



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

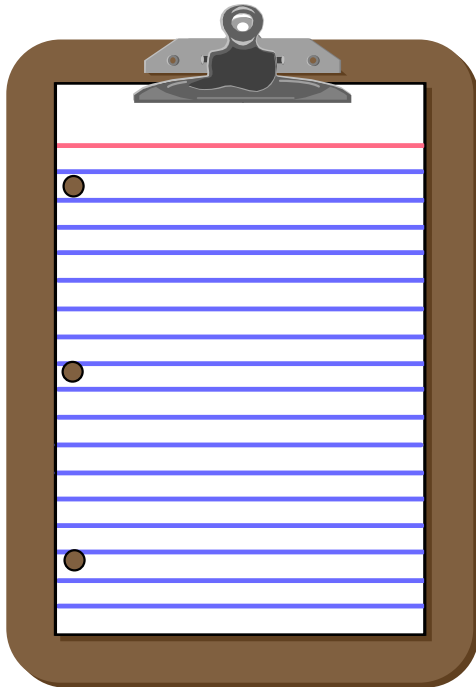
Επιχειρησιακή Έρευνα

## Εισαγωγικά Στοιχεία για τον Επιστημονικό Τομέα της Επιχειρησιακής Έρευνας

*Η παρουσίαση προετοιμάστηκε από τον Ν.Α. Παναγιώτου*



# Περιεχόμενα Παρουσίασης



1. Ορολογία Επιχειρησιακής Έρευνας
2. Βιβλιογραφία / Περιοδικά
3. Ιστορική Ανασκόπηση
4. Παραδείγματα
5. Συμπεράσματα



# Ορολογία...

- OR: Operational Research (Ευρωπαϊκή ονομασία)
- OR: Operations Research (Αμερικάνικη ονομασία)
- MS: Management Science (εναλλακτική ονομασία)
- OR/MS: Operations Research & Management Science (συνδυαστική ονομασία)
- IE: Industrial Engineering (σπανιότερα χρησιμοποιούμενο)
- DS: Decision Science (σπανιότερα χρησιμοποιούμενο)
- ΕΕ: Επιχειρησιακή Έρευνα (Ελληνική ονομασία)



## Προτεινόμενη Βιβλιογραφία



- Churchman C. W., Ackoff R. L. and Arnoff E. L. Introduction to Operations Research, 2nd edition (John Wiley)
- Anderson, D.R., Sweeney, D.J. and Williams, T.A. An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making (West Publishing) [ISBN 0-314-09687-6]
- Pidd, M. Tools for Thinking: Modelling in Management Science (Wiley) [ISBN 0-471-96455-7]
- Waters D. A. Practical Introduction to Management Science, 2nd edition (Addison-Wesley) [ISBN 0-20117847-8]



# Μερικά Επιστημονικά Περιοδικά OR



- Operations Research
- Management Science
- European Journal of Operational Research
- Journal of the Operational Research Society
- Mathematical Programming
- Interfaces (περιλαμβάνει μελέτες περιπτώσεων)



## Μαθήματα Ιστορίας...



- Η Επιχειρησιακή Έρευνα εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1930 στην Μ. Βρετανία
- Προσπάθησε να δώσει λύση σε καθαρά λειτουργικά προβλήματα
- Ξεκίνησε ως ένας τρόπος εύρεσης του πιο αποδοτικού τρόπου εξολόθρευσης ανθρώπων... εν καιρώ πολέμου!



## Flash back...1936

- Ίδρυση του ερευνητικού κέντρου Bawdsey Research Station
  - Κέντρο ερευνών και πειραμάτων που αφορούσαν τα ραντάρ και εξυπηρετούσαν το Βρετανικό στρατό και αεροπορία
- Ίδρυση της RAF (Royal Air Force)
  - Η απουσία ικανών αεροσκαφών (Hurricanes, Spitfires) είχε σαν αποτέλεσμα την απουσία δεδομένων για το σύστημα προειδοποίησης και ελέγχου των ραντάρ
- Έναρξη πειραμάτων σχετικά με την καθοδήγηση και τον έλεγχο των αεροσκαφών μέσω ραντάρ - Πρώτα βήματα της ΕΕ



## Flash back...1937



- Πραγματοποίηση των 3 πρώτων επίσημων ασκήσεων με χρήση ραντάρ
- Τα στοιχεία των ραντάρ τροφοδότησαν το γενικό σύστημα προειδοποίησης και ελέγχου της Βρετανικής αεροπορίας
- Θετικά αποτελέσματα στην έγκαιρη προειδοποίηση αλλά...
- Απογοητευτικά αποτελέσματα στις πληροφορίες εντοπισμού (tracking information) μετά το φιλτράρισμα και την μετάδοση των στοιχείων από το δίκτυο...





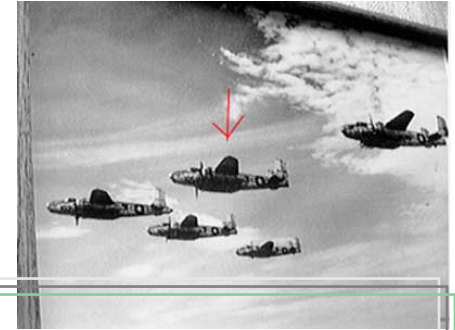
## Flash back... 1938



- Νέα άσκηση με την προσθήκη τεσσάρων σταθμών ραντάρ
- Παρά την αναμενόμενη επιτυχία, η άσκηση στέφθηκε με απόλυτη... αποτυχία!
  - Εμφάνιση νέου προβλήματος: Συντονισμός και συνδυασμός συχνά αντικρουόμενων πληροφοριών από τους διαφορετικούς σταθμούς
- Ενώ τεχνικά τα συστήματα ραντάρ λειτουργούσαν αποτελεσματικά, υπήρχε πρόβλημα στο λειτουργικό (operational) κομμάτι, οπότε αποφασίστηκε έρευνα (research) σε αυτόν τον τομέα
- Μπροστά στην απειλή του πολέμου, κάτι δραστικό θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί...



## Flash back... 1939



- Τελευταία άσκηση πριν τον πόλεμο (καλοκαίρι)
  - 33,000 άντρες, 1,300 αεροσκάφη, 110 αντιαεροπορικά όπλα, 700 προβολείς
- Βελτίωση στη λειτουργία της αεράμυνας (εντοπισμός, έλεγχος)
- Αναγνώριση των υπηρεσιών της ΕΕ
- Ο αρχηγός της RAF ζήτησε την ενσωμάτωση της ομάδας ΕΕ στο αρχηγείο του κατά τη διάρκεια του πολέμου
  - Stanmore Research Section (1939)
  - Operational Research Section (1941)



## Flash back...1940

- Το Μάιο ζητείται από το OR Section να εκτιμήσει αν συμφέρει η αποστολή 10 επιπρόσθετων αεροπορικών μοιρών στη Γαλλία
- Πραγματοποιήθηκε μελέτη που λάμβανε υπόψη τους ρυθμούς απωλειών και αντικατάστασης
  - Η μελέτη πρόβλεψε απώλεια 3 μοιρών κάθε 2 μέρες!
- Αποφασίστηκε να μην σταλεί βοήθεια και να ανακληθούν οι ήδη εμπλεκόμενες μοίρες
- Μία από τις μεγαλύτερες επιτυχίες του OR, αφού οι μοίρες που δεν στάλθηκαν υποστήριξαν σημαντικά την επιτυχημένη αναχαίτιση των Γερμανών στη μάχη της Βρετανίας...



## Flash back... 1941 και έπειτα



- Δημιουργία OR section με αντικείμενο τις πτήσεις αεροσκαφών με στόχο τον εντοπισμό και την εξολόθρευση γερμανικών υποβρυχίων
- Έπρεπε να λυθούν συγκεκριμένα λειτουργικά προβλήματα:
  - Οργάνωση της συντήρησης και επιθεώρηση
  - Σύγκριση τύπων αεροσκαφών
  - Βελτίωση της πιθανότητας επιτυχίας της επίθεσης



## Οργάνωση της Συντήρησης και Επιθεώρηση



- Δεδομένα: Κάθε 350 ώρες πτήσης, ένα αεροσκάφος απαιτεί 7 μικρές επιθεωρήσεις (διάρκειας 2-5 ημερών) και μία μεγάλη (διάρκειας 15 ημερών)
- Λύση: Κάθε συνεργείο μπορεί να εξυπηρετεί όλα τα αεροσκάφη (σχέση 1 προς N)
- Αποτελέσματα: Αύξηση των ωρών πτήσεων κατά 61% (περίοδος δοκιμής 5 μηνών)



## Σύγκριση Τύπων Αεροσκαφών



- Δεδομένα: Ύπαρξη διαφορετικών τύπων αεροσκαφών με διαφορετικές ιδιότητες σε ζητήματα όπως:
  - Μίλια πτήσης ανά αριθμό συντηρητών ανά μήνα
  - Φονικότητα φορτίου
  - Διάρκεια εξόρμησης
  - Πιθανότητα εντοπισμού υποβρυχίου
- Στόχος: Χρησιμοποίηση του κατάλληλου τύπου αεροσκαφών στην κατάλληλη πολεμική επιχείρηση



## Βελτίωση της Πιθανότητας Επιτυχίας της Επίθεσης

### ■ Δεδομένα:

- Απαιτούνται 170 ανθρωποώρες συντήρησης για 1 ώρα πτήσης
- Απαιτούνται 200 ώρες πτήσης για 1 επίθεση σε υποβρύχιο
- Πιθανότητα επιτυχίας (1941): 2-3% (1.1-1.7 εκ. ανθρωποώρες)
- Επιτυχία δεν σημαίνει και βύθιση του υποβρυχίου!
- Η χρήση των πυρομαχικών είχε σημαντικό ρόλο και ενέπλεκε επιπλέον παραμέτρους, όπως:
  - ακτίνα δράσης, λάθη σκόπευσης, προσανατολισμός βόμβας, ύψος απελευθέρωσης της βόμβας

### ■ Αποτελέσματα: Το 1945 η πιθανότητα επιτυχίας της επίθεσης αυξήθηκε στο 40% (από 3% max το 1941)



## Αριθμητικό Παράδειγμα Βελτίωσης

- Η βελτίωση που πραγματοποιήθηκε:
  - Απαιτούνται 170 ανθρωποώρες συντήρησης για 1 ώρα πτήσης
  - Απαιτούνται 200 ώρες πτήσης για 1 επίθεση σε υποβρύχιο
  - Πιθανότητα επιτυχίας (1945): 40%
  - Απαιτούμενες ανθρωποώρες:  $170 \times 200 / 0.40 = 85,000$
  - Εξοικονόμηση ανθρωποωρών:  $1,100,000 - 85,000 = 1,015,000$
  - Με κόστος €10 ανά ανθρωποώρα, εξοικονομήθηκαν €10,150,000





## Ορισμένα Ενδιαφέροντα Στοιχεία (1/2)



Οι επιστήμονες κατά τη διάρκεια του πολέμου είχαν ασχοληθεί εκτενώς με τον μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (hardware) αλλά δεν ασχολήθηκαν αρκετά με το λειτουργικό κομμάτι του πολεμικού εξοπλισμού. Το στρατιωτικό προσωπικό δεν είχε τέτοια τεχνογνωσία.

Οι πρώτοι μελετητές ΕΕ προέρχονταν από ποικίλες επιστημονικές περιοχές (Φυσικοί, Μαθηματικοί, Ψυχολόγοι, Τοπογράφοι). Η συνεισφορά τους ήταν μελέτες μέσω ελέγχων υποθέσεων, λογικών συγκρίσεων, αξιολόγηση αποτελεσμάτων, πραγματοποίησης πειραμάτων, συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, μετατροπής δεδομένων σε πληροφορίες.

Τέσσερις τουλάχιστον από τους μελετητές του OR Section κέρδισαν βραβείο Nobel μετά την ολοκλήρωση του πολέμου!!!



## Ορισμένα Ενδιαφέροντα Στοιχεία (2/2)



Μετά την ολοκλήρωση του πολέμου, η ΕΕ ακολούθησε το δρόμο της και απέκτησε ευρύτερο πεδίο εφαρμογής, ανάλογα με τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε καιρό ειρήνης.

Στη Βρετανία, οι μελετητές του OR Section γύρισαν στις παλιές τους δουλειές και τελικώς, η ΕΕ δεν διαδόθηκε τόσο πολύ όσο θα έπρεπε, εκτός από συγκεκριμένες εξαιρέσεις (βιομηχανία μετάλλων, ορυχεία).

Στην Αμερική, η ΕΕ αναπτύχθηκε σημαντικά μέσω των Πανεπιστημιακών Ιδρυμάτων με αποτέλεσμα η χρήση της να εξαπλωθεί πολύ περισσότερο και η εκπαίδευση σε σχετικά ζητήματα να είναι προηγμένη.



# Ανακεφαλαιώνοντας σε 1 λεπτό...



Η ΕΕ ξεκίνησε στη Μ. Βρετανία προσπαθώντας να καλύψει ανάγκες που προέκυψαν από τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Ο απώτερος στόχος ήταν η αποδοτικότερη χρησιμοποίηση των διαθέσιμων στρατιωτικών πόρων με εφαρμογή μαθηματικών τεχνικών.

Μετά την ολοκλήρωση του πολέμου, η ανάπτυξη που γνώρισε η ΕΕ ήταν διαφορετική στις χώρες (Ευρώπη και Αμερική)

Η ανάπτυξη της ΕΕ ήταν ταχύτερη τα τελευταία 30 χρόνια λόγω της υπολογιστικής ισχύος που πρόσθεσε στην καθημερινή ζωή η χρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

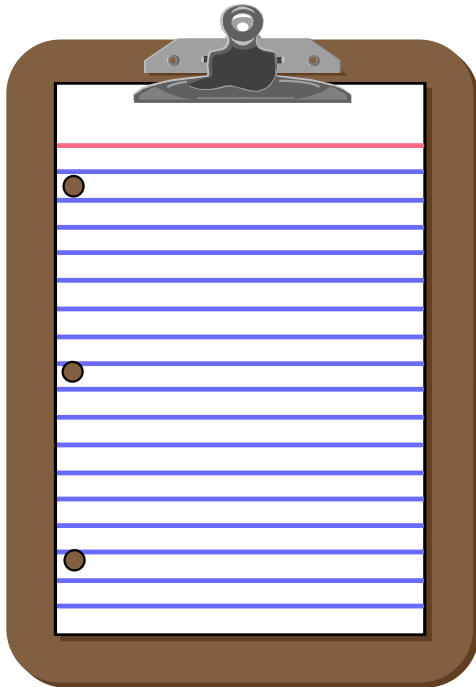
Επιχειρησιακή Έρευνα

## Εισαγωγικά Στοιχεία για τον Επιστημονικό Τομέα της Επιχειρησιακής Έρευνας

*Η παρουσίαση προετοιμάστηκε από τον Ν.Α. Παναγιώτου*



# Περιεχόμενα Παρουσίασης



1. Ορισμοί Επιχειρησιακής Έρευνας
2. Βασικά Χαρακτηριστικά
3. Παραδείγματα
4. Συμπεράσματα



# Ορισμός Εταιρείας Επιχειρησιακής Έρευνας UK



Η Επιχειρησιακή Έρευνα είναι η εφαρμογή της σύγχρονης επιστήμης πάνω σε πολύπλοκα προβλήματα που ανακύπτουν στη διεύθυνση και διοίκηση μεγάλων συστημάτων, αποτελούμενων από ανθρώπους, μηχανές, υλικά και κεφάλαια στις επιχειρήσεις.

Η χαρακτηριστική της μεθοδολογία συνίσταται στην ανάπτυξη επιστημονικού μοντέλου του υπό μελέτη συστήματος που περιλαμβάνει μετρήσεις τυχαίων παραγόντων και με το οποίο προβλέπει και συγκρίνει τα αποτελέσματα εναλλακτικών αποφάσεων, στρατηγικών και ελέγχων.

Ο σκοπός της είναι να βοηθήσει τη διοίκηση να καθορίσει την πολιτική και τις ενέργειές της επιστημονικά.



## Ορισμός Ackoff και Sasienni



Επιχειρησιακή Έρευνα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι:  
η εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων από μικτές ομάδες σε  
προβλήματα που αφορούν τον έλεγχο οργανωμένων συστημάτων  
(αποτελούμενων από ανθρώπους και μηχανές) κατά τρόπο ώστε  
να παρέχουν λύσεις που εξυπηρετούν κατά τον καλύτερο δυνατό  
τρόπο τους σκοπούς του οργανισμού ως συνόλου.



## ... και ο Ελληνικός Ορισμός...



Επιχειρησιακή Έρευνα είναι η επιστημονική προετοιμασία των αποφάσεων της Διοικήσεως (με την επιστημονική ανάλυση των δεδομένων και τη δημιουργία μαθηματικών προτύπων).





# Βασικά Χαρακτηριστικά Επιχειρησιακής Έρευνας

- Αποτελεί νέα μορφή έρευνας που πραγματοποιείται σε συνεργασία με διοικητικά στελέχη
- Αναφέρεται σε προβλήματα λήψης αποφάσεων και ελέγχου ενεργών συστημάτων
- Εφαρμόζει επιστημονική μεθοδολογία για την ποσοτική εκτίμηση της βέλτιστης λύσης προβλημάτων με βάση αντικειμενικά κριτήρια και χρησιμοποιεί μοντέλα
- Διεξάγεται από μικτές ομάδες επιστημόνων
- Έχει υιοθετήσει συστημική προσέγγιση (systems approach)



## Συνεργασία με Διοικητικά Στελέχη

- Παλαιότερα, πολλά προβλήματα που τώρα μελετούνται από την ΕΕ λύνονταν με τη λογική
- Η ΕΕ αποφορτίζει τα διοικητικά στελέχη και τα διευκολύνει στη λήψη σημαντικών αποφάσεων
- Η ΕΕ πραγματοποιείται στον εργασιακό χώρο και όχι σε κάποιο ερευνητικό εργαστήριο
- Η συνεργασία των διοικητικών στελεχών και οι πληροφορίες που παρέχουν καθορίζουν την επιτυχία των έργων ΕΕ



## Επιχειρησιακή Έρευνα και Λήψη Αποφάσεων

- Η λήψη αποφάσεων σε μεγάλες και διαρκώς αναπτυσσόμενες επιχειρήσεις γίνεται πολύ δύσκολη υπόθεση
- Η αποκλειστική υιοθέτηση εμπειρικών τρόπων λήψης αποφάσεων κρύβει κινδύνους
- Η λήψη αποφάσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει την οπτική των χαμηλότερων λειτουργικών επιπέδων, κάτι που συνήθως παραμελείται...



## Διεπιστημονική Προσέγγιση

- Χρησιμοποιούνται ομάδες επιστημόνων πολλών ειδικοτήτων όπως:
  - Μηχανικοί
  - Οικονομολόγοι
  - Ψυχολόγοι
- Κάθε ειδικότητα εξασφαλίζει μια διαφορετική οπτική του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί



# Παράδειγμα Ανεγκυστήρα...





## Βασικά Σημεία Παραδείγματος

- Τρεις εναλλακτικές τεχνικές λύσεις οι οποίες ήταν οικονομικά ασύμφωρες
- Ένα πρόβλημα φαινομενικά τεχνολογικό επιλύθηκε τελικά από Ψυχολόγο!
- Ο χρόνος αναμονής δεν περιορίσθηκε, αλλά περιορίσθηκε η αίσθηση του χρόνου αναμονής!



# Παράδειγμα Πρατηρίων Πετρελαίου...





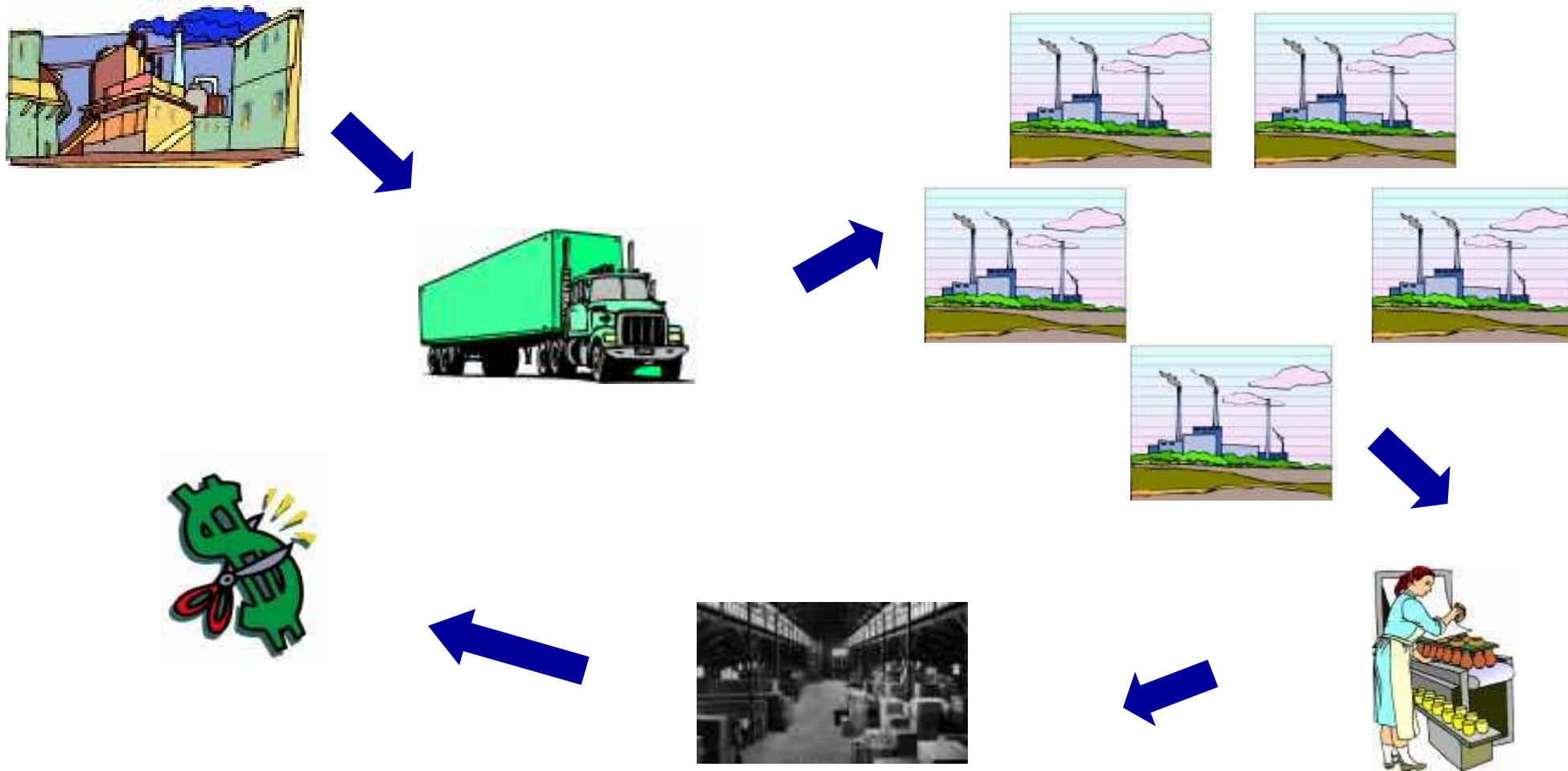
## Βασικά Σημεία Παραδείγματος

- Η ομάδα Ψυχολόγων κατέληξε σε έναν κατάλογο 35 μεταβλητών του προβλήματος αμφιβόλου χρησιμότητας...
- Οι μηχανικοί βρήκαν τη μαθηματική λύση και κατάφεραν να ερμηνεύσουν επιτυχώς την ψυχολογία των καταναλωτών!
  - Η «κυκλοφορία» ήταν η βασική μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος
  - Εξετάστηκαν οι εναλλακτικές διαδρομές προσέγγισης σταθμού εκ των οποίων οι 4 ήταν οι προτιμότερες
  - Ο εκτιμώμενος χρόνος καθυστέρησης επηρέαζε τους πελάτες
- Κάθε προσέγγιση έχει τελικώς τη δική της οπτική, η οποία μπορεί να φανεί χρήσιμη σε συγκεκριμένες περιπτώσεις





# Παράδειγμα Παραγωγικής Επιχείρησης...



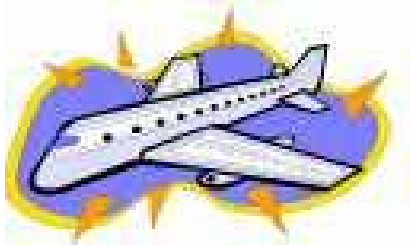


## Βασικά Σημεία Παραδείγματος

- Το αρχικό πρόβλημα ήταν πρόβλημα μεταφοράς, όμως το αληθινό πρόβλημα ενέπλεκε ολόκληρο το παραγωγικό σύστημα της επιχείρησης και επηρέαζε περιοχές όπως:
  - αχρησιμοποίητη δυναμικότητα (το κόστος μεταποίησης ήταν συνάρτηση της δυναμικότητας)
  - σχεδιασμός παραγωγής (προγραμματισμός)
  - ενδιάμεσα προϊόντα (semi-final products) (είδος & στάδιο αποθήκευσης)



# Παράδειγμα Αεροπορικής Εταιρείας...



Εκπαίδευση Αεροσυνοδών  
Συχνότητα & Μεγέθη Τάξεων Αρχικής Εκπαίδευσης





## Βασικά Σημεία Παραδείγματος (1/4)

- Το αρχικό πρόβλημα ήταν η εκπαίδευση των αεροσυνοδών που ανήκε στην κατηγορία μελέτης παραγωγής και αποθεμάτων!
  - Κοπέλα: πρώτη ύλη
  - Αεροσυνοδός: τελικό προϊόν
  - Εκπαίδευση: διαδικασία παραγωγής
  - Μισθός μη ωφέλιμου χρόνου: κόστος αποθεμάτων
  - Ματαιώσεις πτήσεων, απουσίες: ελλειμματικό κόστος
  - Κόστος εκπαίδευσης: κόστος προετοιμασίας
  - Πρόβλημα βέλτιστης ποσότητας παραγωγής ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος



## Βασικά Σημεία Παραδείγματος (2/4)

- Όμως, το κόστος λειτουργίας της σχολής ήταν πολύ ευαίσθητο στην ακρίβεια των προβλέψεων των μελλοντικών αναγκών
- Η μελέτη επεκτάθηκε στη διαδικασία των προβλέψεων
- Ορισμένα στοιχεία που επηρεάζουν το πρόβλημα:
  - «Βάση»
  - «Εκτός έδρας»
  - Περίοδος προγραμματισμού



## Βασικά Σημεία Παραδείγματος (3/4)

Σχέδιο  
Προγραμματισμένων  
Πτήσεων

Υπολογισμός  
Ωρών Πτήσεων

Εύρεση προβλεπόμενου  
αριθμού αεροσυνοδών

Υπολογισμός διαθέσιμου  
αριθμού αεροσυνοδών

Εύρεση απαιτήσεων  
νέων αεροσυνοδών

Πρόβλημα Θετικής Ανακύκλωσης

Απαίτηση: 1000 ώρες πτήσης  
Μέσος αριθμός ωρών πτήσης  
ανά αεροσυνοδό: 60  
Απαιτούνται 16.5 ή 17 αεροσυνοδοί  
με 59 ώρες πτήσης

Απαίτηση: 1000 ώρες πτήσης  
Μέσος αριθμός ωρών πτήσης  
ανά αεροσυνοδό: 59  
Απαιτούνται 16.9 ή 17 αεροσυνοδοί  
με 59 ώρες πτήσης

Απαίτηση: 1005 ώρες πτήσης  
Μέσος αριθμός ωρών πτήσης  
ανά αεροσυνοδό: 59  
Απαιτούνται 17.1 ή 18 αεροσυνοδοί  
με 56 ώρες πτήσης



## Βασικά Σημεία Παραδείγματος (4/4)

- Το πρόβλημα επιλύθηκε με πολύπλοκα μαθηματικά και με τον περιορισμό του μέγιστου αριθμού ωρών πτήσεως (100)
- Ο μέσος αριθμός ωρών πτήσεων αυξήθηκε σημαντικά
- Η ικανοποίηση των εργαζομένων δεν μειώθηκε (αποδείχθηκε ότι δεν ενδιέφερε ο αριθμός πτήσεων αλλά ο χρόνος διανυκτέρευσης στην περιοχή βάσης)
- Το τελευταίο πρόβλημα που έπρεπε να λυθεί ήταν ο απουσιασμός και οι εφεδρικές αεροσυνοδοί (απόθεμα)
- Και η μελέτη προχώρησε ακόμα πιο βαθιά...



## Βασικά θέματα για συζήτηση



Παρότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί ορισμοί της ΕΕ, όλοι συμφωνούν ότι αποσκοπεί στην επίλυση προβλημάτων που ανακύπτουν στη διοίκηση συστημάτων.

Η ΕΕ επιχειρεί να βοηθήσει στην λήψη αποφάσεων των διοικητικών στελεχών μιας επιχείρησης σε στενή συνεργασία μαζί τους.

Η ΕΕ αποσκοπεί στην μέγιστη βελτίωση της συνολικής επίδοσης και δεν επιδιώκει τη βελτιστοποίηση σε τοπικό επίπεδο.

Ο συνδυασμός ατόμων από πολλές διαφορετικές επιστημονικές περιοχές εξασφαλίζει την παρουσία πολλών διαφορετικών οπτικών κατά τη λύση των προβλημάτων.





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

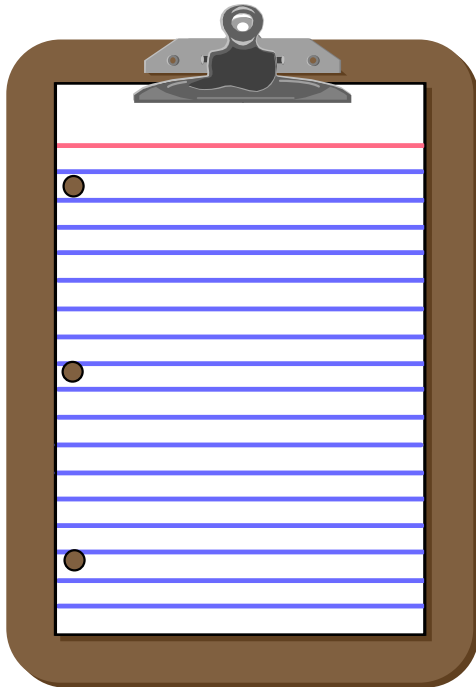
Επιχειρησιακή Έρευνα

# Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας & Διάκριση Προβλημάτων

*Η παρουσίαση προετοιμάστηκε από τον Ν.Α. Παναγιώτου*



# Περιεχόμενα Παρουσίασης



- 1. Πρότυπα ΕΕ**
- 2. Μεθοδολογία ΕΕ**
- 3. Διάκριση Προβλημάτων**
- 4. Θέματα προς Συζήτηση**



# Δομή Μαθηματικών Μοντέλων Επιχειρησιακής Έρευνας

$z = f(x_j, y_i)$  Χαρακτηριστική συνάρτηση χρησιμότητας  
(οικονομική συνάρτηση ή συνάρτηση κόστους)

$x_j$  : Ελεγχόμενες μεταβλητές

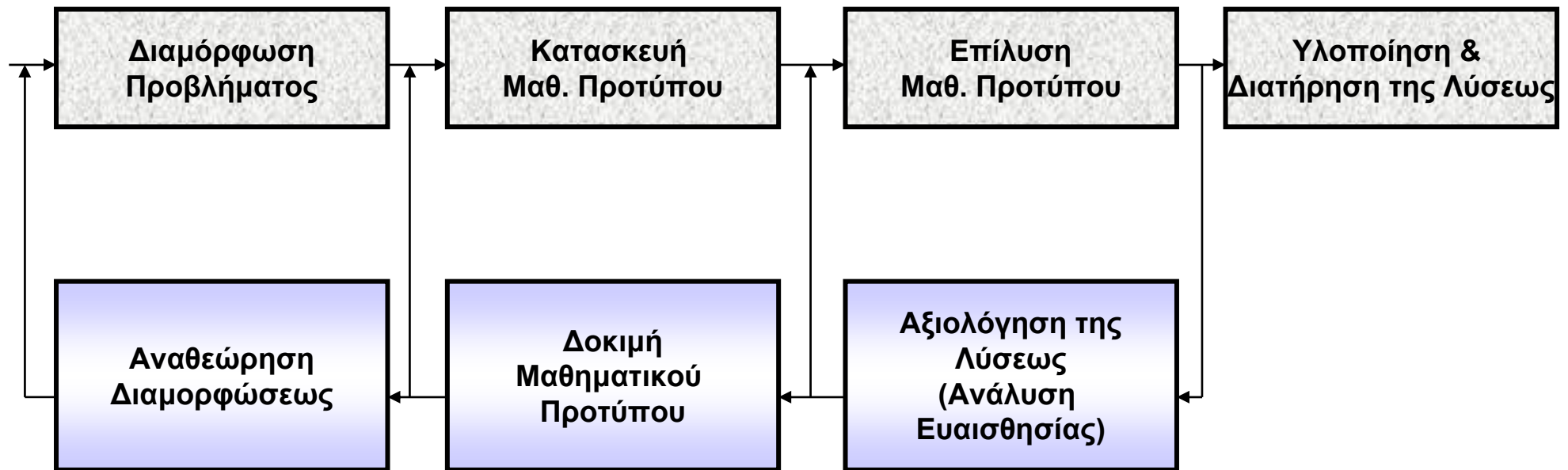
$y_i$  : Μη ελεγχόμενες μεταβλητές

$g(x_j, y_i) \leq 0$  Περιορισμοί

Ζητείται να προσδιορισθούν οι τιμές των ελεγχόμενων μεταβλητών  $x_j$  για τις οποίες η συνάρτηση  $z$  λαμβάνει τη μέγιστη ή ελάχιστη τιμή της

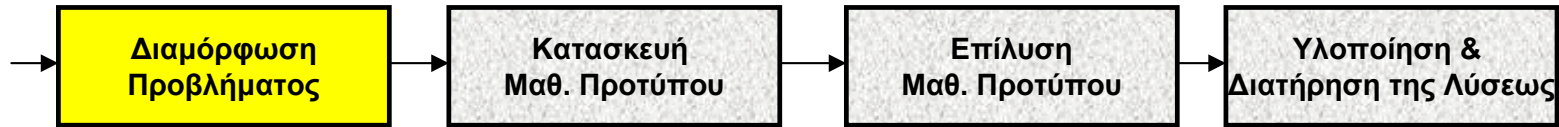


# Διαδικασία Επίλυσης Προβλημάτων ΕΕ





# Διαμόρφωση Προβλήματος



- Διάγνωση του προβλήματος (συχνά, από τα συμπτώματά του όταν δεν είναι προφανές)
- Εντοπισμός υπο-προβλήματος που θα επιλυθεί
- Ορισμός στόχου, περιορισμών και απαιτήσεων





## Βήματα Διαμόρφωσης Προβλήματος (1/2)



- Διάγνωση συμπτωμάτων μη ικανοποιητικής λειτουργίας
- Καθορισμός στοιχείων προβλήματος, όπως:
  - Κατανόηση οργανωτικής δομής
  - Εντοπισμός ατόμων που λαμβάνουν τις αποφάσεις (decision makers)
  - Ορισμός αντικειμενικών στόχων (ελαχιστοποίηση κόστους, μεγιστοποίηση κέρδους, αύξηση ποσοστού αγοράς κλπ)
  - Εύρεση εναλλακτικών τρόπων δράσεως με την επισήμανση των ελεγχόμενων μεταβλητών
  - Εντοπισμός του περιβάλλοντος του υπό μελέτη συστήματος (μη ελεγχόμενες μεταβλητές)



## Βήματα Διαμόρφωσης Προβλήματος (2/2)



- Προσδιορισμός ενός κριτηρίου επιλογής της βέλτιστης λύσης, με κριτήρια:
  - Αιτιοκρατικά (π.χ. κόστος λειτουργίας)
  - Στοχαστικά (π.χ. τιμή κόστους όταν υπεισέρχονται τυχαίες μεταβλητές των οποίων μπορούν να προσδιορισθούν οι κατανομές)



# Παράδειγμα Επηρεασμού Μεταβλητών (1/2)

Βιομηχανία



παράγει **3,000** προϊόντα με χαμηλό ή μηδενικό

Κέρδος.



προϊόντα

Από αυτά τα



δεν υπάρχει γνώση για το ποια συμφέρουν την εταιρεία να τα πουλά και ποια όχι...

αποφασίσει

Κάποιος έπρεπε να



τη μελλοντική

στρατηγική.



Πωλήσεις

Οι



προωθούσαν προϊόντα,

Παραγωγή

τα οποία η



δεν ήθελε να παράγει...



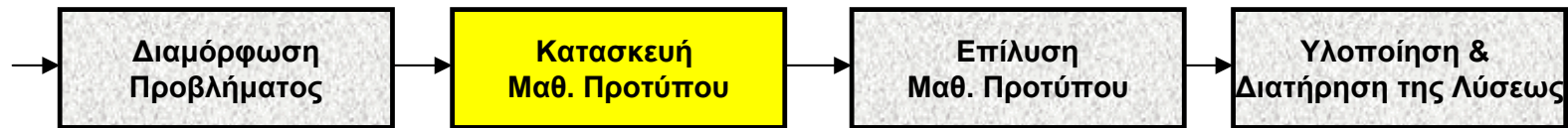


## Παράδειγμα Επηρεασμού Μεταβλητών (2/2)

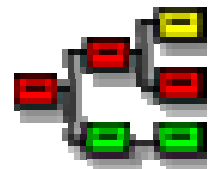
- Υπήρχε η δικαιολογία ότι οι πελάτες αγοράζουν πακέτα προϊόντων, οπότε και τα 3,000 προϊόντα έπρεπε να συνεχίσουν να παράγονται (μη ελεγχόμενη μεταβλητή)
- Η τιμή των προϊόντων δεν μπορούσε να μεταβληθεί λόγω ανταγωνισμού (μη ελεγχόμενη μεταβλητή)
- Οι Πωλήσεις αξιολογούνταν με βάση τον όγκο πωλήσεων και η Παραγωγή με βάση το κέρδος
- Αποφασίστηκε ότι οι Πωλητές δεν θα κέρδιζαν προμήθεια για τα «μη συμφέροντα» προϊόντα
- Με αυτόν τον τρόπο σταμάτησαν οι πωλήσεις πολλών μη επικερδών προϊόντων



# Κατασκευή Μαθηματικού Προτύπου (Μοντέλο)



- Εντοπισμός εναλλακτικών τρόπων μοντελοποίησης
- Εντοπισμός διαθέσιμων δεδομένων
- Υπολογισμός δυσκολίας απόκτησης δεδομένων
- Επιλογή τελικού τρόπου μοντελοποίησης
- Επισημοποίηση μοντέλου





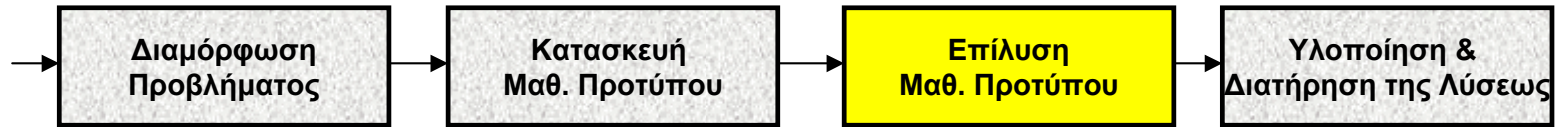
# Δοκιμή Μαθηματικού Μοντέλου

- Το μοντέλο είναι δυνατό να περιλαμβάνει ατέλειες όπως:
  - να περιλαμβάνει άσχετες μεταβλητές
  - να μην περιλαμβάνει σχετικές μεταβλητές
  - ορισμένες μεταβλητές να μην αξιολογούνται σωστά
  - η δομή του να είναι εσφαλμένη (η συνάρτηση που συνδέει το κριτήριο λειτουργίας του με τις ελεγχόμενες μεταβλητές)
- Η εξακρίβωση ατελειών πραγματοποιείται με στατιστικές αναλύσεις (συσχετίσεως, παλινδρομήσεως, εκτιμήσεως, δειγματοληψίας)
- Οι απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή του μοντέλου εξασφαλίζονται με την ανάλυση συστήματος





# Επίλυση Μαθηματικού Προτύπου (Αριθμητική Λύση)

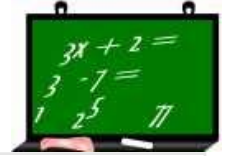


- Χρησιμοποίηση αλγορίθμου ή/ και χρησιμοποίηση ηλεκτρονικού υπολογιστή
- Εύρεση λύσεων (ανάλυση ευαισθησίας, what-if analysis)





# Μέθοδοι Επίλυσης Μαθηματικού Μοντέλου



## ■ Ανώτερα Μαθηματικά:

- διαφορικός και ολοκληρωτικός λογισμός, αριθμητική ανάλυση, γραμμική άλγεβρα, κλασικές μέθοδοι βελτιστοποίησης, λογισμός των μεταβολών

## ■ Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστικής:

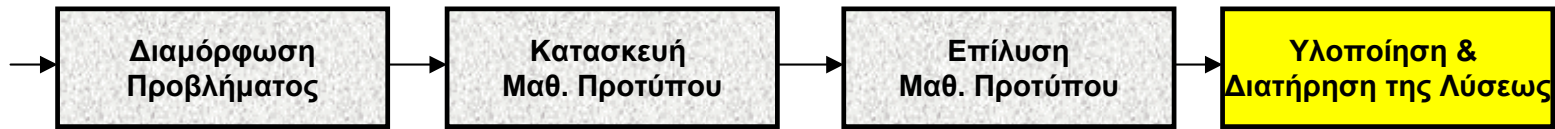
- θεωρία πιθανοτήτων, ανελίξεις Μαρκοφ, περιγραφική στατιστική, στατιστική συμπερασμάτων, εκτίμηση, παλινδρόμηση, αλληλοσυσχέτιση, ανάλυση μεταβλητότητας, παραγοντική ανάλυση, χρονολογικές σειρές

## ■ Μέθοδοι και Θεωρίες Επιχειρησιακής Έρευνας:

- γραμμικός και μη γραμμικός προγραμματισμός, δυναμικός προγραμματισμός, ακέραιος και συνδυαστικός προγραμματισμός, χρονικός προγραμματισμός, προσομοίωση, ευρετικές μέθοδοι, θεωρία ελέγχου αποθεμάτων, αναμονής, συντηρήσεως και αντικαταστάσεως, μηχανικού εξοπλισμού, αξιοπιστίας, παιγνίων



# Υλοποίηση & Διατήρηση της Λύσεως



- Έγκριση των αποτελεσμάτων από την επιχείρηση
- Υλοποίηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την μελέτη
- Χρησιμοποίηση του αλγορίθμου/ εργαλείου για την επίλυση αντίστοιχων λειτουργικών προβλημάτων





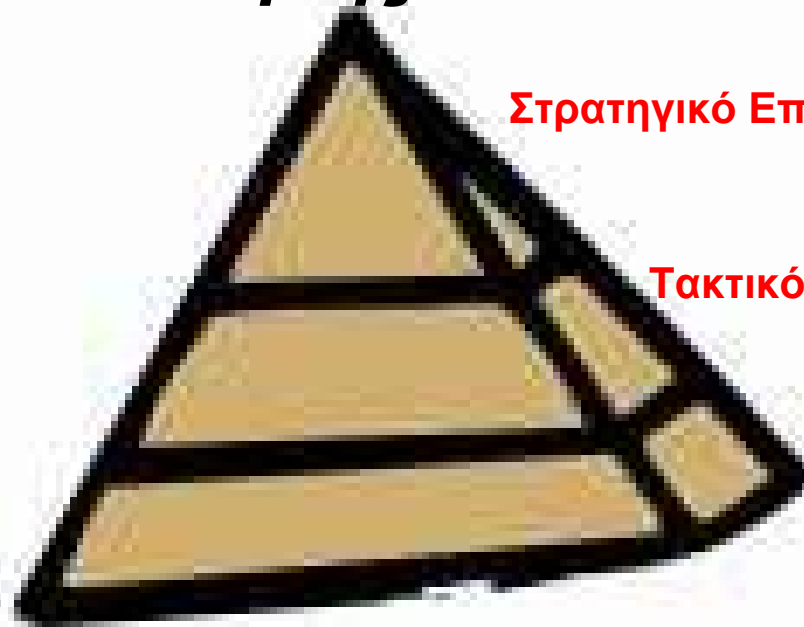
# Διακρίσεις Προβλημάτων Επιχειρησιακής Έρευνας

Τα προβλήματα ΕΕ διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με:

- το Επίπεδο Διοίκησης
- το Περιεχόμενο
- τον Τύπο ή τη Μορφή



# Επίπεδο Διοίκησης



Στρατηγικό Επίπεδο (Strategic Level)

Τακτικό Επίπεδο (Tactical Level)

Τεχνικό Επίπεδο (Operational Level)

Η διάκριση των επιπέδων πραγματοποιείται με βάση:

- τη διάρκεια των προβλημάτων
- το μέρος της επιχείρησης που αφορούν
- τους αντικειμενικούς σκοπούς που θέτονται





## Περιεχόμενο

- Το περιεχόμενο εξαρτάται από την φυσική έννοια παραμέτρων
- Υπάρχουν αναρίθμητα προβλήματα ΕΕ από πλευράς περιεχομένου όπως:
  - Παραγωγή: επιλογή θέσεως εργοστασίου, χωροταξία εργοστασίου, προγραμματισμός προμηθειών και έλεγχος αποθεμάτων Α υλών, προγραμματισμός παραγωγής και έλεγχος αποθεμάτων προϊόντων, έλεγχος ποιότητας, συντήρηση μηχανολογικού εξοπλισμού, ανανέωση μηχανολογικού εξοπλισμού, ανάλυση αξιοπιστίας, εξισορρόπηση γραμμής παραγωγής
  - Εμπορία: Καθορισμός βέλτιστης σύνθεσης παραγωγής, βέλτιστη στρατηγική διαφήμισης και τιμολογήσεως προϊόντων, προγ/μός πωλήσεων, προγ/μος μεταφοράς και διανομής προϊόντων, προσδιορισμός θέσεως και αριθμού αποθηκών, σύνθεση μεταφορικού στόλου
  - Οικονομικά: Χρηματοοικονομικός προγ/μός, καθορισμός πιστωτικής πολιτικής, προϋπολογισμός
  - Προσωπικό: Ανάλυση & αξιολόγηση προσωπικού, προγραμματισμός προσωπικού, ανάλυση αιτιών απουσιασμού, πρόληψη ατυχημάτων



## Τύπος ή Μορφή

- Ο τύπος του προβλήματος αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο οι παράμετροί του σχετίζονται μεταξύ τους
- Το μαθηματικό πρότυπο ή μοντέλο καθορίζει τον τύπο του προβλήματος
- Υπάρχουν συγκεκριμένες κατηγορίες προβλημάτων ΕΕ, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν προβλήματα που δεν μπορούν να ενταχθούν σε καμία από τις κατηγορίες αυτές
- Η κατηγοριοποίηση αυτή διευκολύνει τη διδασκαλία των μοντέλων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία



# Ανακεφαλαιώνοντας σε 1 λεπτό...



Παρότι τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιεί η ΕΕ ποικίλουν σε τύπο και μορφή, παρουσιάζουν μια ενιαία δομή με μια χαρακτηριστική συνάρτηση χρησιμότητας, ελεγχόμενες και μη ελεγχόμενες μεταβλητές και περιορισμούς που πρέπει να ικανοποιούνται.

Τα βασικά βήματα της μεθοδολογίας της ΕΕ είναι η διαμόρφωση του προβλήματος, η κατασκευή του μοντέλου, η επίλυση του μοντέλου και η υλοποίηση και διατήρηση της λύσεως. Ενδιάμεσα, απαιτούνται η αναθεώρηση της διαμόρφωσης (πιθανά) του προβλήματος, η δοκιμή του μοντέλου και η αξιολόγηση της λύσεως.

Τα προβλήματα της ΕΕ μπορούν να διακριθούν σε κατηγορίες από πλευράς:

επιπέδου διοικήσεως

περιεχομένου

τύπου ή μορφής



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

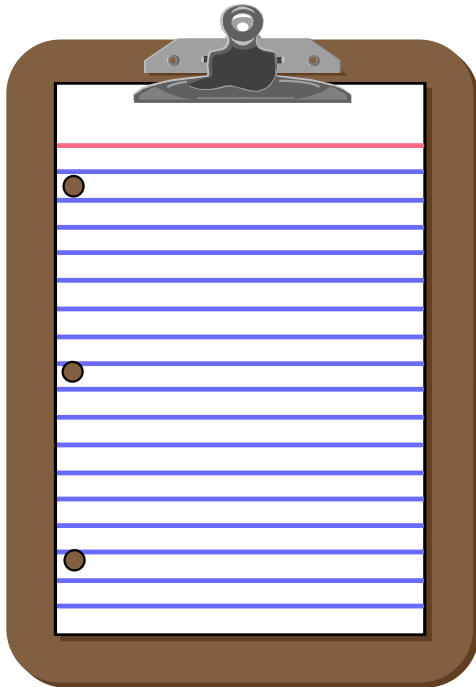
Επιχειρησιακή Έρευνα

## Πρότυπα Προβλήματα & Συγγενείς Επιστημονικοί Κλάδοι

*Η παρουσίαση προετοιμάστηκε από τον Ν.Α. Παναγιώτου*



# Περιεχόμενα Παρουσίασης



- 1. Πρότυπα Προβλήματα**
- 2. Συγγενείς Επιστημονικοί Κλάδοι**
- 3. Θέματα προς Συζήτηση**



# Πρότυπα Προβλήματα Επιχειρησιακής Έρευνας





# Προβλήματα Κατανομής Πόρων



- Κατανέμονται πόροι ή μέσα (εργαζόμενοι, υλικά, μηχανές, χρήματα) σε ανταγωνιστικές δραστηριότητες
- Στόχος είναι το ελάχιστο κόστος ή το μέγιστο κέρδος
- Παραδείγματα:
  - Μακροχρόνιο πρόγραμμα οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας
  - Προγραμματισμός επενδύσεων μιας εταιρείας
  - Προγραμματισμός παραγωγής μιας εταιρείας



## Τύποι Προβλημάτων Κατανομής Πόρων

- Κατανομή αριθμού πόρων σε ίσο αριθμό δραστηριοτήτων
  - Κατανομή εργαζομένων σε θέσεις εργασίας
  - Αντιστοίχιση μηχανών σε κατάλληλες θέσεις στο εργοστάσιο
  - Αντιστοίχιση τάξεων σε σχολικές αίθουσες
- Εύρεση του φθηνότερου τρόπου μεταφοράς αγαθών από έναν αριθμό θέσεων
- Κατανομή μέσων σε πολλών ειδών δραστηριότητες
  - Ανάμιξη Α' υλών για παραγωγή ετοιμών προϊόντων
  - Πολύπλοκες διαδικασίες παραγωγής, εμπορίας κλπ.





# Προβλήματα Ελέγχου Αποθεμάτων



- Υψηλό απόθεμα σημαίνει κόστος δέσμευσης κεφαλαίου και κόστος συντήρησης του αποθέματος
- Χαμηλό απόθεμα σημαίνει κίνδυνο να μην είναι διαθέσιμος ο πόρος όταν ζητηθεί για χρήση
- Τίθεται ζήτημα βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίηση κόστους)
- Θα πρέπει να καθορισθούν τα κάτωθι:
  - η ποσότητα της παραγγελίας
  - η συχνότητα παραγγελίας

Θεωρία Ελέγχου Αποθεμάτων  
(Μαθηματικός Λογισμός & Θεωρία Πιθανοτήτων)



## Παραδείγματα Ελέγχου Αποθεμάτων

- Προσθήκη θερμοηλεκτρικής μονάδας (αχρησιμοποίητη δυναμικότητα ή χαμένες πωλήσεις)

- Διαχείριση υδροηλεκτρικών αποθεμάτων (υψηλή στάθμη = κίνδυνος υπερχείλισης, χρόνος χρησιμοποίησης)

- Διάθεση λειτουργικού κεφαλαίου (κόστος δέσμευσης, κόστος δανεισμού)

- Αποθέματα πολλαπλών επιπέδων (εργοστάσια, αποθήκες, διανομείς)

- Αποθέματα & Προγ/μος Παραγωγής ή Αποθέματα & Πρόβλεψη τιμών αγοράς



# Προβλήματα Αναμονής



- Βασικά στοιχεία των συστημάτων αναμονής είναι η μορφή των αφίξεων των πελατών, ο μηχανισμός εξυπηρέτησης και ο νόμος προτεραιότητας
- Προβλήματα είναι ο τρόπος πραγματοποίησης των αφίξεων και η μεταβλητότητα των χρόνων εξυπηρέτησης
- Η επίλυση αφορά τον προσδιορισμό των μέσων εξυπηρέτησης, το νόμο προτεραιότητας και την εξομάλυνση των αφίξεων
- Έχει αναπτυχθεί η Θεωρία Αναμονής και η Προσομοίωση
- Ορισμένα προβλήματα επιτήρησης & συντήρησης μηχανών λύνονται με τη Θεωρία Αναμονής



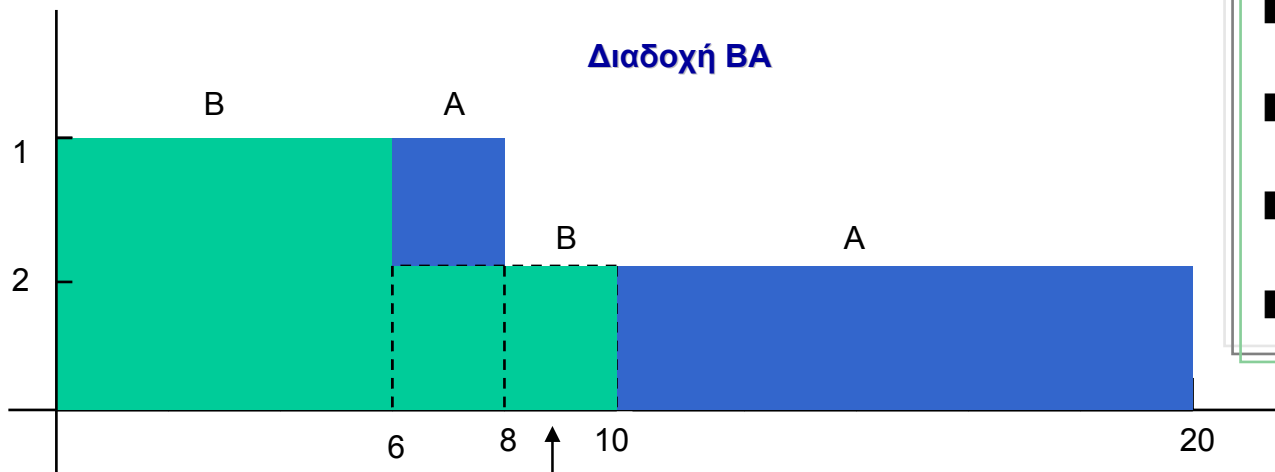
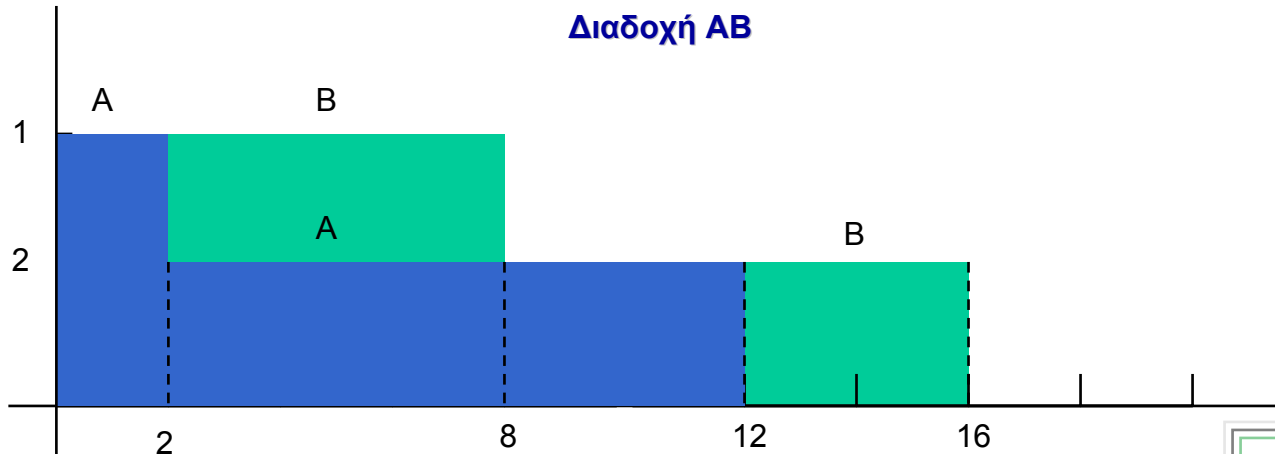
# Προβλήματα Διαδοχής ή Διάταξης Εργασιών



- Προσδιορισμός νόμου προτεραιότητας ή σειράς εξυπηρέτησης
- Εφαρμογή σε εργοστάσια μηχανουργικών κατεργασιών με μηχανές και με κριτήριο την ελαχιστοποίηση παραμέτρων όπως:
  - του κόστους ενδιάμεσων αποθεμάτων
  - του χρόνου εκτέλεσης εργασιών
- Χρησιμοποιούμενες μέθοδοι:
  - Διαγράμματα Gantt (για απλά προβλήματα)
  - Δυναμικός, ακέραιος και συνδυαστικός προγραμματισμός
  - Ευρετικοί αλγόριθμοι (Heuristic methods) (για πολύπλοκα προβλήματα)



# Παράδειγμα Διαγραμμάτων Gantt



Αναμονή για την A

- Μηχανές 1 & 2
- Προϊόντα A & B
- A: 2 ώρες στην 1, 10 στη 2
- B: 6 ώρες στην 1, 4 στη 2



# Προβλήματα Χρονικού Προγραμματισμού Εργασιών (PERT, CPM)



- Η χρονική σειρά εκτέλεσως είναι δεδομένη
- Σκοπός είναι να βρεθούν οι κρίσιμες εργασίες που ρυθμίζουν τον ολικό χρόνο εκτέλεσης του έργου με το μικρότερο κόστος
- PERT: Program Evaluation & Review Technique
  - Λαμβάνει υπόψη την αβεβαιότητα των χρόνων εκτέλεσως των επιμέρους εργασιών, αλλά δεν επιτελεί απ' ευθείας έλεγχο πάνω στους χρόνους αυτούς με την κατανομή των μέσων στις επιμέρους εργασίες
- CPM: Critical Path Method
  - Επιτελεί έλεγχο στους χρόνους εκτέλεσως αλλά με καθορισμένο χρόνο εκτέλεσως κάθε εργασίας



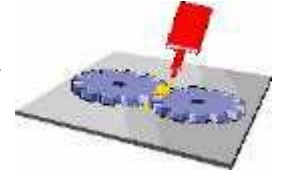
# Προβλήματα Βέλτιστης Διαδρομής



- Εύρεση μιας διαδρομής μεταξύ κόμβων δικτύου, η οποία παρέχει βέλτιστη τιμή σε ένα κριτήριο επιλογής (πχ. ολικός χρόνος, κόστος, απόσταση)
- Παραδείγματα προβλημάτων βέλτιστης διαδρομής:
  - Περιοδεύων πωλητής
  - Καθορισμός διαδρομών και τέρματος λεωφορείων
  - Προγραμματισμός μεταφοράς και διανομής προϊόντων
  - Σχεδίαση συστημάτων (δικτύων) μεταφοράς
- Χρησιμοποιούμενες μέθοδοι:
  - Δυναμικός, Ακέραιος και Συνδυαστικός Προγραμματισμός
  - Ευρετικές μέθοδοι



# Προβλήματα Αντικατάστασης & Συντήρησης



- Έρχεται καιρός που οι δαπάνες συντήρησης μιας παλιάς μηχανής υπερβαίνουν τις ολικές δαπάνες συντηρήσεως, λειτουργίας και αποσβέσεως του κεφαλαίου αγοράς μιας καινούργιας (που θα την αντικαταστήσει)
- Κριτήριο βελτιστοποίησης είναι η ελαχιστοποίηση του ανά μονάδα χρόνου συνολικού κόστους, ή η μεγιστοποίηση του κέρδους, ή μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού
- Έχει αναπτυχθεί η Θεωρία Συντηρήσεως & Αντικαταστάσεως Μηχανικού Εξοπλισμού
- Υπάρχει σύνδεση με το πρόβλημα προγραμματισμού επενδύσεων





## Προβλήματα Αξιοπιστίας



- Αξιοπιστία μιας συσκευής είναι η πιθανότητα που έχει να επιτελεί τον σκοπό της ικανοποιητικά για την προβλεπόμενη περίοδο και για τις προβλεπόμενες συνθήκες λειτουργίας και αποτελεί ένα μέτρο διατηρήσεως της ποιότητας
- Η αξιοπιστία επιτυγχάνεται με χρήση καλών υλικών, αντικατάσταση ανταλλακτικών, πολλαπλασιασμό εξαρτημάτων κλπ.
- Το κόστος αυξημένης αξιοπιστίας δεν πρέπει να υπερβαίνει το όφελος που προκύπτει από αυτήν (βελτιστοποίηση)
- Έχει αναπτυχθεί η Θεωρία Αξιοπιστίας
- Υπάρχει σύνδεση με το πρόβλημα αντικαταστάσεως και συντηρήσεως και του προγραμματισμού επενδύσεων



# Προβλήματα Συναγωνισμού η Παιγνίων



- Στα προβλήματα αυτής της μορφής, οι ανεξάρτητες μεταβλητές ελέγχονται από άτομα με αντικρουόμενα συμφέροντα από τα δικά μας
- Η ΕΕ επιχειρεί να καθορίσει τον κατάλληλο τρόπο ενέργειας ακόμα και μετά από σωστές κινήσεις των αντιπάλων που μας φέρνουν σε δύσκολη θέση
- Η θεωρία παιγνίων είναι βασισμένη στη Θεωρία Πιθανοτήτων και στη μέθοδο του Γραμμικού Προγραμματισμού
- Προβλήματα αυτής της μορφής συναντώνται στο στρατό και σε επιχειρήσεις (κατάκτηση μεριδίου αγοράς, προώθηση πωλήσεων κλπ.)



# Προβλήματα Αναζήτησης



- Σε αυτά τα προβλήματα είναι γνωστό το τι πρέπει να γίνει αλλά δεν είναι διαθέσιμη η πληροφορία
- Τυπικά προβλήματα:
  - Αναζήτηση πόρων
  - Έλεγχος λογιστικών λαθών (auditing)
  - Σχεδίαση διαδικασιών ελέγχου ποιότητας
  - Αποθήκευση και ανάκτηση πληροφοριών σε Η/Υ
  - Στρατιωτικά προβλήματα (εντοπισμός στόχων)
- Η βελτιστοποίηση γίνεται με βάση 2 παραμέτρους κόστους:
  - Κόστος απόκτησης πληροφορίας
  - Κόστος χρησιμοποίησης εσφαλμένης πληροφορίας
- Χρησιμοποιούνται μέθοδοι Στατιστικής (Θεωρία Αποφάσεων, Δειγματοληψίας, Στατιστικής Συμπερασμάτων, Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας)



# Νέα Προβλήματα Επιχειρησιακής Έρευνας



- Σύγχρονη τάση ΕΕ για αντιμετώπιση στρατηγικών προβλημάτων (π.χ. Μακροχρόνιος Επιχειρησιακός Προγραμματισμός και σχεδίαση Συστημάτων Πληροφοριών της Διοίκησης)

Αντικειμενικοί στόχοι οργανισμού

Διατύπωση βασικών πολιτικών

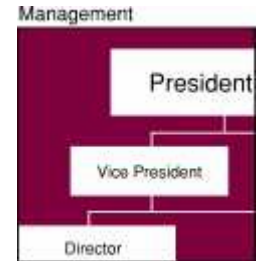
Προσδιορισμός απαιτούμενων πόρων & κατανομή τους στον οργανισμό

Σχεδίαση απαιτούμενης οργανωτικής δομής

Εγκαθίδρυση διαδικασιών ελέγχου



# Συγγενείς Επιστημονικοί Κλάδοι - Οργάνωση & Διοίκηση



- Η ΕΕ ασχολείται με τα ίδια προβλήματα που ασχολείται και η Οργάνωση-Διοίκηση χρησιμοποιώντας διαφορετική μεθοδολογία
- Η μεθοδολογία της ΕΕ είναι η επιστημονική μέθοδος των θετικών επιστημών προσαρμοσμένη στις συνθήκες των κοινωνικών επιστημών και κυρίως της Διοίκησης των Οργανισμών



## Συγγενείς Επιστημονικοί Κλάδοι - Κυβερνητική & Επιστήμη Συστημάτων



- Ασχολείται με τη μελέτη συστημάτων και δεν τα διακρίνει στη βάση της υλικής τους δομής αλλά στη βάση της οργανωτικής τους δομής (π.χ. αιτιοκρατικά και στοχαστικά, απλά και πολύπλοκα κλπ.)
- Δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στα συστήματα ελέγχου και επανατροφοδότησης
- Αναλύει την πληροφορία και επιχειρεί να την μετρήσει ποσοτικά
- Περιλαμβάνει μέλη ποικίλων επιστημονικών κλάδων
- Ασχολείται και με συστήματα που δεν περιγράφονται μαθηματικά
- Δίνει περισσότερη βαρύτητα στις επικοινωνίες και τον έλεγχο και λιγότερη στις αποφάσεις



# Ανακεφαλαιώνοντας σε 1 λεπτό...



Υπάρχουν πρότυπα προβλήματα ΕΕ, τα οποία επικεντρώνονται σε διαφορετικές περιοχές και προσπαθούν να τα επιλύσουν με εξειδικευμένες θεωρίες και μεθοδολογίες.

Οι σύγχρονες παγκόσμιες εξελίξεις και απαιτήσεις επηρεάζουν την ΕΕ, η οποία προσπαθεί τα τελευταία χρόνια να επικεντρωθεί στην αντιμετώπιση στρατηγικών προβλημάτων όπως ο Μακροχρόνιος Επιχειρησιακός Προγραμματισμός.

Η ΕΕ είναι συγγενής επιστήμη με την Οργάνωση & Διοίκηση (ασχολείται με τα ίδια προβλήματα με άλλη μεθοδολογία) και την Κυβερνητική (αποτελεί υποσύνολό της).



# Ερωτήσεις...

