

1. Τα μοντέλα

1.1. Η έννοια του μοντέλου

1.1.1. Για να γίνει αντιληπτός με μεγαλύτερη προσέγγιση ο πραγματικός κόσμος στον οποίο ζούμε, είναι ανάγκη ο κόσμος αυτός να χωριστεί σε μικρότερες ενότητες και κάθε τέτοια ενότητα να μελετηθεί ξεχωριστά. Για να εξεταστεί λοιπόν η κάθε ενότητα, πρέπει να τη χωρίσουμε σε άλλες μικρότερες και αυτές ενδεχόμενα σε άλλες ακόμα μικρότερες κ.ο.κ. Κάθε τέτοια ενότητα, μικρή ή μεγάλη, θα τη λέμε μια *πραγματικότητα*. Μια πόλη λοιπόν, είναι μια πραγματικότητα: πραγματικότητα είναι επίσης ένα αρχιτεκτονικό έργο, μια κατοικία, οι λεωφορειακές γραμμές της πόλης, οι μετακινήσεις των κατοίκων σ' ολόκληρη τη χώρα ή σε μέρος της, οι εργαζόμενοι στη βιομηχανία κλπ. Η πραγματικότητα μπορεί να υπάρχει τώρα, μπορεί να υπήρξε στο παρελθόν ή μπορεί να δημιουργηθεί στο μέλλον.

Για να γίνει κατανοητή μια οποιαδήποτε συγκεκριμένη πραγματικότητα πρέπει κατά κάποιο τρόπο να *περιγραφεί*, να *παρασταθεί*. Η *παράσταση* αυτής της πραγματικότητας μπορεί να γίνει μ' ένα σχέδιο, μ' έναν πίνακα, με μια φωτογραφία, μ' ένα γραπτό ή προφορικό κείμενο κ.ο.κ.

Κάθε παράσταση μιας πραγματικότητας, καλείται *μοντέλο* αυτής της πραγματικότητας. Έτσι, ένα συγκεκριμένο οικοδομήμα είναι μια πραγματικότητα που υπάρχει τώρα. Μια φωτογραφία της πρόσοψης του οικοδομήματος είναι μια παράστασή του, είναι λοιπόν ένα μοντέλο του οικοδομήματος. Η φωτογραφία αυτή όμως δεν παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά του, παρουσιάζει μόνο ορισμένα, την πρόσοψή του· δεν παρουσιάζει π.χ. άλλες όψεις του, ούτε τα ίδια χαρακτηριστικά μ' αυτά που θα παρουσίαζε μια τομή του, ή μια κάτοψη. Με τον ίδιο τρόπο μια κάτοψη ή μια τομή του ίδιου οικοδομήματος, αποτελούν κι αυτές μοντέλα του οικοδομήματος· εκφράζουν κι αυτές ορισμένα χαρακτηριστικά του, άλλα όμως απ' τα χαρακτηριστικά που εκφράζει η φωτογραφία [4,21,27,28,64].

Για να εκλέξουμε λοιπόν το μοντέλο που θα θέλαμε να εκφράζει το οικοδομήμα – δηλαδή τη συγκεκριμένη πραγματικότητα –, πρέπει πρώτα

να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν και ύστερα, με ποια παράσταση, θα παρουσιάσουμε αυτά τα χαρακτηριστικά που επιλέξαμε: αν π.χ. μας ενδιαφέρει η πρόσοψη του οικοδομήματος, μπορούμε να πάρουμε μια φωτογραφία του, οπότε έχουμε ένα μοντέλο του. Μπορούμε όμως και να σχεδιάσουμε αυτήν την πρόσοψη, οπότε έχουμε ένα άλλο μοντέλο του. Όμοια ένα οποιοδήποτε αρχιτεκτονικό σχέδιο ενός χτιρίου που θα ανεγερθεί, είναι επίσης ένα μοντέλο του, δηλαδή μια παράσταση της πραγματικότητας που θα υπάρξει.

1.1.2. Ας πάρουμε ένα πιο σύνθετο παράδειγμα, τις αστικές περιοχές με τις οποίες κύρια θ' ασχοληθούμε σ' αυτό το βιβλίο. Μια αστική περιοχή, που είναι κι αυτή μια πραγματικότητα, αποτελεί ένα *σύστημα*, δηλαδή ένα σύνολο *στοιχείων*

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$$

και ένα σύνολο *σχέσεων*

$$M = \{r_{1p}, r_{12}, r_{2p}, \dots, r_{ip}, \dots, r_{nm}\},$$

που υπάρχουν μεταξύ των στοιχείων. Στοιχεία μιας αστικής περιοχής είναι π.χ. οι εργαζόμενοι στην περιοχή, τα σχολεία της, οι δρόμοι της, το επιστημονικό δυναμικό της, οι άνδρες ή οι γυναίκες που εργάζονται στη βιομηχανία, κ.ο.κ. Σχέσεις μεταξύ των στοιχείων είναι π.χ. οι διάφορες μετακινήσεις των κατοίκων με ιδιωτικό ή με δημόσιο μέσο, οι κινήσεις των φορτηγών αυτοκινήτων, τα δίκτυα – τηλεφωνο κ.ά. –, τα χρήματα που ξοδεύουν οι κάτοικοι για αγορές ή για αναψυχή. Το πλήθος των στοιχείων μιας αστικής περιοχής, καθώς επίσης και το πλήθος των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των στοιχείων, είναι πολύ μεγάλος αριθμός, πρακτικά άπειρος. Είναι συνεπώς αδύνατο να πετύχουμε μια παράσταση μιας συγκεκριμένης αστικής περιοχής, δηλαδή να κάνουμε ένα *πλήρες* μοντέλο της, που να περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία της και τις σχέσεις μεταξύ τους. Είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιήσουμε ένα μοντέλο που να περιέχει όλα τα κοινωνικά, οικονομικά και πολιτικά χαρακτηριστικά που διέπουν μια αστική περιοχή. Αν λοιπόν θελήσουμε να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο μιας αστικής περιοχής, αυτό θα εκφράζει μέρος μόνο απ' τα στοιχεία της και ορισμένες μόνο απ' τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους. Πρέπει λοιπόν, σαν πρώτο βήμα, να καθορίσουμε με σαφήνεια ορισμένα μόνο στοιχεία και ορισμένες μόνο σχέσεις που θέλουμε να παραστήσουμε: π.χ. να επιλέξουμε απ' τα στοιχεία της περιοχής μόνο τους εργαζόμενους σε κάποιον τομέα και, από τις σχέσεις τους, μόνο τις μετακινήσεις τους προς τον τόπο δουλειάς και προς τους τόπους αγοράς και αυτήν την πραγματικότητα να παραστήσουμε, να κάνουμε δηλαδή το μοντέλο της. Με άλλα λόγια, *κάθε μοντέλο μιας αστικής περιο-*

χής, είναι μια παράσταση μιας σκόπιμα σχεδιασμένης αφαίρεσης της υπάρχουσας σύνθετης πραγματικότητας [21,37].

Θα πάρουμε επομένως ένα υποσύνολο E_i του συνόλου E των στοιχείων της αστικής περιοχής και ένα υποσύνολο M_i του συνόλου M των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των στοιχείων του E_i . Το νέο σύστημα είναι αυτό που θα παρασταθεί με το μοντέλο.

1.2. Η ταξινόμηση των μοντέλων

1.2.1. Τα μοντέλα μπορούν να ταξινομηθούν με τρεις τρόπους (σχ. 1.1), ανάλογα με την απάντηση που δίνεται στα εξής ερωτήματα [4,28]:

- α. Για ποιο σκοπό κατασκευάζεται το μοντέλο,
- β. Με τι μέσα κατασκευάζεται το μοντέλο,
- γ. Πώς χρησιμοποιείται ο παράγοντας χρόνος στο μοντέλο.

1.2.2. Ως προς το πρώτο ερώτημα, δηλαδή ποιος είναι ο σκοπός του μοντέλου, τα μοντέλα διαιρούνται στις εξής τέσσερις κατηγορίες:

1. Περιγραφικά μοντέλα,
2. Μοντέλα πρόβλεψης,
3. Ερευνητικά μοντέλα,
4. Μοντέλα της άριστης λύσης.

1.2.2.1. Τα περιγραφικά μοντέλα έχουν για σκοπό να περιγράψουν, όσο γίνεται ακριβέστερα, την πραγματικότητα. Ο σκοπός τους λοιπόν είναι κύρια επεξηγηματικός. Μια φωτογραφία ενός οικοδομήματος, ένα σχέδιο χτιρίου, μια ιδιότητα που έχουν ορισμένες χτιριακές μονάδες, ο υπολογισμός με κάποια μαθηματική σχέση του πλήθους των μετακινήσεων των κατοίκων μιας ζώνης μιας πόλης προς τις άλλες ζώνες της, όλα είναι παραδείγματα περιγραφικών μοντέλων.

Η ύπαρξη περιγραφικού μοντέλου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την κατασκευή μοντέλων των τριών άλλων κατηγοριών: χωρίς την ύπαρξη περιγραφικού μοντέλου ενός συστήματος, είναι αδύνατο να γίνει μοντέλο του συστήματος αυτού για πρόγνωση ή για έρευνα ή για σχεδιασμό - προγραμματισμό.

1.2.2.2. Ο σκοπός των μοντέλων πρόβλεψης είναι η πρόβλεψη της κατάστασης ενός συστήματος που θα υπάρξει στο μέλλον, δηλαδή η παράσταση του συστήματος που θα προκύψει από το σημερινό σύστημα σ' ένα μελλοντικό χρόνο. Τα μοντέλα αυτά στηρίζονται στην παραδοχή ότι είναι δυνατή η παράσταση μιας μεταβαλλόμενης με το χρόνο πραγματικότητας, ότι δηλα-

δή είναι δυνατή η πρόβλεψη της πραγματικότητας που θα προκύψει σε κάποια μελλοντική στιγμή.

1.2.2.3. Ο σκοπός των *ερευνητικών μοντέλων* είναι να παρουσιάσουν άλλα συστήματα, που είναι δυνατό να προκύψουν, με θεωρητική επεξεργασία, από ένα δοσμένο σύστημα, όταν μεταβάλλουμε συστηματικά τα στοιχεία και τις σχέσεις του δοσμένου συστήματος. Θα σχηματιστεί, επομένως, στην αρχή ένα περιγραφικό μοντέλο του δοσμένου συστήματος και στη συνέχεια, με καθαρά θεωρητικά μέσα, θα μελετιούνται τα μοντέλα που θα προκύπτουν με τη συστηματική μεταβολή των στοιχείων και των σχέσεων του συστήματος, του οποίου έχει κατασκευαστεί το περιγραφικό μοντέλο. Επιπλέον όμως με τα ερευνητικά μοντέλα πρέπει να μπορούμε να δούμε, εξετάζοντας την πραγματικότητα, αν οι δυνατότητες αυτές, που προσδιορίστηκαν θεωρητικά, είναι δυνατό να υπάρξουν πραγματικά ή όχι.

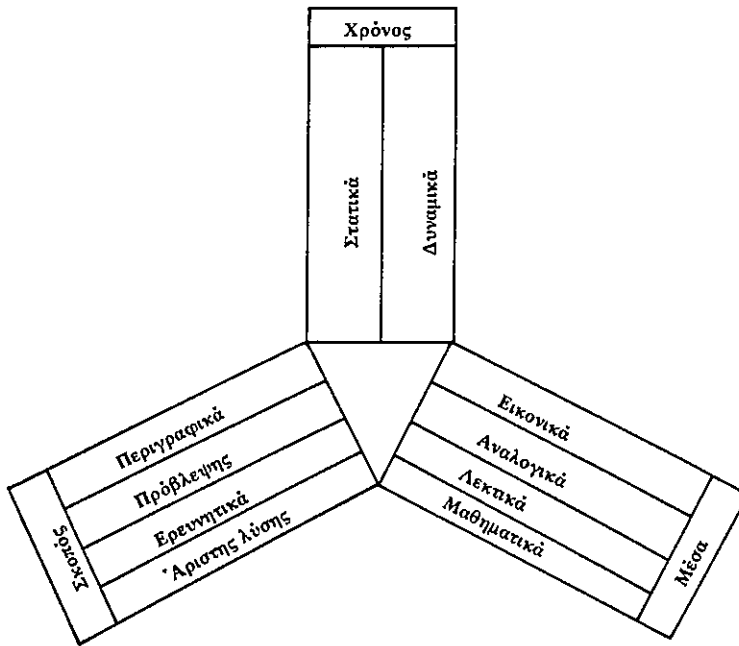
Τα ερευνητικά μοντέλα είναι τα σημαντικότερα, γιατί, όπως είπαμε, περιγράφουν την πραγματικότητα (είναι δηλαδή ταυτόχρονα και περιγραφικά) και επιπλέον, με συστηματική μελέτη των στοιχείων και σχέσεων, μπορούν να παραστήσουν άλλες πραγματικότητες οι οποίες ή υπάρχουν ή είναι λογικά δυνατό να υπάρξουν.

1.2.2.4. Τα *μοντέλα της άριστης λύσης*, που λέγονται και *μοντέλα προγραμματισμού - σχεδιασμού*, έχουν για σκοπό τον καθορισμό, με ορισμένους περιορισμούς, ενός *μέτρου*, του οποίου θέλουμε να βρούμε το μέγιστο ή το ελάχιστο, ώστε να πετυχαίνονται ορισμένοι σκοποί που θα *βελτιώνουν* το σύστημα. Τέτοια είναι π.χ. τα μοντέλα που αναφέρονται στον προγραμματισμό - σχεδιασμό τοποθέτησης εργοστασίων σε μια αστική περιοχή, ώστε να ελαχιστοποιούνται τα έξοδα αγοράς και μεταφοράς ακατέργαστων προϊόντων και να μεγιστοποιούνται τα έσοδα απ' την πώληση κατεργασμένων προϊόντων. Άλλο παράδειγμα τέτοιων μοντέλων είναι αυτά που αναφέρονται στην κατασκευή τύπων κατοικίας σε μια δοσμένη περιοχή, ώστε να πετυχαίνεται η μεγαλύτερη εξυπηρέτηση των νοικοκυριών που θα διαμένουν στις νέες κατοικίες, με το μικρότερο κόστος.

1.2.3. Ως προς το δεύτερο ερώτημα, δηλαδή με τι μέσα κατασκευάστηκε το μοντέλο, τα μοντέλα διαιρούνται στις εξής τέσσερις κατηγορίες:

1. Εικονικά μοντέλα,
2. Αναλογικά μοντέλα,
3. Λεκτικά μοντέλα,
4. Μαθηματικά μοντέλα.

1.2.3.1. Με τα *εικονικά μοντέλα* παριστάνουμε φυσικά χαρακτηριστικά



Σχήμα 1.1. Η ταξινόμηση των μοντέλων.

της πραγματικότητας, χρησιμοποιώντας τα ίδια ή ανάλογα χαρακτηριστικά με τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να παραστήσουμε. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα αρχιτεκτονικά μοντέλα. Με τα μοντέλα αυτά δεν μπορούμε να παραστήσουμε δυναμικές καταστάσεις.

1.2.3.2. Με τα αναλογικά μοντέλα παριστάνουμε, όπως και με τα εικονικά, φυσικά χαρακτηριστικά της πραγματικότητας σ' αυτά όμως τα μοντέλα τα φυσικά χαρακτηριστικά της πραγματικότητας, παριστάνονται με διαφορετικές ιδιότητες. Στην κατηγορία αυτή των μοντέλων ανήκουν οι χάρτες, τα σχέδια, τα γραφήματα, κ.ά. Πολλές φορές στα μοντέλα αυτά μπαίνει και το χρώμα, ώστε να γίνουν εμφανή τα φυσικά χαρακτηριστικά που παριστάνουν.

Τα αναλογικά και τα εικονικά μοντέλα, λέγονται φυσικά μοντέλα.

1.2.3.3. Με τα λεκτικά μοντέλα η παράσταση της πραγματικότητας γίνεται με τη χρησιμοποίηση είτε του προφορικού λόγου, είτε του γραπτού. Τα μοντέλα όμως αυτά δεν παριστάνουν με σαφήνεια την πραγματικότητα και παρουσιάζουν συνήθως ανακρίβειες και αντιφάσεις.

1.2.3.4. Με τα μαθηματικά μοντέλα η παράσταση της πραγματικότητας

γίνεται με χρησιμοποίηση συμβόλων και οι σχέσεις εκφράζονται με μαθηματικές πράξεις και με ισότητες ή ανισότητες. Με άλλα λόγια, σ' ένα μαθηματικό μοντέλο οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ διαφόρων στοιχείων ενός συστήματος εκφράζονται μ' ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων και ανισώσεων.

Τα μαθηματικά και τα λεκτικά μοντέλα λέγονται *ενοσιολογικά ή αφηρημένα μοντέλα*.

1.2.4. Ως προς το τρίτο ερώτημα, δηλαδή πώς χρησιμοποιείται ο παράγοντας χρόνος στο μοντέλο, τα μοντέλα διαιρούνται στις εξής δύο κατηγορίες:

1. Στατικά μοντέλα,
2. Δυναμικά μοντέλα.

1.2.4.1. Τα *στατικά μοντέλα* παριστάνουν την πραγματικότητα που υπάρχει μια ορισμένη χρονική στιγμή. Δεν παριστάνουν μια πραγματικότητα που μεταβάλλεται μέσα στο χρόνο· με άλλα λόγια, στις σχέσεις του συστήματος δεν επεμβαίνει ο παράγοντας χρόνος.

1.2.4.2. Τα *δυναμικά μοντέλα*, αντίθετα, παριστάνουν την πραγματικότητα που μεταβάλλεται, χρησιμοποιώντας σχέσεις που περιέχουν – εκτός απ' τις μεταβλητές που χρησιμοποιούν και τ' αντίστοιχα στατικά μοντέλα – επιπλέον και τη μεταβλητή χρόνο.

Σχηματική παράσταση της ταξινόμησης των μοντέλων, δίνεται στο σχήμα 1.1.

1.3. Τα μαθηματικά μοντέλα

1.3.1. Όπως είπαμε στην § 1.2.3.4., με τα μαθηματικά μοντέλα η κατάσταση ενός συστήματος γίνεται με τη χρησιμοποίηση μαθηματικών συμβόλων και οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του συστήματος εκφράζονται μ' ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων και ανισώσεων. Τα στοιχεία που συνθέτουν ένα μαθηματικό μοντέλο είναι οι *μεταβλητές*, οι *παράμετροι* και οι *δομικές σχέσεις*. Στα αμέσως επόμενα θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε τις έννοιες αυτές.

1.3.1.1. *Μεταβλητές* είναι τα στοιχεία του συστήματος που θέλουμε να παραστήσουμε και είναι *ποσοτικά* – και όχι *ποιοτικά* – μεγέθη.

Αν για παράδειγμα έχουμε μια πόλη που την έχουμε χωρίσει σε n ζώνες,