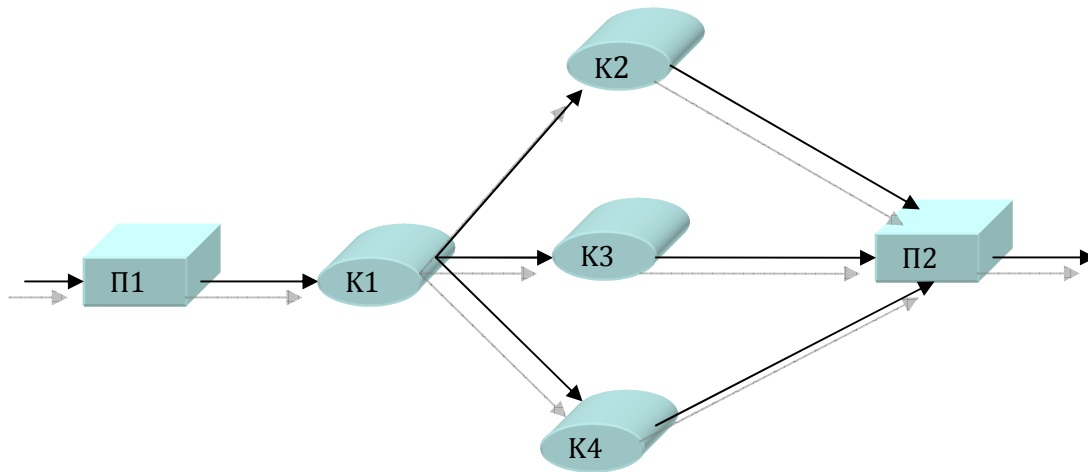
Μια άλλη κατηγορία μοντέλων προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται στις κοινωνικές επιστήμες είναι αυτά που βασίζονται στα κυψελοειδή αυτόματα. Τα κυψελοειδή αυτόματα (cellular automata) χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση της τοπικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των πρακτόρων. Ένα κυψελοειδές αυτόματο είναι ένα κανονικό πλέγμα σε μια δεδομένη διάσταση, τα μοντέλα όμως που εδράζονται σε μονοδιάστατα ή δυσδιάστατα κυψελοειδή αυτόματα είναι αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο. Αποτελούνται από έναν αριθμό κελιών (cells), όπου κάθε κελί βρίσκεται σε μια κατάσταση, ανάμεσα από ένα σύνολο καλά καθορισμένων καταστάσεων. Κάθε κελί μεταβάλλει την κατάστασή του δυναμικά στο χρόνο και αλληλεπιδρά με τα γειτονικά του κελιά. Οι κανόνες αλληλεπίδρασης (transition rules) και αλλαγής κατάστασης για τα κελιά, που αποτελούν μια από τις σημαντικότερες συνιστώσες του μοντέλου, καθορίζονται εκ των προτέρων και μπορούν να είναι ομοιογενείς για όλα τα κελιά ή ετερογενείς.

Βασική ιδέα αυτής της μεθοδολογίας είναι η διάσπαση ενός συνολικού μοντέλου, που αναπαριστά ολόκληρο το σύστημα που προσομοιώνεται, σε μικρότερα υπομοντέλα, που ονομάζονται κελιά (cells). Η ομαδοποίηση αυτή των δραστηριοτήτων γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε η εκτέλεση οποιασδήποτε δραστηριότητας ή γεγονότος σε κάποιο κελί, να είναι ανεξάρτητη από την κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα άλλα κελιά τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η έννοια ενός μοντέλου κελικής προσομοίωσης επεξηγείται με το παρακάτω απλό παράδειγμα. Έστω ότι το σύστημα που προσομοιώνεται είναι ένα τμήμα κάποιου εργοστασίου, όπου βρίσκονται 3 μηχανές που εκτελούν την ίδια ακριβώς κατεργασία. Τα προϊόντα, καθώς φθάνουν στο σύστημα, εκχωρούνται διαδοχικά σε μια μηχανή (π.χ. το πρώτο στη μηχανή Α, το δεύτερο στη Β, το τρίτο στη Γ, το τέταρτο πάλι στη Α κ.ο.κ.). Αφού εκχωρηθεί σε κάποια μηχανή ένα προϊόν είτε αρχίζει άμεσα την κατεργασία του, αν η μηχανή δεν είναι απασχολημένη, είτε περιμένει να τελειώσει η κατεργασία του προηγούμενου προϊόντος. Οι δραστηριότητες του συστήματος αυτού είναι οι εξής : 1) Άφιξη προϊόντος στο σύστημα, 2) εκχώρηση του σε μηχανή, 3) κατεργασία στη μηχανή

A, 4) κατεργασία στη μηχανή B, 5) κατεργασία στη μηχανή Γ. Σε ένα μοντέλο κελικής προσομοίωσης η ομαδοποίηση των παραπάνω δραστηριοτήτων θα γίνονταν σε 4 κελιά, ως εξής : Κελί 1 : Άφιξη προϊόντος, εκχώρηση σε μηχανή. Κελί 2 : Κατεργασία στην A. Κελί 3 : κατεργασία στη B. Κελί 4 : Κατεργασία στη Γ. Η ομαδοποίηση αυτή είναι δυνατή επειδή η εκχώρηση προϊόντων στις μηχανές γίνεται με προκαθορισμένη σειρά και χωρίς να εξετάζεται ο αριθμός των προϊόντων που περιμένουν για κατεργασία σε κάθε μηχανή. Αν γίνονταν κάτι τέτοιο, τότε η δραστηριότητα «εκχώρηση» θα εξαρτιόταν από την κατάσταση των κελιών 2,3 και 4 και επομένως δε θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε ξεχωριστό κελί. Στην περίπτωση αυτή ολόκληρο το μοντέλο θα αποτελείται από ένα και μόνο κελί, όπου θα περιλαμβάνονταν όλες οι δραστηριότητες, όπως δηλαδή θα γινόταν σε ένα κλασσικό μοντέλο προσομοίωσης.

Το χαρακτηριστικό της προσομοίωσης που τη διαφοροποιεί από τις αναλυτικές τεχνικές της επιχειρησιακής έρευνας είναι το ότι πρόκειται για μέθοδο πειραματική. Ένα μοντέλο προσομοίωσης «δεν λύνεται», ώστε να δώσει την άριστη λύση, αλλά χρησιμοποιείται επαναληπτικά για την αξιολόγηση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων, μέχρι να βρεθεί κάποια ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα που μελετάται. Ο πειραματισμός λοιπόν αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι κάθε προβλήματος προσομοίωσης και στην πράξη κατά κανόνα ,ο χρόνος που αφιερώνεται στο στάδιο αυτό είναι, ή τουλάχιστο πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερος από εκείνον που απαιτείται για την κατασκευή του μοντέλου. Η αναζήτηση μιας ικανοποιητικής λύσης γίνεται κάνοντας κάποιες αλλαγές στο αρχικό μοντέλο και ξαναβάζοντας το σε λειτουργία, για να εκτιμηθούν οι συνέπειες των αλλαγών στη συμπεριφορά του συστήματος. Οι αλλαγές αυτές πρέπει να γίνονται με συστηματικό τρόπο, ώστε να μη γίνονται άσκοπες επαναλήψεις του πειράματος, ενώ παράλληλα, συμπεράσματα και πληροφορίες, που προκύπτουν από τις πρώτες επαναλήψεις να χρησιμοποιούνται, όσο είναι δυνατό, στις επόμενες με σκοπό την εξοικονόμηση χρόνου και τη διεύρυνση του φάσματος των λύσεων που εξετάζονται. Ένα μοντέλο κελικής προσομοίωσης αξιοποιεί, όπως θα δούμε στη συνέχεια, τις πληροφορίες που προκύπτουν στις διαδοχικές επαναλήψεις του πειράματος, μειώνοντας σημαντικά το συνολικό χρόνο πειραματισμού. Θα εξετάσουμε τα πειραματικά πλεονεκτήματα της

κελικής προσομοίωσης με το απλό σύστημα του εργοστασίου της προηγούμενης ενότητας. Σχηματικά, το κελικό μοντέλο του συστήματος αυτού έχει ως εξής : Οι κύκλοι K1, . . . , K4 παριστάνουν τα κελιά του συστήματος και τα τετράγωνα Π1 και Π2 το περιβάλλον του συστήματος (π.χ. τα υπόλοιπα τμήματα του εργοστασίου). Έστω ότι ο σκοπός της προσομοίωσης είναι η εκτίμηση του αριθμού των προϊόντων που τελειώνουν την κατεργασία τους ανά μονάδα χρόνου. Έστω ακόμα ότι πρέπει να μελετηθούν πιθανές αλλαγές στον χρόνο κατεργασίας στη μηχανή Β για την εξάλειψη της συσσώρευσης προϊόντων που παρατηρείται.



Διάγραμμα 6.5.1. Προσομοίωση Τμήματος Εργοστασίου

Πρόκειται συγκεκριμένα να μελετηθεί ο βαθμός που πρέπει να συμπιεσθεί η διάρκεια κατεργασίας, ώστε να εξαλειφθεί το φαινόμενο. Θα πρέπει, επομένως, να γίνουν διαδοχικές προσομοιώσεις του συστήματος χρησιμοποιώντας διαφορετικούς χρόνους κατεργασίας σε κάθε επανάληψη, μέχρι να βρεθεί μια ικανοποιητική λύση. Χρησιμοποιώντας σε κάθε επανάληψη τις ίδιες αρχικές συνθήκες και την ίδια σειρά τυχαίων αριθμών, δηλαδή μια αρκετά συνηθισμένη τακτική στο σχεδιασμό πειραμάτων προσομοίωσης, παρατηρούνται τα εξής: Από τα κελιά 1, 2 και 4 θα περάσει ο ίδιος αριθμός προϊόντων και μάλιστα στις ίδιες χρονικές στιγμές, όπως στη πρώτη επανάληψη του πειράματος. Αντίθετα, η ροή προϊόντων θα αλλάξει μόνο στο κελί 3. Στην περίπτωση αυτή η συλλογή

στοιχείων για τη συμπεριφορά του κελιού 3 μπορεί να γίνει ανεξάρτητα, χωρίς δηλαδή να απαιτείται παράλληλη επανάληψη της προσομοίωσης των κελιών 2 και 4. Ακόμα, αν κατά την πρώτη επανάληψη του πειράματος καταγραφούν οι χρονικές στιγμές που προϊόντα φεύγουν από το κελί 1 με κατεύθυνση το κελί 3, τότε σε κάθε διαδοχική επανάληψη, δεν θα είναι απαραίτητη η επανάληψη της προσομοίωσης και του κελιού 1. Η προσομοίωση δηλαδή του κελιού 3, μπορεί να γίνει ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας σαν εισροή τα δεδομένα που καταγράφηκαν στην πρώτη επανάληψη, και όχι το ίδιο το υπομοντέλο του κελιού 1. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση χρόνου, αφού η προσομοίωση ολοκλήρου του συστήματος ουσιαστικά αντικαθίσταται από την προσομοίωση ενός μόνο κελιού. Έστω τώρα ότι κάποια μεταβολή γίνεται στο κελί 1 (π.χ. αλλαγή του ρυθμού άφιξης προϊόντων στο σύστημα). Στην περίπτωση αυτή αλλάζουν και οι 3 εκροές από το κελί αυτό, προς τα κελιά 2, 3 και 4, ακόμα και αν χρησιμοποιηθούν οι ίδιες αρχικές συνθήκες και οι ίδιοι τυχαίοι αριθμοί. Τώρα λοιπόν είναι απαραίτητο να επαναληφθεί η προσομοίωση ολόκληρου του συστήματος, μπορεί ακόμα να κατασκευαστεί και από διαφορετικούς ανθρώπους, αν καθορισθούν προηγουμένως οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα κελιά-και έτσι απλοποιείται η διαδικασία τόσο της συγγραφής όσο και της διόρθωσης του προγράμματος του υπολογιστή. Ακόμα, για πολύ μεγάλα μοντέλα, που πιθανόν να ξεπερνούν τις δυνατότητες μνήμης του διαθέσιμου υπολογιστή, η προσομοίωση του όλου συστήματος μπορεί να γίνει σταδιακά, προσομοιώνοντας ορισμένες ομάδες κελιών κάθε φορά.

#### 6.6. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΠΡΑΛΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (PHYSICAL SIMULATIONS)

---

Ένας άλλος σημαντικός τομέας εφαρμογής είναι και οι προσομοιώσεις ρεαλιστικών μοντέλων (physical simulations). Στις προσομοιώσεις αυτές τα φυσικά αντικείμενα αντικαθιστούν τα πραγματικά αντικείμενα, γιατί μπορεί να είναι φθηνότερα ή μικρότερα από τα πραγματικά, όπως για παράδειγμα το crash test στα αυτοκίνητα. Οι προσομοιώσεις φυσικών μοντέλων που συμπεριλαμβάνουν και ανθρώπους ονομάζονται διαδραστικές προσομοιώσεις



(interactive simulations), όπως οι προσομοιωτές πτήσης κ.α. (βλέπε εικόνα 6.6.1.)



**Εικόνα 6.6.1.** Παράδειγμα αλληλεπιδραστικής προσομοίωσης με σκοπό την εκγύμναση και την άσκηση ανθρώπων πάνω σε πρακτικές δεξιότητες: ξύλινος μηχανικός προσομοιωτής ίππευσης αλόγου που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου (Από το διαδίκτυο, <http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>)

Οι προσομοιώσεις αυτές χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση και κατάρτιση πολιτικού και στρατιωτικού προσωπικού. Αυτό συνήθως συμβαίνει γιατί η εκπαίδευση με το πραγματικό υλικό είναι είτε ακριβή είτε επικίνδυνη. Στις περιπτώσεις αυτές οι εκπαιδευόμενοι θα αφιερώσουν αρκετές ώρες μαθαίνοντας μέσα στο ασφαλές περιβάλλον της προσομοίωσης, όπου τα λάθη που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης είναι ουσιαστικά χωρίς συνέπειες. Η προσομοίωση σήμερα αποτελεί μια απαραίτητη λειτουργία στο σχεδιασμό και υλοποίηση προγραμμάτων εκσυγχρονισμού και ανάπτυξης

επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, προκειμένου να αποφασισθεί η καλύτερη δυνατή λύση και να γίνουν οι σωστότερες ενέργειες με το μικρότερο κόστος και ρίσκο.

#### 6.7. ΔΡΑΣΤΟΣΤΡΕΦΕΙΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ (AGENT BASED SIMULATION)

Οι δραστοστρεφείς προσομοιώσεις (agent-based simulations) και τα δραστοστρεφή μοντέλα (agent-based models) είναι μια νέα τεχνολογία προσομοίωσης σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές που χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την περιγραφή και τη διερεύνηση των κοινωνικών φαινομένων. Η βασική ιδέα είναι η κατασκευή ενός αριθμού πρακτόρων που διαθέτουν κάποιες ιδιότητες και ακολουθούν συγκεκριμένους κανόνες συμπεριφοράς και αλληλεπίδρασης και στη συνέχεια το «τρέξιμο» της προσομοίωσης, όπου όλοι οι πράκτορες αλληλεπιδρούν παράλληλα. Σύμφωνα με τον Epstein (1999) τα δραστοστρεφή μοντέλα των κοινωνικών προσομοιώσεων χαρακτηρίζονται από πέντε βασικές ιδιότητες, **ετερογένεια, αυτονομία, καθορισμένο χώρο, τοπικές αλληλεπιδράσεις και περιορισμένη ορθολογιστική ικανότητα**. Η ετερογένεια (heterogeneity) αναφέρεται στο γεγονός ότι οι πράκτορες διαφέρουν ως προς τις προτιμήσεις τους ή τους κανόνες που καθορίζουν τη συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και πολλές φορές έχει αναπάντεχα αποτελέσματα στο μακρο επίπεδο. Η ετερογένεια χρησιμοποιείται, όχι μόνο για να μιμηθεί την ανθρώπινη επιθυμία, αλλά χρησιμεύει και στη δημιουργία μοναδικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πρακτόρων. Η έννοια των αυτονομίας (autonomy) των πρακτόρων σημαίνει ότι ο έλεγχος ή η επιβολή κάποιας τάξης δεν επιβάλλεται άνωθεν (top down) στο μοντέλο και ότι οι περιορισμοί μπορεί να υπάρξουν μόνο στους κανόνες που ακολουθούν οι πράκτορες στο ατομικό μικρο επίπεδο και όχι στο συλλογικό μακρο επίπεδο. Η εξέλιξη και η αλλαγή προκύπτουν από τις τοπικές αλληλεπιδράσεις και το μικρο επίπεδο προς το μακρο και όχι αντίστροφα. Η τρίτη ιδιότητα των δραστοστρεφών μοντέλων, κατά τον Epstein αναφέρεται στο γεγονός ότι η τεχνητή κοινωνία λαμβάνει χώρα σε ένα αυστηρά καθορισμένο χώρο (explicit space), που συνήθως είναι ένα  $n$ -διάστατο κυψελοειδές αυτόματο. Τα δραστοστρεφή μοντέλα των κοινωνικών

προσομοιώσεων χαρακτηρίζονται ακόμη και από τις τοπικές αλληλεπιδράσεις (local interactions) μεταξύ των πρακτόρων. Αυτό σημαίνει ότι οι πράκτορες αλληλεπιδρούν με γειτονικούς πράκτορες και όχι απομακρυσμένους. Η έννοια των τοπικών αλληλεπιδράσεων ενισχύει έτσι την ομοιότητα της προσομοίωσης με τις «πραγματικές» ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις μέσα σε καθορισμένο γεωγραφικό ή πολιτιστικό χώρο. Τέλος, οι πράκτορες των υπόκεινται στην περιορισμένη ορθολογική ικανότητα (bounded rationality), ακολουθούν δηλαδή απλούς κανόνες και αποκρίνονται στις τοπικές πληροφορίες που παράγονται από την επαφή τους με άλλους πράκτορες. Οι κοινωνικές προσομοιώσεις που βασίζονται στη δραστοστρεφή μοντελοποίηση υποθέτουν την ύπαρξη ορίων στην ορθολογιστική ικανότητα των ατόμων, γεγονός που υποστηρίζεται από τις πρόσφατες έρευνες στο χώρο της γνωστικής ψυχολογίας (Elliott & Kiel, 2004). Στη συνέχεια θα χρησιμοποιούμε τους όρους δραστοστρεφείς προσομοιώσεις και δραστοστρεφή μοντέλα χωρίς να δηλώνουμε κάποια διαφορά μεταξύ τους, παρότι ο όρος μοντέλο συνήθως δηλώνει οποιαδήποτε αναπαράσταση της πραγματικότητας, ενώ ο όρος προσομοίωση δηλώνει πως εξελίσσεται το μοντέλο στο χρόνο ή την πρακτική εφαρμογή ενός μοντέλου με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Υπάρχει ακόμη ο όρος πολύ-πρακτορικά συστήματα (multi agent systems) χωρίς κάποια σαφής διάκριση με τους προαναφερθέντες όρους. Ένας ακόμη όρος που χρησιμοποιείται για τα δραστοστρεφή μοντέλα, όταν αυτά έχουν εφαρμογή στις κοινωνικές επιστήμες, είναι ο όρος τεχνητές κοινωνίες (artificial societies), κι αυτό γιατί τα δραστοστρεφή μοντέλα, αν και πολλές φορές έχουν αξιοσημείωτες διαφορές στις εφαρμογές και στον τρόπο προσέγγισης των φαινομένων που διερευνούν, προσπαθούν γενικά να δημιουργήσουν μικρόκοσμους (micro worlds) ή δυνάμει κόσμους (would-be worlds) μέσα σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, με στόχο τη διερεύνηση του μηχανισμού με τον οποίο οι αλληλεπιδράσεις και οι ποικίλες συμπεριφορές αυτόνομων πρακτόρων παράγουν δομή και αυτό-οργάνωση (Casti, 1997). Για τις αυτόνομες οντότητες των δραστοστρεφών μοντέλων χρησιμοποιείται ο όρος πράκτορας (agent) ή δράστης. Οι δύο αυτοί όροι ταυτίζονται στα πλαίσια της δραστοστρεφούς μοντελοποίησης, ο όρος δράστης όμως δε φέρει τους ίδιους συσχετισμούς (connotations) στα πλαίσια της κοινωνικής θεωρίας. Στη συνέχεια

θα αναλύσουμε τον όρο πράκτορας στο πλαίσιο της δραστοστρεφούς μοντελοποίησης. Μολονότι δεν υπάρχει ομοφωνία για τον ακριβή ορισμό του πράκτορα, οι διάφοροι ορισμοί που έχουν προταθεί τείνουν να συμφωνούν σε περισσότερα σημεία παρά να διαφωνούν. Αρκετοί ερευνητές, δίνοντας έμφαση στην εξέλιξη των δραστοστρεφών μοντέλων από τα κατανεμημένα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, θεωρούν ότι οποιοσδήποτε τύπος ανεξάρτητης συνιστώσας (component) ενός μοντέλου ή κάποιας ενιαίας μονάδας προγραμματισμού (software), μπορεί να θεωρηθεί ως πράκτορας (Bonabeau, 2001). Η συμπεριφορά μιας ανεξάρτητης συνιστώσας μπορεί να ποικίλει από απλούς κανόνες αντίδρασης μέχρι το επίπεδο περίπλοκης νοημοσύνης, η οποία διαθέτει την ικανότητα να προσαρμόζεται στο περιβάλλον. Άλλοι ερευνητές πιστεύουν ότι η συμπεριφορά μιας συνιστώσας πρέπει να έχει την ικανότητα της προσαρμογής (adaptation) στο περιβάλλον για να θεωρηθεί πράκτορας (Mellouli et al, 2003), δηλαδή μόνο οι συνιστώσες του μοντέλου που έχουν την ικανότητα να μαθαίνουν, υπό κάποια έννοια, από το περιβάλλον και να προσαρμόζουν ανάλογα τη συμπεριφορά τους μπορούν να αποκαλούνται πράκτορες. Ο Casti (1997) υποστηρίζει ότι οι πράκτορες θα πρέπει να έχουν κανόνες συμπεριφοράς που να ανήκουν σε δύο επίπεδα, δηλαδή απλούς κανόνες συμπεριφοράς αλλά και υψηλότερου επιπέδου κανόνες, σύμφωνα με τους οποίους να μπορούν να τροποποιούν τους κανόνες συμπεριφοράς τους, δηλαδή κανόνες προσαρμογής ως αντίδραση στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Ο ορισμός του όρου από τον Jennings (2000), στα πλαίσια της επιστήμης των πληροφορικής, δίνει έμφαση στα χαρακτηριστικά της αυτόνομης συμπεριφοράς των πρακτόρων. **Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, η σημαντικότερη ιδιότητα μιας συνιστώσας του μοντέλου, για να δικαιούται το χαρακτηρισμό πράκτορας, είναι η δυνατότητα να παίρνει ανεξάρτητες αποφάσεις και άρα να έχει μια ενεργή και όχι παθητική στάση. Γενικώς οι πράκτορες έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Macal & North, 2005). Ένας πράκτορας<sup>3</sup> είναι μια οντότητα με ένα σύνολο χαρακτηριστικών και κανόνων που καθορίζουν τη συμπεριφορά της καθώς και την ικανότητα λήψης αποφάσεων. Η οντότητα αυτή είναι διακριτή και έχει όρια, έτσι**

---

<sup>3</sup> Οι πράκτορες δεν έχουν φύλλο

ώστε να είναι ξεκάθαρο αν κάτι είναι ή δεν είναι μέρος του πράκτορα, ή είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό. Ένας πράκτορας είναι τοποθετημένος σε ένα περιβάλλον και αλληλεπιδρά με άλλους πράκτορες. Οι πράκτορες έχουν πρωτόκολλα για τις αλληλεπιδράσεις καθώς και την ικανότητα να αντιδρούν στο περιβάλλον τους. Έχουν επίσης την ικανότητα να αναγνωρίζουν και να διαχωρίζουν τα χαρακτηριστικά των άλλων πρακτόρων. Οι πράκτορες έχουν στόχους να επιτύχουν, όχι όμως απαραίτητα να μεγιστοποιήσουν, σε σχέση με το περιβάλλον τους. Κάθε πράκτορας είναι αυτόνομος και αυτοκαθοδηγούμενος. Μπορεί να δρα ανεξάρτητα μέσα στο περιβάλλον και να αλληλεπιδρά με τις άλλους πράκτορες, τουλάχιστον σε κάποιες συγκεκριμένες καταστάσεις. Τα δραστοστρεφή μοντέλα αποτελούνται από ένα μεγάλο αριθμό αυτόνομων πρακτόρων, οι οποίοι μπορούν να ενεργήσουν χωρίς την επέμβαση των ανθρώπων ή άλλων συστημάτων, σύμφωνα πάντα με τους κανόνες που έχει θέσει ο κατασκευαστής του μοντέλου. Επειδή όμως τα περιβάλλοντα αλλάζουν συνεχώς και δεν είναι πλήρως γνωστά στους πράκτορες, οι οποίοι δεν έχουν την πλήρη γνώση του περιβάλλοντος κάθε χρονική στιγμή. Κατά συνέπεια, η ίδια δράση διενεργηθείσα δύο φορές (σε δύο περιβάλλοντα που φαίνονται ίδια στον πράκτορα), μπορεί να έχει διαφορετικά αποτελέσματα, λόγω διαφορών στα δύο περιβάλλοντα που δεν γίνονται αντιληπτές στους δράστες. Μπορεί μάλιστα η δράση ενός πράκτορα να αποτύχει να έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τέλος, κάποιιοι πράκτορες έχουν την ευελιξία και την ικανότητα να μαθαίνουν και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους στην πάροδο του χρόνου βασιζόμενοι στην εμπειρία τους. Αυτό απαιτεί την ύπαρξη ενός είδους μνήμης. Ένας πράκτορας μπορεί ακόμη να έχει κανόνες για να τροποποιεί τους κανόνες της συμπεριφοράς του.

Σύμφωνα με τους Gilbert & Troitzsch (2005/1999), υπάρχουν μια σειρά λόγων που οι προσομοιώσεις είναι καταλληλότερες από τα μαθηματικά για την τυποποίηση των κοινωνικών θεωριών. Οι γλώσσες προγραμματισμού είναι πιο συγκεκριμένες στην έκφραση των υποθέσεων μιας κοινωνικής θεωρίας και λιγότερο αφηρημένες από τις μαθηματικές τεχνικές. Τα προγράμματα ακόμη είναι καταλληλότερα για τη μοντελοποίηση παράλληλων διαδικασιών ή

διαδικασιών χωρίς καλά ορισμένη χρονική αλληλουχία από τις μαθηματικές εξισώσεις. Τα προγράμματα είναι ευκολότερο να τροποποιηθούν μόνο εν μέρη, δηλαδή μόνο σε ένα μικρό τμήμα τους, ενώ τα υπόλοιπα τμήματα να μείνουν αναλλοίωτα, ενώ οι μαθηματικές εξισώσεις συνήθως δε διαθέτουν αυτή την ευελιξία. Τέλος, είναι εύκολο να κατασκευαστούν προσομοιώσεις που περιλαμβάνουν ετερογενείς πράκτορες, για παράδειγμα να προσομοιωθούν άτομα με διαφορετικούς κοινωνικούς στόχους, διαφορετικές γνώσεις, διαφορετικές ικανότητες ή διαφορετικούς κανόνες συμπεριφοράς, από ότι να κατασκευαστούν ανάλογα μαθηματικά μοντέλα. Ένας άλλος βασικός λόγος που οι κοινωνικοί επιστήμονες ενδιαφέρονται και χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο τις προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή είναι η εξαιρετικά μεγάλη δυνατότητά τους να υποβοηθήσουν την ανακάλυψη, διερεύνηση και τη καλύτερη διατύπωση ή τυποποίηση των υποθέσεων των κοινωνικών θεωριών (Gilbert & Troitzsch, 2005/1999). Οι επιστήμονες μπορούν να κατασκευάσουν απλά μοντέλα που αναπαριστούν μικρές όψεις των υπό διερεύνηση κοινωνικών φαινομένων και στη συνέχεια να ανακαλύψουν τις συνέπειες των θεωριών τους στην τεχνητή κοινωνία που έχουν δημιουργήσει. Για να γίνει αυτό χρειάζεται να βασιστούν σε θεωρίες που έχουν ήδη διατυπωθεί σε συμβατική μορφή, δηλαδή είναι γραμμένες σε μορφή κειμένου, και να τις τυποποιήσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να γραφούν σε μορφή προγράμματος που θα τρέχει σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η διαδικασία αυτή, της τυποποίησης, που σημαίνει ότι το περιεχόμενο της θεωρίας γίνεται ακριβές με μαθηματικούς όρους, είναι σαφές, συνεκτικό και χωρίς αντιφάσεις, αποτελεί από μόνη της ένα σημαντικό επιστημονικό κλάδο. Στο πλαίσιο αυτό, οι προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή έχουν έναν αντίστοιχο ρόλο για τις κοινωνικές επιστήμες με το ρόλο των μαθηματικών για τις φυσικές επιστήμες (Gilbert & Troitzsch, 2005/1999). Ο Axtell (2000b) διαχωρίζει τρεις περιπτώσεις χρήσης των δραστοστρεφών μοντέλων προσομοίωσης για τις κοινωνικές επιστήμες. Η πρώτη περίπτωση αφορά στις περιπτώσεις για τις οποίες υπάρχουν μαθηματικές εξισώσεις, οι οποίες περιγράφουν ικανοποιητικά κάποιο κοινωνικό φαινόμενο ή διαδικασία. Σε κάποια από αυτά τα δραστοστρεφή μοντέλα η μέθοδος της προσομοίωσης χρησιμεύει για να επαληθεύσει απλά γνωστές εκ των προτέρων σχέσεις και

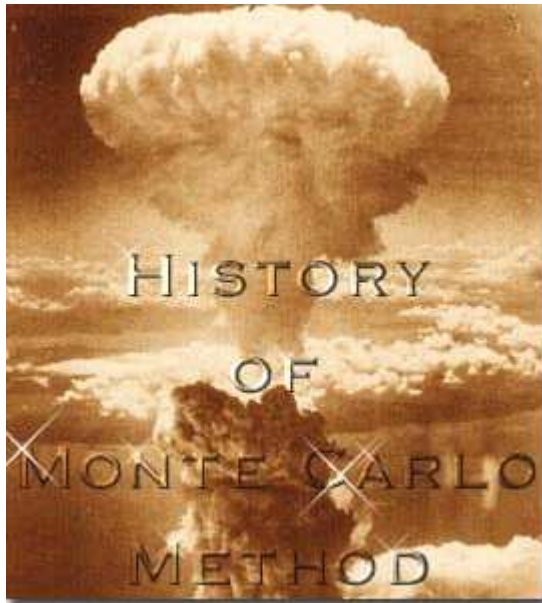
αποτελέσματα. Σε κάποια άλλα μοντέλα εισάγονται στοχαστικά στοιχεία, κατά συνέπεια η λύση μέσω προσομοίωσης είναι απλά μία από το σύνολο όλων των δυνατών λύσεων, της οποίας η πιθανότητα να προκύψει ακολουθεί συνήθως μια γνωστή κατανομή. Μια τέτοια περίπτωση είναι η προσομοίωση Monte Carlo, η οποία χρησιμοποιείται σε παραδοσιακά ερευνητικά προβλήματα, που αφορούν διαδικασίες αναμονής, στο πλαίσιο των μοντέλων ουρών. Μια δεύτερη περίπτωση χρήσης των δραστοστρεφών μοντέλων περιλαμβάνει την προσομοίωση των φαινομένων στην οποία οι σχετικές μαθηματικές εξισώσεις είναι μόνο μερικώς επιλύσιμες. Σε κάποια από τα προαναφερθέντα φαινόμενα το σύνολο των λύσεων καταλήγει σε ισορροπίες που είναι είτε ασταθείς είτε μη υπολογίσιμες (incomputable). Στην περίπτωση ύπαρξης πολλαπλών ισορροπιών, η δραστοστρεφής τυχαία μοντελοποίηση αποτελεί ένα σημαντικό ερευνητικό εργαλείο, με την παροχή μέσων για τη διερεύνηση των διαφόρων πορειών που μπορεί να ακολουθεί η εξέλιξη του συστήματος προς τα διάφορα σημεία ισορροπίας, κι αυτό γιατί σε πολλά συστήματα, ακόμη και όταν υπάρχουν σημεία ισορροπίας, η πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία πολλών διαφορετικών τροχιών που οδηγούν προς τα σημεία αυτά. Ο αριθμός και το είδος των τροχιών αυτών είναι πολλές φορές σημαντικότερος από τον υπολογισμό αυτών καθ'αυτών των σημείων ισορροπίας (Kiel, 2006). Η τρίτη χρήση των δραστοστρεφών μοντέλων περιλαμβάνει εκείνες τις περιπτώσεις για τις οποίες δεν υπάρχουν κατάλληλες μαθηματικές εξισώσεις, που να περιγράφουν ικανοποιητικά το φαινόμενο, λόγω της πολυπλοκότητας ή της δυσκολίας που παρουσιάζει. Στις περιπτώσεις αυτές η μέθοδος της δραστοστρεφούς μοντελοποίησης αποτελεί την καταλληλότερη ερευνητική επιλογή, σε κάποιες μάλιστα τη μοναδική διαθέσιμη.

Η δραστοστρεφής μοντελοποίηση αποτελεί όχι μόνο μια νέα προσέγγιση στην κατανόηση ενός ευρέος φάσματος κοινωνικών φαινομένων, αλλά μπορεί επίσης να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο, που να επιτρέψει στους κοινωνικούς ερευνητές να δώσουν απάντηση σε μια σειρά ερωτήματα που αφορούν την κοινωνική, οικονομική και πολιτική δυναμική, στο πλαίσιο των πολύπλοκων συστημάτων, που ειδάλλως θα παρέμενε απρόσιτο, χρησιμοποιώντας μόνο τις παραδοσιακές μεθόδους. Κατά συνέπεια η δραστοστρεφής μοντελοποίηση

παρέχει εξαιρετικές δυνατότητες για τους ερευνητές για την μελέτη της μη γραμμικής και συχνά απροσδόκητης συμπεριφοράς των πολύπλοκων συστημάτων, που διαφορετικά ίσως να αποτύγχαναν, εξαιτίας της φύσης των φαινομένων αυτών καθώς και της ακαταλληλότητας των υπολοίπων διαθέσιμων ερευνητικών εργαλείων. Ένας μεγάλος αριθμός δραστοστρεφών μοντέλων, με πράκτορες που έχουν τις προαναφερθείσες ιδιότητες, έχει εφαρμοστεί τα τελευταία χρόνια σε ένα ευρύ φάσμα κοινωνικών φαινομένων και ερευνητικών ερωτημάτων. Ως παραδείγματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε, χωρίς σε καμιά περίπτωση να εξαντλήσουμε τον πλούτο και την ποικιλία των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί, το φυλετικό διαχωρισμό (Schelling, 1971), τη δυναμική των μακροοικονομικών διαδικασιών (Brock 1988, Holland 1988), την διασπορά των πολιτισμών (Axelrod, 1997a), την δυναμική εξέλιξη των γνώμων των ατόμων μιας κοινωνίας (Latané & Nowak 1997, Hegselmann & Krause 2002), την προώθηση και την άρνηση της συνεργασίας (Axelrod, 1997a), την εκλογική δυναμική και τις πολιτικές συμμαχίες (Brunk, 2001), την κατάρρευση πολιτικών και κοινωνικών συστημάτων (Tainter, 1998), την πολιτική δυναμική (Bankes, 2002), τη δυναμική των χρηματιστηριακών αγορών (LeBaron, 2002), τη συμπεριφοράς των οργανισμών (Patrick, Dorman, & Marsh, 1999, Prietula, Carley & Gasser 1998), το σχηματισμό συμμαχιών στη διεθνή πολιτική (Cederman, 1997) καθώς και πάρα πολλών άλλων κοινωνικών και οικονομικών φαινομένων.



## 6.8. ΜΕΘΟΔΟΣ (ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ) MONTE CARLO



Η προσομοίωση Monte Carlo δεν είναι ακριβώς προσομοίωση κάποιου μοντέλου αλλά μία πειραματική μέθοδος υπολογισμού που εφαρμόζεται σε πολλά πεδία της επιστήμης, από την οικονομία ως την πυρηνική φυσική. Αναφέρεται ως προσομοίωση μόνο σε μικρό τμήμα της βιβλιογραφίας, ενώ στο μεγαλύτερο τμήμα αναφέρεται ως **μέθοδος Monte Carlo**. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη

φορά από τον Laplace (1749–1827) ο οποίος ήταν και ο πρώτος που έθεσε τις βάσεις της θεωρίας πιθανοτήτων. Ο Laplace χρησιμοποίησε τη μέθοδο αυτή για τον υπολογισμό αριθμητικών τιμών, επαναλαμβάνοντας ένα τυχαίο γεγονός πολλές φορές και παρατηρώντας το αποτέλεσμα πειραματικά. Ένας από τους υπολογισμούς του Laplace αποτελεί κλασικό παράδειγμα τόσο της μεθόδου Monte Carlo όσο και του υπολογισμού του  $\pi$  και βασίζεται στο πρόβλημα του Buffon (Beckman 1971). Ο Buffon (1707–1788) ήταν ένας μαθηματικός του 18ου αιώνα που ασχολήθηκε με διάφορα προβλήματα τόσο των μαθηματικών όσο και της φυσικής. Το πρόβλημα που έθεσε και έλυσε το 1777 έχει ως εξής:

Ρίχνουμε τυχαία μια βελόνα μήκους  $L$  σε ένα οριζόντιο επίπεδο διαγραμμισμένο με παράλληλες γραμμές που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$  (μεγαλύτερη από  $L$ ). Ποια είναι η πιθανότητα η βελόνα να τέμνει κάποια γραμμή; Το «τυχαία» εδώ σημαίνει ότι οποιαδήποτε θέση της βελόνας (του κέντρου της) και οποιασδήποτε προσανατολισμός της βελόνας είναι ισοπίθανα και ότι οι δύο αυτές τυχαίες μεταβλητές είναι ανεξάρτητες. Έστω ότι το κέντρο της βελόνας απέχει από την πλησιέστερη γραμμή κατά  $x$  και ότι ο προσανατολισμός της βελόνας δίνεται από τη γωνία  $\varphi$ . Επειδή το  $x$  μετριέται από την πλησιέστερη γραμμή, εξετάζεται μόνο μία γραμμή. Οι άλλες γραμμές δεν αποτελούν παρά επανάληψη της ίδιας λύσης.



Με τον όρο Monte Carlo χαρακτηρίζεται κάθε αλγόριθμος προσομοίωσης που χρησιμοποιεί γεννήτριες τυχαίων αριθμών. Ως τέτοια γεννήτρια μπορεί να θεωρηθεί και η ρουλέττα του καζίνο από το οποίο προέρχεται και το όνομα της μεθόδου. Η προσομοίωση Monte Carlo εφαρμόστηκε κατά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο για την ανάπτυξη της ατομικής βόμβας.

#### 6.9. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην εργασία “ A taxonomy of computer-based simulations and its mapping to parallel and distributed systems simulation tools “ των Anthony Sulistio, Chee Shin Yeo and Rajkumar Buyya .

Grid Computing and Distributed Systems (GRIDS) Laboratory, Department of Computer Science and Software Engineering, University of Melbourne, Carlton, VIC 3053, Australia επιχειρείται μια κατηγοριοποίηση εργαλείων λογισμικού με βάση την κατηγορία συστημάτων προσομοίωσης . Παρακάτω στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται αυτή η ταξινόμηση.

Category	Tool	Organization	Key similarities and differences, simulated systems, and Web site
Parallel systems	SimOS	Stanford University, U.S.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Models complete computer systems through fast simulation of hardware and levels of abstraction.</li> <li>• Simulates a complete multiprocessor system and studies all various aspects including hardware architecture, operating system and application programs.</li> <li>• <a href="http://simos.stanford.edu/">http://simos.stanford.edu/</a></li> </ul>
Distributed systems	SimJava	University of Edinburgh, U.K.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides a core set of foundation classes for simulating discrete events.</li> <li>• Simulates distributed hardware systems, communication protocols and computer architectures.</li> <li>• <a href="http://www.dcs.ed.ac.uk/home/simjava/">http://www.dcs.ed.ac.uk/home/simjava/</a></li> </ul>
Networks	NS-2	University of California at Berkeley, U.S.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supports several levels of abstraction to simulate a wide range of network protocols via numerous simulation interfaces, such as using scripting language and/or system language.</li> <li>• Simulates network protocols over wired and wireless networks.</li> <li>• <a href="http://www.isi.edu/nsnam/ns/">http://www.isi.edu/nsnam/ns/</a></li> </ul>
	Parsec	University of California at Los Angeles, U.S.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uses a portable runtime kernel that executes simulations on either sequential or parallel architectures enhanced by ready support of numerous parallel simulation protocols.</li> <li>• Simulates very large scale integrated (VLSI) parallel architectures, parallel databases and wireless networks using parallel simulation.</li> <li>• <a href="http://pcl.cs.ucla.edu/projects/parsec/">http://pcl.cs.ucla.edu/projects/parsec/</a></li> </ul>

Category	Tool	Organization	Key similarities and differences, simulated systems, and Web site
Mobile systems	GloMoSim	University of California at Los Angeles, U.S.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides an extensible and modular library that supports implementation of alternative protocols for each layer of the Wireless communication protocol stack.</li> <li>• Simulates large-scale wireless mobile networks.</li> <li>• <a href="http://pcl.cs.ucla.edu/projects/gloimosim/">http://pcl.cs.ucla.edu/projects/gloimosim/</a></li> </ul>
Grid scheduling systems	Bricks	Tokyo Institute of Technology, Japan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides simulation for resource allocation strategies and policies for multiple clients and servers as in global computing systems in a Grid environment.</li> <li>• Simulates resource scheduling algorithms in Grids.</li> <li>• <a href="http://matsu-is.titech.ac.jp/takefusa/bricks/">http://matsu-is.titech.ac.jp/takefusa/bricks/</a></li> </ul>
	GridSim	University of Melbourne, Australia	<p>Supports simulation of space-based and time-based, largescale resources in the Grid environment.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulates economy-based resource scheduling systems in Grids.</li> <li>• <a href="http://www.gridbus.org/gridsim/">http://www.gridbus.org/gridsim/</a></li> </ul>
	Micro Grid	University of California at San Diego, U.S.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Runs emulations by executing actual application code on the virtual Globus Grid and thus requires more time to complete the application.</li> <li>• Emulates the Globus Grid environment for resource management.</li> <li>• <a href="http://www-csag.ucsd.edu/projects/grid/">http://www-csag.ucsd.edu/projects/grid/</a></li> </ul>
	SimGrid	University of California at San Diego, U.S.A.	<p>Simulates a single or multiple scheduling entities and timeshared systems operating in a Grid computing environment.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulates distributed Grid applications for resource scheduling.</li> <li>• <a href="http://grail.sdsc.edu/projects/simgrid/">http://grail.sdsc.edu/projects/simgrid/</a></li> </ul>
Embedded systems	Ptolemy II	University of California at Berkeley, U.S.A.	<p>Builds upon a component-based design methodology that hierarchically integrates multiple models of computation to capture different design perspectives.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulates systems that comprise heterogeneous components and sub-components.</li> </ul>

# 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

## 7.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

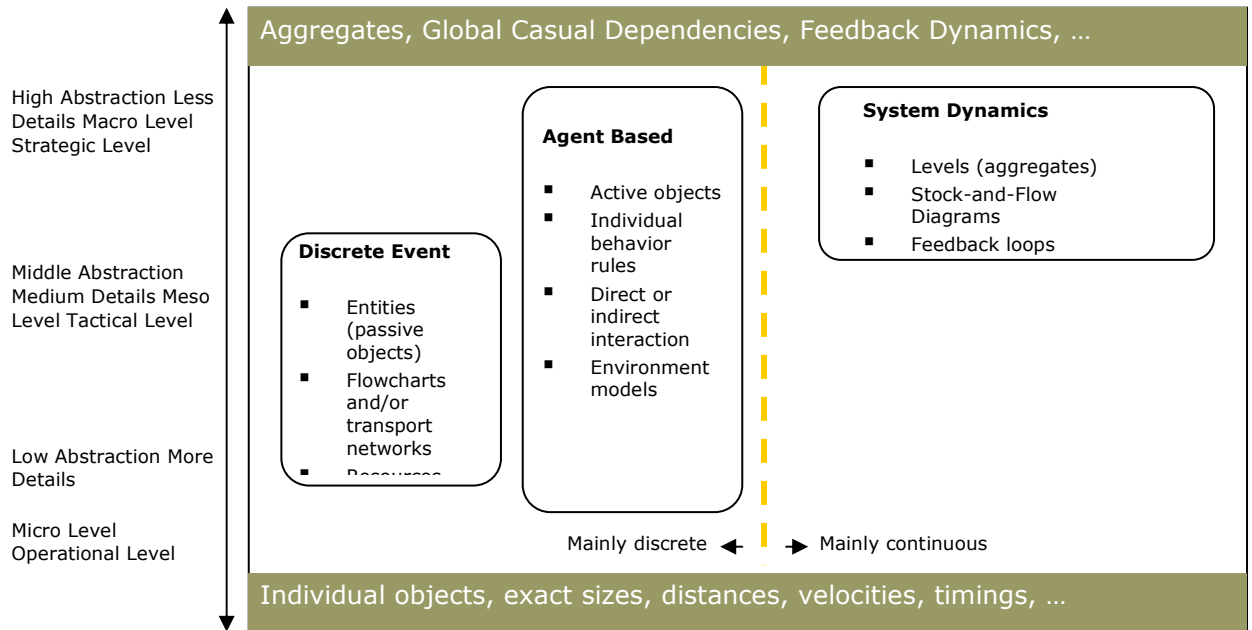
---

Υπάρχει μια αίσθηση ολοκληρώνοντας πως παντού γύρω μας υπάρχουν συστήματα, διαφόρων ειδών, διαφόρων κατηγοριών, Φανερά ή λιγότερο ορατά! Υπάρχει μια αίσθηση πως δεν θα υπήρχαν όλα αυτά τα συστήματα, ή δεν θα μπορούσαν να δουλεύουν τόσο άρτια, ή δεν θα υπήρχε δυνατότητα μελέτης και βελτίωσης τους χωρίς τις μεθοδολογίες μοντελοποίησης και προσομοίωσης συστημάτων. Παράλληλα υπάρχουν ακόμη αρκετά ερωτήματα, ίσως όχι πλήρως απαντημένα . Για παράδειγμα ποια μεθοδολογία είναι η καλύτερη; Μια καλή απάντηση θα ήταν : εξαρτάται από το είδος του συστήματος που θέλουμε να μελετήσουμε ή να κατασκευάσουμε. Τότε ποια μεθοδολογία είναι καταλληλότερη και για πιο σύστημα; Εδώ ίσως δεν έχουμε μια καλή απάντηση ! Ίσως αν είχαμε την ευχέρεια να πειραματιστούμε με όλες αυτές τις μεθοδολογίες σε διαφορετικά – αντιπροσωπευτικά συστήματα η απάντηση θα προέκυπτε μέσα από τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Έτσι τώρα μόνο εκτιμήσεις μπορούμε να κάνουμε. Εκτιμήσεις βασισμένες στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Η μεθοδολογία των Δυναμικών Συστημάτων φαίνεται να είναι εκείνη που δίνει λύση σε μεγάλο αριθμό διαφορετικών προβλημάτων. Παρόλα αυτά δεν φαίνεται να είναι η καλύτερη λύση σε όλες τις κατηγορίες προβλημάτων. Για παράδειγμα σε κατηγορίες προβλημάτων όπου απαιτείται λεπτομερέστερη ανάλυση οι μεθοδολογίες Microanalytical & Agent Based φαίνεται να έχουν καλύτερα αποτελέσματα. Εκτιμούμε λοιπόν πως η μεθοδολογία προσομοίωσης Ρεαλιστικά Μοντέλα [physical Simulations] μπορεί να είναι χρήσιμη για περιπτώσεις εκπαίδευσης ανθρώπων σε υπάρχοντα συστήματα. Η μεθοδολογία Monte Carlo μπορεί να μας είναι χρήσιμη κυρίως σε μαθηματικά προβλήματα. Τα συστήματα

ουρών αναμονής μπορούν να έχουν εφαρμογή σε καθημερινά προβλήματα τύπου ουρών αναμονής. Οι υπόλοιπες μεθοδολογίες που αναφέρθηκαν μπορούν να καλύψουν σχεδόν όλο το εύρος των συστημάτων. Αναφορικά τώρα με τα συστήματα που ανήκουν στην κατηγορία των κοινωνικών συστημάτων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, εκτιμούμε πως οι μεθοδολογίες Δυναμικά Συστήματα [System Dynamics] και Δραστοστρεφείς Προσομοιώσεις [Agent Based Simulation] είναι οι πλέον καταλληλότερες για την μελέτη τους. Μοιάζει δε η Δραστοστρεφής προσομοίωση [Agent Based Simulation] να είναι ιδανική για κοινωνικά συστήματα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Στον πίνακα που ακολουθεί κάνουμε μια προσπάθεια αντιστοίχισης των μεθοδολογιών με κάποιες κατηγορίες προβλημάτων με βασικό κριτήριο την καταλληλότητα της μεθοδολογίας στην επίλυση - μελέτη της συγκεκριμένης κατηγορίας προβλημάτων.

Μεθοδολογίες	Εκπ/ση	Μαθηματικά Προβλήματα	Συμπεριφορά καταναλωτών	Κοινωνικά Συστήματα	eGovernment & Συμπεριφορά Πολιτών
Monte Carlo		✓			
Ρεαλιστικά Μοντέλα [physical Simulations]	✓				
Μοντέλα Ουρών [Queuing Models]			✓		
Κυψελοειδή Αυτόματα [Cellular Automata]			✓	✓	
Μικροαναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης			✓	✓	
Δυναμικά Συστήματα [System Dynamics]			✓	✓	✓
Δραστοστρεφείς Προσομοιώσεις [Agent Based Simulation]			✓	✓	✓

Στο Διάγραμμα 7.1.1 παρακάτω, επιχειρείται μία σύγκριση τριών μεθοδολογιών όπως αυτή παρουσιάστηκε στο System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. Proceedings of the 22nd International Conference, July 25-29, 2004, Oxford, England, UK.



Διάγραμμα 7.1.1



# 8

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

---

### Αγγλική Βιβλιογραφία

- Derek P Atherton, Pierre Borne, Pergamon Press 1992 Great Britain, ***Concise Encyclopedia of Modeling Simulation.***
- Thomas Kailath, Prentice Hall PTR 1999 United States of America, ***System Identification Theory for the User [Second Edition].***
- Paul Bratley Bennett L.Fox Linus E.Shrage, Springer-Verlag New York Inc, 1997 United States of America, ***A Guide to Simulation [Second Edition].***
- Linda Weiser Friedman, Kluwer Academic Publishers 1996 United States of America, ***The Simulation Metamodel.***
- Harvey Gould Jan Tobochnik, Addison-Wesley Publishing Company 1988 United States of America, ***An Introduction to Computer Simulation Methods [Applications to Physical Systems].***
- Michael Pidd, John Wiley & sons Ltd 1989 Great Britain, ***Computer Modeling for Discrete Simulation.***
- Averill M. Law, W. David Kelton, McGraw-Hill Companies 2000 United States of America, ***Simulation Modeling and Analysis [Third Edition].***
- Alan B. Pritsker, John Wiley & sons Ltd Systems Publishing Corporation 1986 United States of America, ***Introduction to Simulation and SLAM II.***
- C.C. Chang. H.Jerome Keisler, Elsevier Science Publishers B.V. , 1992 United States of America, ***Model Theory.***
- Andersen, D. F., J. A. M. Vennix, et al. (2007). "Group Model Building: Problem Structuring, Policy Simulation and Decision Support." *The Journal of the Operational Research Society* **58**(5): 691-695.
- Armenia, S., D. Canini, et al. (2008). A System Dynamics Approach to the Paper Dematerialization Process in the Italian Public Administration. *Interdisciplinary Aspects of Information Systems Studies*: 399-408.

- Armenia, S., L. Roma, et al. (2008). A new system dynamics model for the analysis of the paper digitization process in the Italian Public Administration. Proceedings of the 26th International Conference of the System Dynamics Society. Athens, Greece.
- Barlas, Y. (2002). System Dynamics: Systemic feedback modeling for policy analysis. Encyclopedia of Life Support Systems.
- Bernard, R. N. (1999). Using Adaptive Agent-Based Simulation Models to Assist Planners in Policy Development: The Case of Rent Control. Working Papers, Santa Fe Institute.
- Cockerill, K., L. Daniel, et al. (2009). "A fresh look at a policy sciences methodology: collaborative modeling for more effective policy." Policy Sciences **42**(3): 211-225.
- Davis, F. D. (1993). "User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts." International Journal of Man-Machine Studies **38**(3): 475-487.
- Durgun, M. S. (2003). A System Dynamics Approach for Technology Improvement Policy Analysis: The Case for Turkey, STPS - Science and Technology Policy Studies Center, Middle East Technical University.
- Forrester, J. W. (1971). "Counterintuitive behavior of social systems." Theory and Decision **2**(2): 109-140.
- Ghaffarzadegan, N., J. Lyneis, et al. (2009). Why and How Small System Dynamics Models Can Help Policymakers: A Review of Two Public Policy Models. Proceedings of the 27th International Conference of the System Dynamics Society. Albuquerque, New Mexico, USA.
- Homer, J. B. and G. B. Hirsch (2006). "System Dynamics Modeling for Public Health: Background and Opportunities." American Journal of Public Health **96**(3): 452-458.
- Jiang, W. and H. Bin (2007). Modeling and simulation of group behavior in e-government implementation. Proceedings of the 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come. Washington D.C., IEEE Press.

- Kovacic, A. and B. Pecek (2007). "Use of Simulation in a Public Administration Process." *SIMULATION* **83**: 851-861.
- Laurie, B. and H. Ann (2002). "Social Modeling and Public Policy: Application of Micro simulation modeling in Australia." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **5**.
- Legna, C. and C. González (2006). Using System Dynamics and Case-based Reasoning (CBR) to Build an Intelligent Decision-making Support System (i-DMSS) that Improves Strategic Public Decisions. *Intelligent Decision-making Support Systems*: 255-270.
- Lempert, R. (2002). "Agent-based modeling as organizational and public policy simulators." *PNAS* **99**(90003): 7195-7196.
- Liu, C.-Y. and W.-T. Wang (2005). System Dynamics Approach to Simulation of Tax Policy for Traditional and Internet Phone Services. *Proceedings of the 23rd International Conference of the System Dynamics Society*. Boston.
- Lucas, P. (2009). Usefulness of Simulating Social Phenomena. *Proceedings of the AISB 2009 Convention*. Edinburgh, Scotland.
- Luna-Reyes, L. F. and J. R. Gil-García (2009). Using Institutional Theory and Dynamic Simulation to Understand Complex E-Government Phenomena. *Proceedings of the 27th International Conference of the System Dynamics Society*. Albuquerque, New Mexico, USA.
- Robert, A. (1997). "Advancing the art of simulation in the social sciences." *Complex*. **3**(2): 16-22.
- Robert, Y. C. and V. C. Leslie (2006). "Demonstrating the utility of system dynamics for public policy analysis in New Zealand: the case of excise tax policy on tobacco." *System Dynamics Review* **22**(4): 321-348.
- Schwaninger, M., S. Ulli-Ber, et al. (2008). Policy Analysis and Design in Local Public Management A System Dynamics Approach. *Handbook of Transdisciplinary Research*: 205-221.
- Stewart, J. and R. Ayres (2001). "Systems theory and policy practice: An exploration." *Policy Sciences* **34**(1): 79-94.

- Teekasap, P. (2009). Cluster Formation and Government Policy: System Dynamics Approach. Proceedings of the 27th International Conference of the System Dynamics Society. Albuquerque, New Mexico, USA.
- Ulli-Beer, S. (2003). Dynamic Interactions Between Citizen Choice and Preferences and Public Policy Initiatives - A System Dynamics Model of Recycling Dynamics in a Typical Swiss Locality. Proceedings of the 2003 International Conference of the System Dynamics Society. New York City, U.S.A.
- Volkery, A. and T. Ribeiro (2009). "Scenario planning in public policy: Understanding use, impacts and the role of institutional context factors." Technological Forecasting and Social Change **In Press, Corrected Proof**.
- Walker, W. E. (1982). "Models in the policy process: Past, present, and future." Interfaces **12**(5): 91-100.
- Zamanipour, M. (2009). A System Dynamics Model for Analyzing the Effects of Government Policies: A Case Study of Iran's Cell Phone Market. Proceedings of the 27th International Conference of the System Dynamics Society. Albuquerque, New Mexico, USA.
- Nijmegen, (July 2006). Online Proceedings of the 7th System Dynamics Phd Colloquium 2006.
- Jayadev Misra, Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin. Distributed Discrete – Event Simulation.
- DATA.GOV - Discover. Engage. Participate. Available at: <http://www.data.gov>.
- Dawes S. 2008. 'An Exploratory Framework for Future E-government Research Investments'. In Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii.
- eEurope eGovernment subgroup meeting (3rd). 2004. 'CoBrA Recommendations to the eEurope Advisory Group: e-Government Beyond 2005 – Modern and Innovative Public Administrations in the 2010 horizon'. Retrieved July 31, 2009, from [http://www.epma.cz/Docs/eGovernment\\_beyond\\_2005.pdf](http://www.epma.cz/Docs/eGovernment_beyond_2005.pdf).

- EGEE Portal: Enabling Grids for E-sciencE. Available at <http://www.eu-egee.org/>
- Eggers W.B. 2005. *Government 2.0: Using Technology to Improve Education, Cut Red Tape, Reduce Gridlock, and Enhance Democracy*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Heeks R. and Bailura S. 2007. 'Analyzing e-government research: Perspectives, philosophies, theories, methods, and practice'. *Government Information Quarterly*, 24 (2): 243-265.
- Hoffa C., Mehta G., Freeman T., Deelman E., Keahey K., Berriman B. and Good J. 2008. 'On the Use of Cloud Computing for Scientific Workflows'. In *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on e-Science 2008*, Indiana, USA.
- Janssen M. and Hjort-Madsen K. 2007. 'Analyzing Enterprise Architecture in National Governments: The cases of Denmark and the Netherlands'. In *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.
- Ku L. W., Liang Y. T. and Chen H. H. 2006. 'Opinion Extraction, Summarization and Tracking in News and Blog Corpora'. In *Proceedings of AAAI-2006 Spring Symposium on Computational Approaches to Analyzing Weblogs*.
- Layne K. and Lee J. 2001. 'Developing fully functional E-government: A four stage model'. *Government Information Quarterly*, 18: 122-136.
- eGovernment Economics Project (eGEP). 2006. 'Expenditure Study, Final Version'. Retrieved from:
- Scholl H. J. 2008. 'Discipline or Interdisciplinary Study Domain? Challenges and Promises in Electronic Government Research'. In Chen H. (Ed.), *Digital government: e-government research, case studies, implementation*, 21-41. New York: Springer.
- Swedish Presidency of the European Union. 2009. 'Ministerial Declaration on eGovernment', approved unanimously in Malmö, Sweden, on 18 November 2009. Retrieved

[http://www.se2009.eu/polopoly\\_fs/1.24306!menu/standard/file/Ministrial%20Declaration%20on%20eGovernment.pdf](http://www.se2009.eu/polopoly_fs/1.24306!menu/standard/file/Ministrial%20Declaration%20on%20eGovernment.pdf).

- Systems Dynamics Society. What is Systems Dynamics? Available at: [http://www.systemdynamics.org/what\\_is\\_system\\_dynamics.html](http://www.systemdynamics.org/what_is_system_dynamics.html).
- Traunmüller R. and Wimmer M. 2004. 'e-Government – A Roadmap for Progress'. In Mendes M.-J., Suomi R., Passos C. (Eds.), Digital Communities in a Networked Society: e-Commerce, e-Business and e-Government, (pp. 3-12). Kluwer Academic Publishers.
- UN Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), Division for Public Administration and Development Management. 2008. 'UN E-Government Survey 2008: From E-Government to Connected Governance', New York, United Nations. Retrieved <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/UN/UNPAN028607.pdf>
- Yannis Charalabidis, Department of Information and Communication Systems Engineering, University of Aegean, Greece, Ourania Markaki, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece, Fenareti Lampathaki, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece, Irimi Mantzakou, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece, Dimitris Sarantis, Department of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece Towards a Scientific Approach to e-Government Research.  
Towards a Scientific Approach to e-Government Research
- Yannis Charalabidis. 1, Panetto H. 2, Loukis E. 3, Mertins K. 4  
1 National Technical University of Athens, 2Research Centre for Automatic Control (CRAN), Nancy-University, CNRS 3Aegean University, 83200, Karlovassi, Samos, Greece Fraunhofer IPK, Pascalstr. 8 – 9, 10587 Berlin, Germany  
Interoperability Approaches for Enterprises and Administrations Worldwide

- Yannis Charalabidis, “Software Industry in Greece”, InfoComms Journal, Paris Match Publications, 1999
- Yannis Charalabidis, Lampathaki F., Sarantis D., Koussouris S., Dimitris Askounis D., “E-Government Services Composition Using Multi-faceted Metadata Classification Structures”, eGOV 2007 Conference, 2007

#### Ελληνική Βιβλιογραφία

- Θρασύβουλος Μπέλλας, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα Αθήνα 1998, **Δομή και Γραφή της Επιστημονικής Εργασίας.**
- Χρήστος Θεοφιλίδης, Εκδόσεις Γ. Δαρδάνος Αθήνα 1995, **Η συγγραφή Επιστημονικής Εργασίας Από τη Θεωρία στην Πράξη.**
- Μάνος Ρουμελιώτης, Εκδοτικός Οίκος Παρατηρητής Θεσσαλονίκη 1988, **Τεχνικές Προσομοίωσης.**
- Μιχάλης Σφακιανάκης, Εκδόσεις Πατάκη Αθήνα, **Προσομοίωση και εφαρμογές.**
- Ανδρέας Πομπόρτσης Ανέστης Τσούφλας, Εκδόσεις Τζιόλα 2001 Θεσσαλονίκη, **Προσομείωση Δικτύων Υπολογιστών προγράμματα και εφαρμογές.**
- Behrokh Khoshnevis Παναγιώτης Γεωργιάδης Γιώργος Γυφτοδήμος, Εκδόσεις Δίαυλος 1999 Αθήνα, **Προσομοίωση Διακριτών Συστημάτων.**
- D. J. Bartholomew A. Γ. Καλαματιανού, Εκδόσεις Παπαζήση 1996 Αθήνα, **Στοχαστικά Μοντέλα για Κοινωνικές Διαδικασίες [Τρίτη Αγγλική Έκδοση].**
- Ιωάννης Καρκάζης, 1987 Χίος, **Ανάλυση και Προσομοίωση Συστημάτων.**
- Δρ. Δημήτρης Φωλίνας, Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση: Έννοιες και προοπτικές.
- Βασίλης Βλάχος, Βαγγέλης Καπούλας, Στάθης Ρουβάς, Απρίλιος 2007, Νέες κατευθύνσεις για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση: Ελεύθερο λογισμικό, Ανοιχτές αρχιτεκτονικές, Ανοιχτά πρότυπα και Διαλειτουργικότητα.

- Δρ. Γ. Χαραλαμπίδης, 30 Οκτωβρίου 2007, Greek ICT Forum, Ελληνικό Πλαίσιο Παροχής Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης και Πρότυπα Διαλειτουργικότητας.
- Δρ. Γ. Χαραλαμπίδης, Ν.Μπουζούκου Φεβρουάριος 2009, Ανάπτυξη εργαλείου Προσομοίωσης & Υπολογισμού Επιπτώσεων για εφαρμογές Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης.
- Ιωάννης Αποστολάκης, Κρίσιμα θέματα στην πορεία προς την Ηλεκτρονική Διοίκηση και Διακυβέρνηση: Οι παρεμβάσεις του κράτους και η κοινωνία των πολιτών

#### Διαδικτυακές Αναφορές

- <http://agents.umbc.edu/introduction/>
- <http://www.multiagent.com>
- <http://www.agentlink.org/roadmap/>
- <http://ai.eecs.umich.edu/people/durfee/courses/592winter99/>
- <http://www.egovmon.no>
- <http://wiki.egovmon.no>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Government\\_simulation\\_game](http://en.wikipedia.org/wiki/Government_simulation_game).
- <http://www.isdps.org/>.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Social\\_simulation](http://en.wikipedia.org/wiki/Social_simulation).
- <http://www.statcan.gc.ca/microsimulation/spsdm-bdmsps/spsdm-bdmsps-eng.htm>.
- <http://www.systemdynamics.org/>
- <http://www.businesslink.gov.uk>
- <http://www.basis.ie>
- [http://www.firstgov.gov/Business/Business\\_Gateway.shtml](http://www.firstgov.gov/Business/Business_Gateway.shtml)
- <http://www.business.gov.au/Business+Entry+Point>
- <http://www.infosociety.gr>
- <http://www.syzefxis.gov.gr>
- [http://kedke.ntua.gr/docs/KEDKE\\_OpenSystems\\_Guide\\_v1.0.doc](http://kedke.ntua.gr/docs/KEDKE_OpenSystems_Guide_v1.0.doc)