



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης & Επιχειρησιακής Έρευνας
Ερευνητική Ομάδα Βιομηχανικού Λογισμικού

Συστήματα Αποφάσεων

Πολυκριτήρια Ανάλυση (Multicriteria Analysis)



Νικόλαος Α. Παναγιώτου
Λέκτορας ΕΜΠ

Μάιος 2010

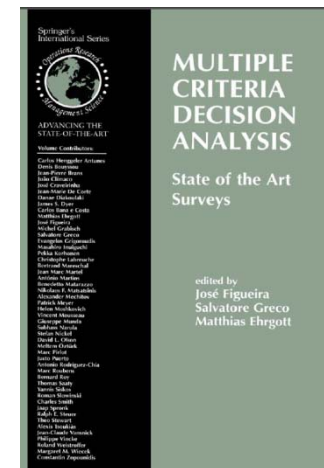
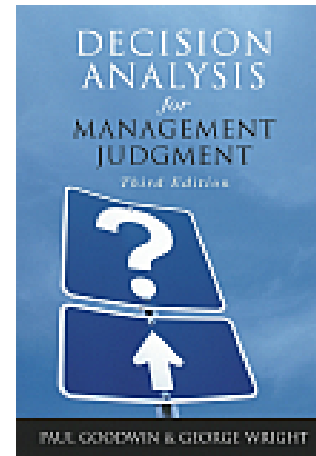
Πίνακας Περιεχομένων

- **Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Ανάλυση & τη Λήψη Αποφάσεων**
- **Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)**
- **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης**
- **Εισαγωγή στη Διαδικασία Αναλυτικών Δικτύων**
- **Εφαρμογές Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

- Πραστάκος Γ. (2006), Διοικητική Επιστήμη: Λήψη επιχειρησιακών αποφάσεων στην κοινωνία της πληροφορίας, Εκδόσεις Σταμούλης.
- DTLR (2004), DTLR multi-criteria analysis manual, UK.
- Goodwin P. & Wright G. (2004), Decision Analysis for Management Judgment, John Wiley & Sons , Ltd.
- Figueira J., Greco S. & Ehrgott M. (2005), Multiple Criteria Decision Analysis - State Of The Art Surveys, Springer Science + Business Media, Inc.

DTLR multi-criteria analysis manual	
Contents	
Action challenges	8
Chapter 1	9
The origin and objectives of this manual	9
Chapter 2	9
Appraisal and evaluation in government	9
2.1 Introduction	9
2.2 The business analysis process	9
2.3 Identifying objectives	9
2.4 Identifying options for achieving the objectives	9
2.5 Identifying the criteria to be used to compare the options	9
2.6 Analysis of the options	9
2.7 Making choices	10
2.8 Feedback	10
2.9 Separation of business through time	10
Chapter 3	12
Multi-criteria based techniques	12
3.1 Introduction	12
3.2 Pairwise analysis	12
3.3 Conventional multi-criteria	12
3.4 Cost-benefit analysis	13
3.5 Software for the analysis of multi-criteria in an MCA framework	14
Chapter 4	14
An overview of multi-criteria analysis techniques	14
4.1 Introduction	14
4.2 Criteria for selecting MCA techniques	14
4.3 Key features of MCA	17
4.4 Different types of MCA	19
4.5 Strengths and weaknesses of the performance matrix	20
4.6 The performance matrix format	20
4.7 Linear additive models	20



Πίνακας Περιεχομένων

- **Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Ανάλυση & τη Λήψη Αποφάσεων**
- **Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)**
- **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης**
- **Εφαρμογές Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

Πολυκριτήρια Ανάλυση

- Τα τελευταία 30 χρόνια, στο πλαίσιο της Επιχειρησιακής Έρευνας και της Επιστήμης των Αποφάσεων, αναπτύσσεται με εντυπωσιακά ταχείς ρυθμούς η περιοχή της Πολυκριτήριας Λήψης ή Υποστήριξης Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Making ή Decision Support)
- Η Πολυκριτήρια Ανάλυση αποτελεί μια **συστηματική λογική και μαθηματική προσέγγιση** που βοηθάει τους αποφασίζοντες να επιλύσουν διλήμματα που προκύπτουν από την επιδίωξη πολλών αντιμαχόμενων στόχων στη λήψη των αποφάσεων
- Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν, εκτός από τη σύγκρουση των στόχων-κριτηρίων, υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στη μέτρηση των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων σε κάθε κριτήριο, ή στη διατύπωση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα
- Μπορεί να βοηθήσει στην επίλυση των διαφωνιών που προκύπτουν όταν στην απόφαση εμπλέκονται **πολλοί αποφασίζοντες**, ο καθένας με διαφορετικό σύστημα προτιμήσεων
- **Δεν αποτελεί μια μεθοδολογία εύρεσης της άριστης λύσης** στην περίπτωση αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, γιατί άριστη λύση δεν υπάρχει (η ικανοποίηση των στόχων της απόφασης δεν μπορεί να είναι πλήρης, ή με άλλα λόγια δεν υπάρχει λύση που να εμφανίζει τις καλύτερες επιδόσεις σε όλα τα κριτήρια, γιατί τότε δεν θα υπήρχε πρόβλημα απόφασης)

Πολυκριτήρια Ανάλυση & Συμβιβασμός

- Στην πράξη, οι αποφασίζοντες έρχονται αντιμέτωποι με αντιμαχόμενους στόχους και πρέπει να επιλέξουν τους στόχους που επιθυμούν να βελτιστοποιήσουν και εκείνους για τους οποίους είναι διατεθειμένοι να δεχθούν απόκλιση από τις βέλτιστες αποδόσεις
- Η επίλυση προβλημάτων με πολλαπλά κριτήρια είναι συνδεδεμένη με την έννοια του **συμβιβασμού**
- Συμβιβασμό (compromise) πραγματοποιεί, κατ' αρχήν, ο ίδιος ο αποφασίζοντας που αποδέχεται ως αναγκαία τη σχετική απομάκρυνση από κάποιους στόχους του
- Συμβιβασμός πραγματοποιείται όμως και μεταξύ διαφορετικών αποφασιζόντων που αποδέχονται πιθανά επιπλέον απομάκρυνση από κάποιον στόχο προκειμένου να επιτευχθεί **συναινέση** (consensus) ως προς μια αποδεκτή λύση
- Η χρησιμότητα της Πολυκριτήριας Ανάλυσης έγκειται στο ότι βοηθάει τον αποφασίζοντα να οργανώσει τις διαθέσιμες πληροφορίες, να σκεφθεί συστηματικά για τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε λύσης, να συνειδητοποιήσει τις προτιμήσεις και ανοχές του, έτσι ώστε να είναι σε θέση να κάνει τους λιγότερους οδυνηρούς συμβιβασμούς και να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες να μετανιώσει για την επιλογή που θα πραγματοποιήσει

Αποφάσεις με Εναλλακτικές Επιλογές

- Σε αρκετές περιπτώσεις, στο επιχειρηματικό περιβάλλον αλλά και στην καθημερινή μας ζωή χρειάζεται να λάβουμε **αποφάσεις**:
 - μεταξύ διαφορετικών εναλλακτικών
 - λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικά κριτήρια, με διαφορετικές βαρύτητες
- Πολλά πραγματικά **προβλήματα μίας επιχείρησης** είναι προβλήματα επιλογής, κατάταξης ή ομαδοποίησης και αντιμετωπίζονται με πολλαπλά κριτήρια, όπως:
 - Επιλογή στρατηγικής τεχνολογίας (όπως τεχνολογίες πληροφοριακών συστημάτων)
 - Επιλογή άριστης τοποθεσίας για ένα νέο κατάστημα
 - Κατάταξη υποψηφίων υπαλλήλων για μία συγκεκριμένη θέση
 - Ομαδοποίηση μεταξύ εναλλακτικών επενδυτικών αποφάσεων
 - Επιλογή στρατηγικών συνεργασιών
- Αντίστοιχα **προβλήματα** εμφανίζονται και σε επίπεδο **εθνικής οικονομίας**, όπως:
 - Στόχοι σταθερότητας της χώρα στην ΟΝΕ
 - Στόχοι περικοπής κόστους
 - Στόχοι οικονομικής ανάπτυξης
 - Στόχοι κοινωνικής πολιτικής
 - Στόχοι βελτίωσης δημόσιας διοίκησης

Παραδείγματα Λήψης Αποφάσεων σε Τεχνικά & Λοιπά Θέματα

Παραδείγματα Λήψης Αποφάσεων με Πολλαπλά Κριτήρια σε Τεχνικά Θέματα

- Προβλήματα περιβάλλοντος
- Προβλήματα μεταφορών
- Προβλήματα ενεργειακής πολιτικής
- Προβλήματα επιλογής ιατρικής θεραπείας
- ...

Παραδείγματα Λήψης Αποφάσεων με Πολλαπλά Κριτήρια στην Καθημερινή μας Ζωή

- Προβλήματα επιλογής επένδυσης
- Προβλήματα αγορών (π.χ. αυτοκινήτου)
- Προβλήματα επιλογής σχολής φοίτησης
- Προβλήματα επιλογής εργασίας

Επιστημονικές Προσεγγίσεις στην Πολυκριτήρια Ανάλυση

- Οι επιστημονικές μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση προβλημάτων με πολλαπλούς στόχους και κριτήρια εμπίπτουν σε 4 βασικές κατηγορίες
 - Μέθοδοι **Πολυκριτήριου Μαθηματικού Προγραμματισμού** (π.χ. Μέθοδος Προγραμματισμού Στόχων)
 - Μέθοδοι **Πολυκριτήριας Ανάλυσης Χρησιμότητας** (π.χ. Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης)
 - Μέθοδοι **Τεχνικών Σχέσεων Υπεροχής** (π.χ. Μέθοδοι Electre)
 - Μέθοδοι **Αναλυτικής – Συνθετικής Προσέγγισης** (π.χ. Μέθοδοι UTA)

Εισαγωγικό Παράδειγμα: Επιχειρηματική Χρήση Πολλών Κριτηρίων

Έστω μία εμπορική επιχείρηση που προσπαθεί να ικανοποιήσει δύο διαφορετικούς στόχους:

1. Την ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών της
2. Την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας της

• Έστω ότι:

- a = κόστος διατήρησης μίας μονάδας αποθέματος για μία ημέρα
- ϵ = κόστος έλλειψης μίας μονάδας αποθέματος

• Η ημερήσια ζήτηση D κυμαίνεται από 0 έως και N μονάδες

• Η πιθανότητα κατανομής της ζήτησης είναι $P(D)$

• Η συνολική συνάρτηση ημερήσιου κόστους, την οποία και επιδιώκουμε να ελαχιστοποιήσουμε είναι:

$$K = a \sum_{D=0}^A (A - D) P(D) + \epsilon \sum_{D=A}^N (D - A) P(D)$$

κόστος τήρησης αποθέματος
πέραν της ζήτησης

κόστος έλλειψης αποθέματος για
ζήτηση που δεν καλύφθηκε

Παράδειγμα Επιλογής Διαφορετικών Επενδυτικών Προγραμμάτων

Ένας επενδυτής καλείται να επιλέξει μεταξύ επτά εναλλακτικών επενδυτικών προγραμμάτων προκειμένου να δημιουργήσει ένα χαρτοφυλάκιο επενδύσεων

Επενδυτικό Πρόγραμμα	Μέση Απόδοση α_i	Κίνδυνος σ_i^2
Πρόγραμμα Α	10	4
Πρόγραμμα Β	12	7
Πρόγραμμα Γ	16	15
Πρόγραμμα Δ	12	10
Πρόγραμμα Ε	14	14
Πρόγραμμα Ζ	6	10
Πρόγραμμα Η	14	10

Όλα τα προγράμματα υλοποιούνται σε περιβάλλον αβεβαιότητας

Όλα τα προγράμματα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους

Ο επενδυτής ενδιαφέρεται να επιλέξει επενδύσεις ώστε το χαρτοφυλάκιο να μεγιστοποιεί τη δυνατή απόδοση, ενώ ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο.

Ορισμένες Διαπιστώσεις

Επενδυτικό Πρόγραμμα	Μέση Απόδοση α_i	Κίνδυνος σ_i^2
Πρόγραμμα Α	10	4
Πρόγραμμα Β	12	7
Πρόγραμμα Γ	16	15
Πρόγραμμα Δ	12	10
Πρόγραμμα Ε	14	14
Πρόγραμμα Ζ	6	10
Πρόγραμμα Η	14	10

→ Το Δ υστερεί σαφώς από το Β

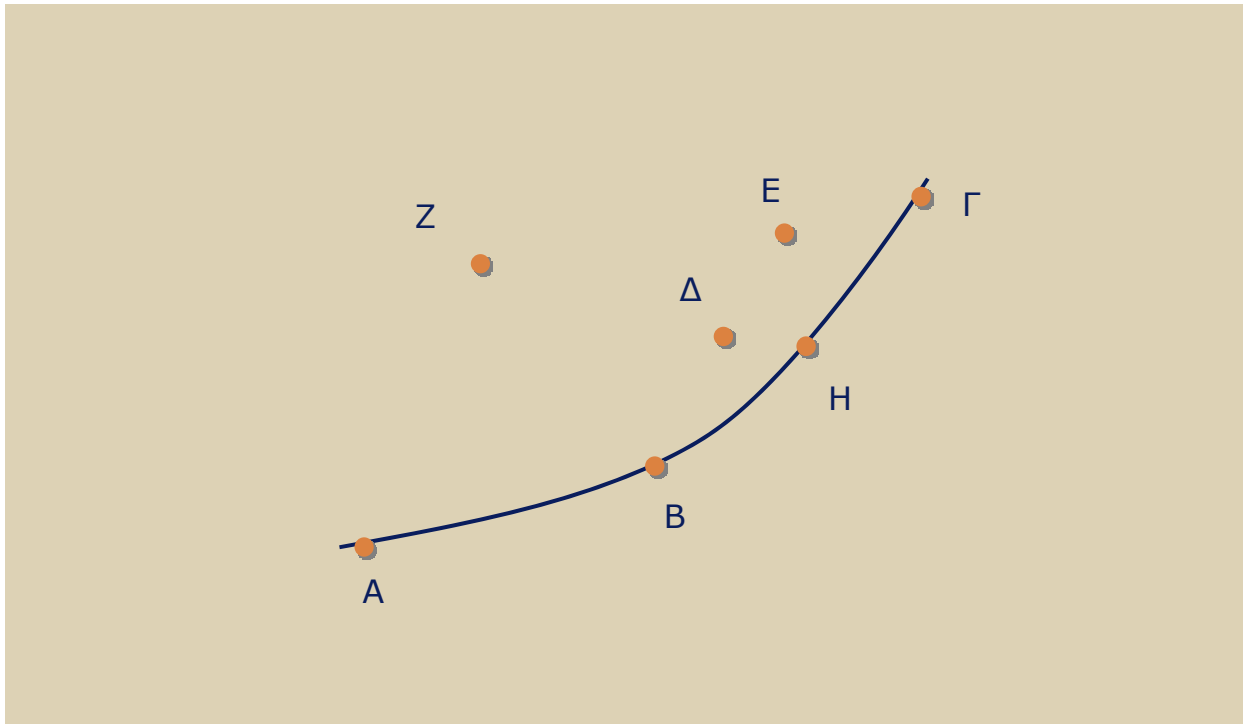
→ Το Ε υστερεί σαφώς από το Η

→ Το Ζ υστερεί σαφώς από το Α
(δίνει μικρότερη απόδοση με μεγαλύτερο κίνδυνο)

- Υπάρχουν προγράμματα που υστερούν σαφώς έναντι άλλων αφού έχουν την ίδια ή χειρότερη μέση απόδοση αλλά παρουσιάζουν μεγαλύτερο κίνδυνο
- Για όσα προγράμματα υστερούν, η επιλογή είναι υποκειμενική και βασίζεται στη διάθεση του αποφασίζοντα να δεχθεί περισσότερο ή λιγότερο τον κίνδυνο προκειμένου να εξασφαλίσει μεγαλύτερη ή μικρότερη μέση απόδοση

Συμπεριφορά Μέσης Απόδοσης σε Σχέση με τον Κίνδυνο

Κίνδυνος



Μέση Απόδοση

- Τα προγράμματα A, B, H και Γ ορίζουν ένα μέτωπο αποδοτικότητας
- Τα προγράμματα αυτά δεν υστερούν έναντι άλλων και η επιλογή μεταξύ τους έγκειται στη σημαντικότητα των δύο κριτηρίων (μέσης απόδοσης και κινδύνου)

Ιεράρχηση Εναλλακτικών Προγραμμάτων

Η διαδικασία ιεράρχησης (και επιλογής) των εναλλακτικών επενδυτικών προγραμμάτων είναι η εξής:

Προσδιορισμός μέτωπου αποδοτικότητας

Όσα σημεία δε βρίσκονται στο μέτωπο αποδοτικότητας, απορρίπτονται

Επιλογή

Από τα υπόλοιπα σημεία, πραγματοποιείται επιλογή, λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα των κριτηρίων και τη δυνατότητα παραχώρησης από ένα στόχο προς όφελος του άλλου

**Διαδικασία
Ιεράρχησης**

Ζητούμενο, λοιπόν, είναι να οριστεί μία διαδικασία προσδιορισμού της σχετικής σημαντικότητας (αξίας ή χρησιμότητας) των κριτηρίων ώστε να οριστεί η δυνατότητα παραχώρησης (trade-off) μεταξύ τους.

Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας

- Η **πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory)** αναλαμβάνει να μοντελοποιήσει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα μέσω μίας συνάρτησης (που ονομάζεται συνάρτηση χρησιμότητας), η οποία συνθέτει όλα τα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης
- Γενικά οι επιμέρους συναρτήσεις μερικών χρησιμοτήτων των κριτηρίων είναι μη γραμμικές και αναπαριστούν την αξία των εναλλακτικών ενεργειών σύμφωνα με το σύστημα προτιμήσεων/ αξιών του αποφασίζοντα
- Η πιο διαδεδομένη συνάρτηση χρησιμότητας είναι η **προσθετική συνάρτηση**

$$U(Z_1, Z_2) = p_1 u_1(Z_1) + p_2 u_2(Z_2)$$

Z_1, Z_2 : επιμέρους κριτήρια

p_1, p_2 : βαρύτητες κριτηρίων

$u_1(Z_1), u_2(Z_2)$: επιμέρους συναρτήσεις χρησιμότητας

$u(Z_1, Z_2)$: συνολική συνάρτηση χρησιμότητας

Γίνεται η παραδοχή ότι ισχύει προτιμησιακή ανεξαρτησία των κριτηρίων αξιολόγησης

Αντικείμενο της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας είναι ο προσδιορισμός μίας συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας και των ιδιοτήτων της. Οι εναλλακτικές ενέργειες ιεραρχούνται ανάλογα με την τιμή που προσδίδουν στη συνολική συνάρτηση χρησιμότητας

Ο Ρόλος του Αποφασίζοντα

- Ο **καθορισμός** της **μορφής της συνάρτησης χρησιμότητας** πραγματοποιείται **από τον αποφασίζοντα** (π.χ. τον Διευθυντή)
- Ο αποφασίζοντας, σε συνεργασία με τον αναλυτή καθορίζει:
 - Τις **βαρύτητες των κριτηρίων αξιολόγησης** ως προς τις παραχωρήσεις που είναι διατεθειμένος να πραγματοποιήσει μεταξύ των κριτηρίων
 - Τη **μορφή των μερικών συναρτήσεων χρησιμότητας**

Ανεξαρτησία Κριτηρίων

- Δύο **κριτήρια** ορίζονται ως **προτιμησιακά ανεξάρτητα** όταν οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα σε σχέση με εναλλακτικές ενέργειες οι οποίες διαφέρουν μόνο ως προς το κριτήριο Z_1 δεν επηρεάζονται από το κριτήριο Z_2
- Σε περίπτωση που το παραπάνω δεν ισχύει, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλη μορφή χρησιμότητας, όπως για παράδειγμα η **πολλαπλασιαστική μορφή χρησιμότητας**, όταν ισχύει ανεξαρτησία ως προς τις χρησιμότητες

$$U(Z_1, Z_2) = p_1 u_1(Z_1) + p_2 u_2(Z_2) + p_1 p_2 u_1(Z_1) u_2(Z_2)$$

Παράδειγμα Συνάρτησης Χρησιμότητας: Τράπεζα Αίματος

Μία Νοσοκομειακή Τράπεζα Αίματος προσπαθεί να ικανοποιήσει δύο στρατηγικούς στόχους:

- Τη διαθεσιμότητα αίματος (x) ώστε να ικανοποιήσει τις ανάγκες των ασθενών του νοσοκομείου
- Την ελαχιστοποίηση της ποσότητας απαξίωσης αίματος (y) λόγω λήξεως της χρήσιμης ηλικίας

- Τα κριτήρια είναι πρακτικά αδύνατο να εκφραστούν με οικονομικούς όρους διότι ούτε το κόστος έλλειψης διαθεσιμότητας αίματος στο νοσοκομείο μπορεί να υπολογιστεί, ούτε το κόστος απογοήτευσης των αιμοδοτών που η προσφορά τους δεν έπιασε τόπο
- Για να προσδιοριστεί μία συνολική συνάρτηση χρησιμότητας διεξήχθησαν συνεντεύξεις με τον υπεύθυνο της μονάδας, ώστε να προσδιοριστούν οι επιμέρους συναρτήσεις χρησιμότητας και ο βαθμός ανεξαρτησίας μεταξύ τους
- Τελικώς, προσδιορίστηκαν οι ακόλουθες συναρτήσεις (με προσδιορισμένα τα k_1 , k_2 , a , b):

$$U(x) = k_1 (1 - \exp(ax))$$

$$U(y) = k_2 (1 - \exp(by))$$

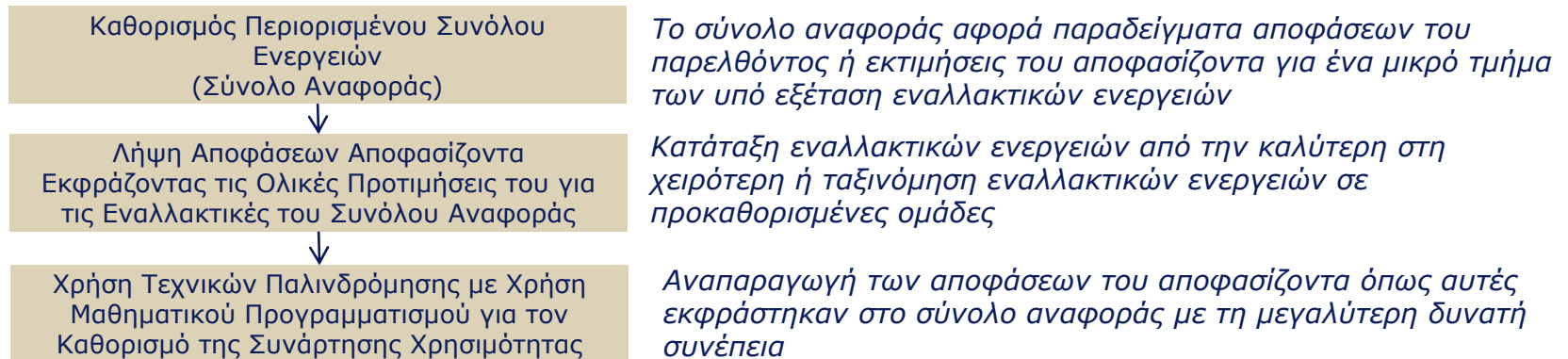
- Η συνολική συνάρτηση χρησιμότητας εκφράζεται από την πολλαπλασιαστική μορφή:

$$U(x, y) = p_1 u_1(x) + p_2 u_2(y) + p_1 p_2 u_1(x) u_2(y)$$

Αναλυτική & Συνθετική Προσέγγιση (Preference Disaggregation Analysis)

- Η **Αναλυτική & Συνθετική Προσέγγιση**:

- Χρησιμοποιεί **συναρτήσεις χρησιμότητας** για τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων
- Χρησιμοποιεί μία **έμμεση διαδικασία για την ανάπτυξη της συνάρτησης χρησιμότητας** που στηρίζεται στη φιλοσοφία της **παλινδρόμησης**



- Οι γνωστότερες μέθοδοι Αναλυτικής & Συνθετικής Προσέγγισης είναι:

- Η **μέθοδος UTA** για την αντιμετώπιση **προβλημάτων κατάταξης**
- Οι **μέθοδοι** της οικογένειας **UTADIS** για την αντιμετώπιση **προβλημάτων ταξινόμησης**

Μέθοδος Προγραμματισμού Στόχων (Goal Programming)

- Η μέθοδος προγραμματισμού στόχων επιλύει προβλήματα που παρουσιάζουν **πάνω από έναν αντικειμενικούς στόχους**
- Πρόκειται για μία **παραλλαγή του Γραμμικού Προγραμματισμού** (Linear Programming)
- Τα μοντέλα των προβλημάτων προγραμματισμού στόχων διαμορφώνονται με αντίστοιχο τρόπο με αυτόν των προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού
 - Καθορισμός μεταβλητών
 - Προσδιορισμός αντικειμενικής συνάρτησης
 - Διαμόρφωση περιορισμών
- Στην περίπτωση της μεθόδου προγραμματισμού στόχων, **αντιμετωπίζονται προβλήματα όπου οι εναλλακτικές επιλογές δεν είναι διακριτές**

Παράδειγμα Μεθόδου Προγραμματισμού Στόχων

Μία επιχείρηση παράγει δύο προϊόντα (Π_1 , Π_2), με κέρδος €100 και €80 αντίστοιχα. Ο Διευθυντής Προγραμματισμού Παραγωγής θα πρέπει να διαμορφώσει κατάλληλο πρόγραμμα ώστε να μεγιστοποιήσει το κέρδος. Οι παραγγελίες του Π_1 για την επόμενη εβδομάδα είναι 150 τεμάχια και του Π_2 200 τεμάχια. Η παραγωγή μίας μονάδας Π_1 ή Π_2 απαιτεί 3 ώρες εργασίας και ο μέγιστος επιθυμητός εβδομαδιαίος αριθμός ωρών εργασίας (χωρίς ανάγκη υπερωριών) είναι 900.

Ζητείται να βρεθούν οι ποσότητες x_1 και x_2 των προϊόντων Π_1 και Π_2 αντίστοιχα που να μεγιστοποιούν το συνολικό κέρδος.

- Η **αντικειμενική συνάρτηση** είναι η ακόλουθη:

$$Z = 100 x_1 + 80 x_2$$

- Οι **περιορισμοί** είναι οι ακόλουθοι:

$$x_1 \geq 150 \quad (\alpha)$$

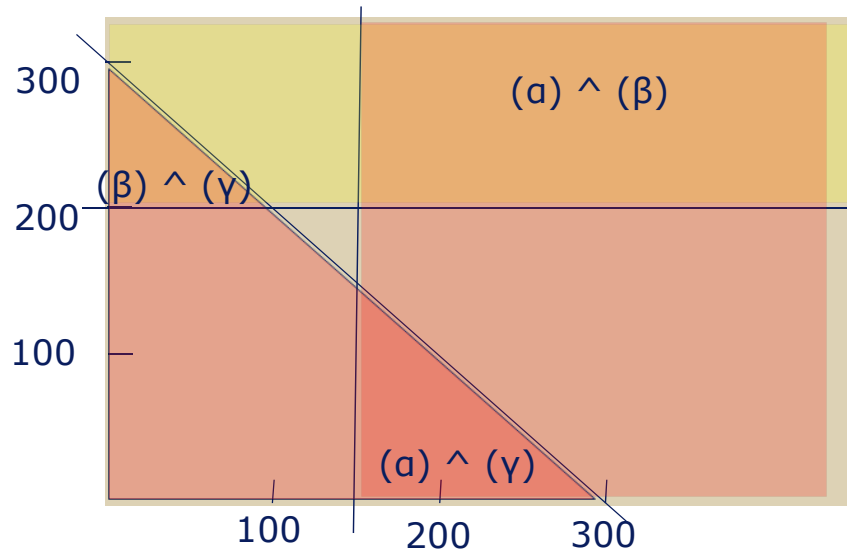
$$x_2 \geq 200 \quad (\beta)$$

$$3x_1 + 3x_2 \leq 900 \quad (\gamma)$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

Προσπάθεια Επίλυσης & Επαναδιατύπωση Προβλήματος



Το πρόβλημα δεν έχει λύση γιατί δεν μπορούν να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα όλοι οι περιορισμοί

- Προσπαθώντας να βρει μία λύση, ο Διευθυντής αντιλαμβάνεται ότι μπορεί να συμβιβαστεί σε σχέση με κάποιους περιορισμούς και οι περιορισμοί που αρχικά επέβαλε δεν έχουν την ίδια βαρύτητα, οπότε επαναδιατυπώνει το πρόβλημα:

$$Z = 100 x_1 + 80 x_2 \geq 20.000 \text{ (τοποθετείται κατώτατο επιθυμητό όριο)}$$

$$x_1 \geq 150 \quad (a) \quad (\text{ιεράρχηση περιορισμών με βάση τη σημαντικότητα})$$

$$x_2 \geq 200 \quad (b)$$

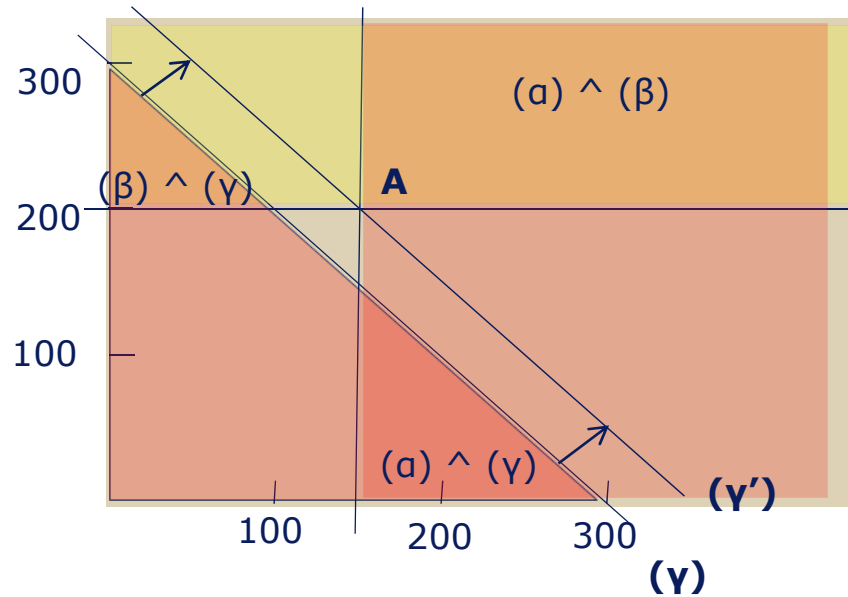
$$3x_1 + 3x_2 \leq 900 \quad (c)$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

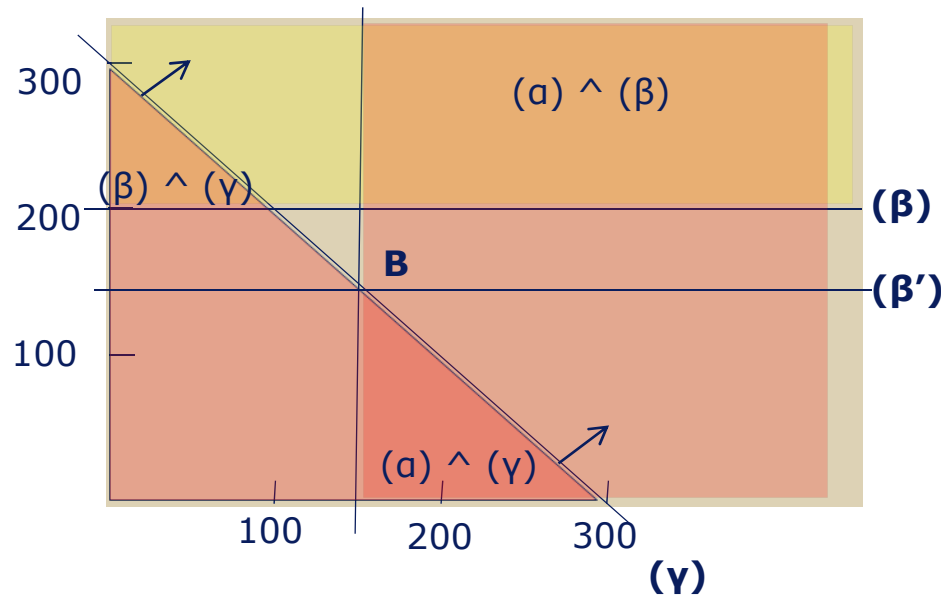
Ζητείται να βρεθούν οι ποσότητες x_1 και x_2 των προϊόντων Π_1 και Π_2 ώστε να ικανοποιούνται όσο το δυνατό περισσότεροι περιορισμοί και να ελαχιστοποιείται η απόκλιση από αυτούς που δεν ικανοποιεί.

Γραφική Επίλυση



- Με δεδομένο ότι ο περιορισμός (γ) (ώρες εργασίας εργαζομένων) είναι ο πρώτος που μπορεί να παραβιαστεί, μετακινούμε την (γ) προς το χωρίο στο οποίο έχουν τομή οι (a) και (β)
- Το σημείο (A) είναι αυτό που ανήκει στον κοινό τόπο των (a) και (β) ελαχιστοποιώντας την απόσταση της (γ') από την αρχική της μορφή (γ)
- Το σημείο A προσδιορίζεται από τα $x_1=150$ και $x_2=200$, που δίνουν $Z=31.000$
- Οι επιπλέον ώρες εργασίας προκύπτουν ως: $3x_1 + 3x_2 = 3*150 + 3*200 = 1050 - 900 = 150$ επιπλέον ώρες εργασίας (υπερωρίες)

Αλλαγή Προτεραιότητας Περιορισμών



$$Z = 100x_1 + 80x_2 \geq 20.000$$

$$x_1 \geq 150 \quad (\alpha)$$

$$3x_1 + 3x_2 \leq 900 \quad (\gamma)$$

$$x_2 \geq 200 \quad (\beta)$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

- Με δεδομένο ότι ο περιορισμός (β) (ώρες εργασίας εργαζομένων) είναι ο πρώτος που μπορεί να παραβιαστεί, μετακινούμε την (β) προς το χωρίο στο οποίο έχουν τομή οι (α) και (γ)
- Το σημείο (B) είναι αυτό που ανήκει στον κοινό τόπο των (α) και (γ) ελαχιστοποιώντας την απόσταση της (β') από την αρχική της μορφή (β)
- Το σημείο A προσδιορίζεται από τα $x_1=150$ και $x_2=150$, που δίνουν $Z=27.000$
- Οι ανικανοποίητες παραγγελίες του προϊόντος Π_2 προκύπτουν ίσες με 50 τεμάχια $(200-150)$
 - $3x_1 + 3x_2 = 900$ } $x_2 = 150$, άρα $Z=27.000$
 - $x_1 = 150$

Χρησιμοποιούμενη Ορολογία

Τεχνολογικός Περιορισμός

- Εκείνος ο οποίος πρέπει να οπωσδήποτε να ισχύει στην τελική λύση (περιορισμοί που επιβάλλονται από την τεχνολογία και δεν μπορούν να παραβιαστούν)

Περιορισμός Στόχου

- Εκείνος για τον οποίο μπορεί να υπάρξει απόκλιση στην τελική λύση (αποτελεί επιθυμητό όριο, που θα μπορούσε όμως να παραβιαστεί)

Απόκλιση Περιορισμού i

- Η διαφορά της τιμής την οποία τελικά λαμβάνει ένας περιορισμός από αυτήν που θα έπρεπε να λάβει με βάση το αρχικό πρόβλημα
- Η θετική διαφορά (υπερβαίνουσα το όριο) συμβολίζεται με D^+ και η αρνητική με D^-

Ανεπιθύμητη Απόκλιση

- Η απόκλιση σε περίπτωση που ο περιορισμός δεν ισχύει

Όλοι οι περιορισμοί στόχων πρέπει να είναι εξίσου σημαντικοί μεταξύ τους, αλλιώς, η διαφορά σημαντικότητας μεταξύ τους πρέπει να εκφράζεται με αντίστοιχα ειδικά βάρη (συντελεστές σημαντικότητας)

Μαθηματική Διαμόρφωση Νέου Προβλήματος

- Οι περιορισμοί (α) και (β) θεωρούνται τεχνολογικοί (άρα, μη παραβιάσιμοι), ενώ ο περιορισμός της αντικειμενικής συνάρτησης (άνω του κατώτατου επιθυμητού ορίου) και ο περιορισμός (δ) είναι περιορισμοί στόχου
- Το πρόβλημα διατυπώνεται ως εξής:

$$\min Z = D_1^- + D_4^+ \text{ (τοποθετείται κατώτατο επιθυμητό όριο)}$$

$$100 x_1 + 80 x_2 - D_1^+ + D_1^- = 20.000 \quad (1)$$

$$x_1 \geq 150 \quad (2)$$

$$x_2 \geq 200 \quad (3)$$

$$3x_1 + 3x_2 - D_4^+ + D_4^- = 900 \quad (4)$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

$$D_1^+ \geq 0$$

$$D_1^- \geq 0$$

- Η ανεπιθύμητη απόκλιση στην (1) είναι D_1^-
- Η ανεπιθύμητη απόκλιση στην (4) είναι D_4^+
- Εάν η (4) ήταν ισότητα εξ' αρχής, ανεπιθύμητες θα ήταν και η D_4^+ και η D_4^- , οπότε και οι δύο θα συμπεριλαμβάνονταν στην αντικειμενική συνάρτηση

Το πρόβλημα αυτό είναι ένα κλασικό πρόβλημα Γραμμικού Προγραμματισμού, το οποίο όταν λυθεί θα δώσει:

$$X_1 = 150$$

$$X_2 = 200$$

$$D_1^+ = 11.000$$

$$D_1^- = 0$$

$$D_4^+ = 150$$

$$D_4^- = 0$$

$$Z = 150$$

Υπαρξη Διαφορετικών Βαρυτήτων ή Προτεραιοτήτων στους Περιορισμούς Στόχων

- Εάν υπάρχουν **συντελεστές βαρύτητας** ανάλογοι με τη σημαντικότητα του κάθε περιορισμού, τότε αυτοί περιλαμβάνονται στην αντικειμενική συνάρτηση

Για παράδειγμα, εάν μία ανεπιθύμητη μοναδιαία απόκλιση στον περιορισμό (1) είναι τρεις φορές «χειρότερη» από μία αντίστοιχη στον περιορισμό (4), τότε αυτή η διαφορά ενσωματώνεται στην αντικειμενική συνάρτηση που γίνεται:
 $Z = 3D_1^- + D_4^+$

- Εάν υπάρχει απλά μία **ιεράρχηση** των **περιορισμών** κατά σειρά σημαντικότητας, τότε το πρόβλημα λύνεται με μία παραλλαγμένη μέθοδο της Simplex, που ονομάζεται «**Τροποποιημένη Simplex για προβλήματα Προγραμματισμού Στόχων**»

Παράδειγμα Επιλογής Μείγματος Προϊόντων

Μία εταιρεία επιθυμεί να εισάγει 3 νέα προϊόντα στην παραγωγή της, αλλά πρέπει να αποφασίσει την αναλογία με την οποία θα τα παράγει. Η Διοίκηση εστιάζει σε 3 βασικούς στόχους:

- Αναμενόμενο κέρδος εντός της πενταετίας
- Σταθερότητα του προσωπικού
- Κόστος επένδυσης σε νέα τεχνολογία

Οι αρχικοί στόχοι που τέθηκαν ήταν:

- Κέρδος με παρούσα αξία €125 εκ. και άνω
- Σταθερός αριθμός υπαλλήλων ίσος με 4.000
- Κόστος επένδυσης μικρότερο από €55 εκ.

Μετά από μελέτη διαπιστώθηκε ότι δεν είναι δυνατή η επίτευξη όλων αυτών των στόχων, οπότε τέθηκαν προτεραιότητες. Έτσι αποφασίστηκαν πρόστιμα:

- 5 μονάδων για κάθε εκ. € μικρότερο κέρδος
- 2 μονάδων για κάθε αύξηση 100 υπαλλήλων
- 4 μονάδων για κάθε ελάττωση 100 υπαλλήλων
- 3 μονάδων για κάθε υπερβάλλον εκ. € επένδυσης

Παράγοντας	Π1	Π2	Π3	Στόχος
Μακροπρόθ. Κέρδος	12	9	15	≥ 125 εκ. €
# Υπαλλήλων	5	3	4	=4000
Κεφάλαιο Επένδυσης	5	7	8	≤ 55 εκ. €

Μαθηματική Διαμόρφωση Προβλήματος Επιλογής Μείγματος Προϊόντων

$$12x_1 + 9x_2 + 15x_3 \geq 125 \text{ (στόχος ελάχιστου κέρδους)} \quad (1)$$

$$5x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 40 \text{ (στόχος σταθερότητας υπαλλήλων)} \quad (2)$$

$$5x_1 + 7x_2 + 8x_3 \leq 55 \text{ (στόχος μέγιστης επένδυσης)} \quad (3)$$

$$12x_1 + 9x_2 + 15x_3 = 125 + D1^+ - D1^-$$

$$5x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 40 + D2^+ - D2^-$$

$$5x_1 + 7x_2 + 8x_3 = 55 + D3^+ - D3^-$$

D_1^+ : Αύξηση του κέρδους πέραν του κατώτατου επιθυμητού ορίου

D_1^- : Μείωση του κέρδους κάτω του κατώτατου επιθυμητού ορίου (ανεπιθύμητο)

D_2^+ : Αύξηση του # των υπαλλήλων άνω του στόχου των 40(00) (ανεπιθύμητο)

D_2^- : Μείωση του # των υπαλλήλων άνω του στόχου των 40(00) (ανεπιθύμητο)

D_3^+ : Αύξηση της επένδυσης πέραν του κατώτατου επιθυμητού ορίου (ανεπιθύμητο)

D_3^- : Μείωση της επένδυσης πέραν του κατώτατου επιθυμητού ορίου

$$\text{Min } z = 5 * D_1^- + 2 * D_2^+ + 4 * D_2^- + 3 * D_3^+ \quad (\text{ελαχιστοποίηση συνολική ανεπιθύμητη απόκλιση})$$

Τεχνικές Σχέσεων Υπεροχής

- Οι τεχνικές σχέσεων υπεροχής χρησιμοποιούνται σε **πολυκριτήρια προβλήματα** αποφάσεων **με διακριτές εναλλακτικές επιλογές**
- Η πιο δημοφιλής μέθοδος σχέσεων υπεροχής είναι η Electre, που χρησιμοποιείται σε **προβλήματα ιεράρχησης** με μεγάλη πολυπλοκότητα, **όταν είναι εφικτή η μέτρηση της απόδοσης κάθε εναλλακτικής επιλογής** σε μία σειρά από **κριτήρια** και **υποκριτήρια**

Παράδειγμα Επιλογής Εργαλείου για Ανάπτυξη Λογισμικού

Καθορισμός Κριτηρίων &
Ιεραρχικής Δομής τους

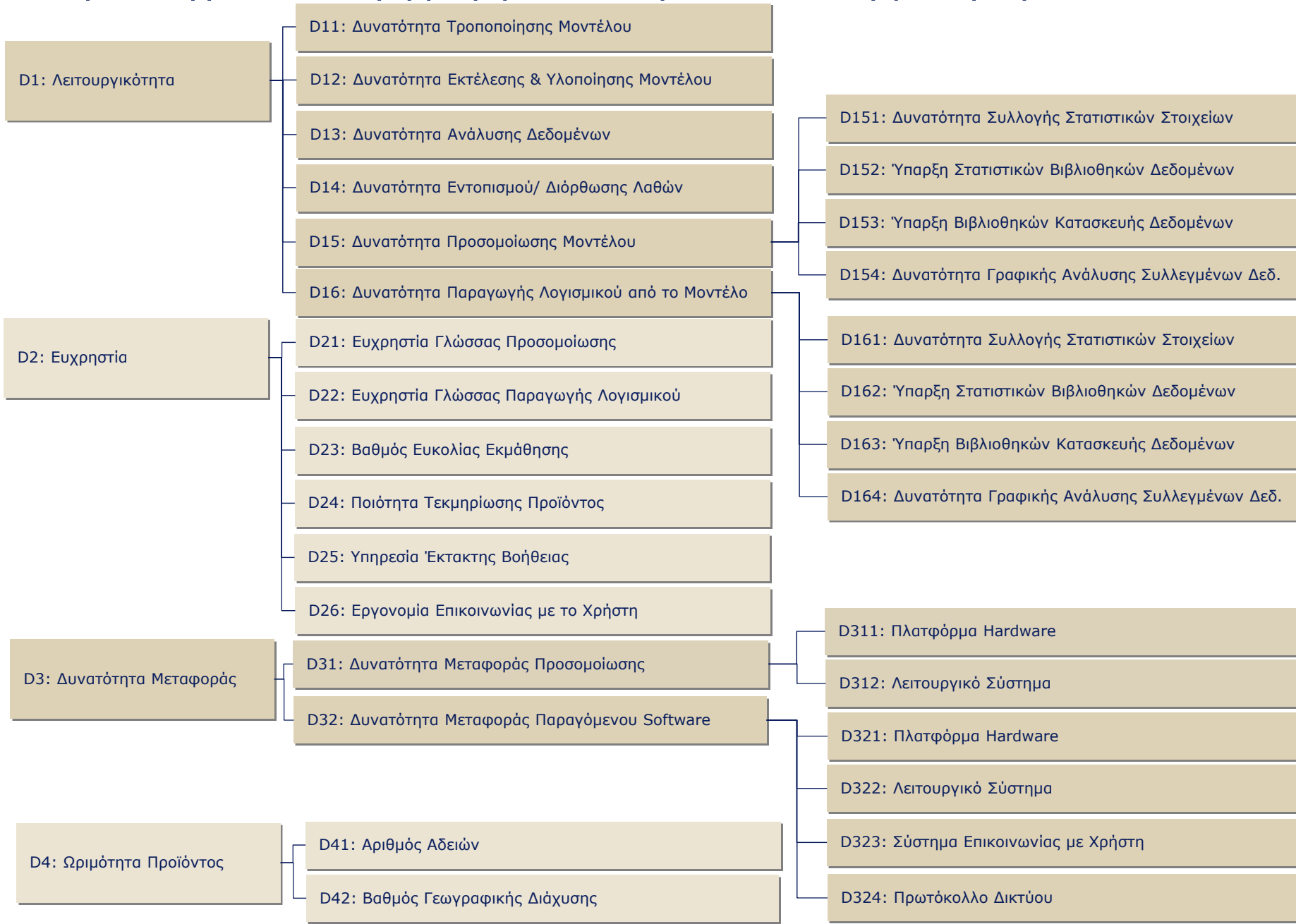
Καθορισμός Κλιμάκων Ιεράρχησης
Κριτηρίων

Μέτρηση Εναλλακτικών ανά
Κριτήριο

Ιεράρχηση Εναλλακτικών ανά
Κριτήριο

Τελική Ιεράρχηση Εναλλακτικών

Παράδειγμα Επιλογής Εργαλείου για Ανάπτυξη Λογισμικού



Κλίμακες Ιεράρχησης

Κατάσταση	Κόστος
D11: Δυνατότητα Τροποποίησης Μοντέλου	ναι>όχι
D12: Δυνατότητα Εκτέλεσης & Υλοποίησης Μοντέλου	ναι>όχι
D13: Δυνατότητα Ανάλυσης Δεδομένων	καλή>μέτρια>όχι
D14: Δυνατότητα Εντοπισμού/ Διόρθωσης Λαθών	εσωτερ.>ημι-εσωτερ.>όχι
D151: Δυνατότητα Συλλογής Στατιστικών Στοιχείων	αυτόματη>χειρωνακτική>όχι
D152: Ύπαρξη Στατιστικών Βιβλιοθηκών Δεδομένων	ναι>όχι
D153: Ύπαρξη Βιβλιοθηκών Κατασκευής Δεδομένων	πολλές>αρκετές>λίγες>όχι
D154: Δυνατότητα Γραφικής Ανάλυσης Συλλεγμένων Δεδ.	ναι>όχι
D161: Δυνατότητα Συλλογής Στατιστικών Στοιχείων	πολλά>λίγα>όχι
D162: Ύπαρξη Στατιστικών Βιβλιοθηκών Δεδομένων	πολλές>αρκετές>λίγες>όχι
D163: Ύπαρξη Βιβλιοθηκών Κατασκευής Δεδομένων	πολλές>λίγες>όχι
D164: Δυνατότητα Γραφικής Ανάλυσης Συλλεγμένων Δεδ.	πολλές>αρκετές>λίγες>όχι
D21: Ευχρηστία Γλώσσας Προσομοίωσης	υψηλή>μέτρια>χαμηλή
D22: Ευχρηστία Γλώσσας Παραγωγής Λογισμικού	υψηλή>μέτρια>χαμηλή
D23: Βαθμός Ευκολίας Εκμάθησης	καλή>μέτρια>όχι
D24: Ποιότητα Τεκμηρίωσης Προϊόντος	καλή>μέτρια>χαμηλή
D25: Υπηρεσία Έκτακτης Βοήθειας	καλή>μέτρια>χαμηλή
D26: Εργονομία Επικοινωνίας με το Χρήστη	καλή>μέτρια>χαμηλή
D311: Πλατφόρμα Hardware	workstation+pc>workstation>άλλο
D312: Λειτουργικό Σύστημα	unix+dos+vms>unix+dos>unix+vms>unix>dos>vms
D321: Πλατφόρμα Hardware	workstation+pc>workstation>άλλο
D322: Λειτουργικό Σύστημα	Unix+dos+vms>unix+dos>unix+vms>unix>dos>vms
D323: Σύστημα Επικοινωνίας με Χρήστη	Xwindows>άλλο>όχι
D324: Πρωτόκολλο Δικτύου	TCP-IP>άλλο>όχι
D41: Αριθμός Αδειών	Πραγματική Τιμή
D42: Γεωγραφική Διάχυση	USA+Europe>USA>Europe

Κλίμακες Ιεράρχησης

Κατάσταση	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
D11: Δυνατότητα Τροποποίησης Μοντέλου	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	όχι	ναι
D12: Δυνατότητα Εκτέλεσης & Υλοποίησης Μοντέλου	ναι	όχι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι
D13: Δυνατότητα Ανάλυσης Δεδομένων	όχι	όχι	όχι	n	n	g	g
D14: Δυνατότητα Εντοπισμού/ Διόρθωσης Λαθών	hi	hi	hi	i	hi	i	i
D151: Δυνατότητα Συλλογής Στατιστικών Στοιχείων	m	m	m	m	m	a	m
D152: Ύπαρξη Στατιστικών Βιβλιοθηκών Δεδομένων	όχι	όχι	όχι	ναι	όχι	ναι	ναι
D153: Ύπαρξη Βιβλιοθηκών Κατασκευής Δεδομένων	όχι	όχι	όχι	όχι	l	d	l
D154: Δυνατότητα Γραφικής Ανάλυσης Συλλεγμένων Δεδ.	όχι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι	ναι
D161: Δυνατότητα Συλλογής Στατιστικών Στοιχείων	d	n	όχι	d	όχι	όχι	όχι
D162: Ύπαρξη Στατιστικών Βιβλιοθηκών Δεδομένων	f	d	όχι	f	όχι	όχι	όχι
D163: Ύπαρξη Βιβλιοθηκών Κατασκευής Δεδομένων	όχι	n	όχι	f	f	όχι	όχι
D164: Δυνατότητα Γραφικής Ανάλυσης Συλλεγμένων Δεδ.	όχι	όχι	όχι	όχι	n	d	n
D21: Ευχρηστία Γλώσσας Προσομοίωσης	όχι	d	d	όχι	h	h	h
D22: Ευχρηστία Γλώσσας Παραγωγής Λογισμικού	όχι	d	d	όχι	h	h	h
D23: Βαθμός Ευκολίας Εκμάθησης	d	g	g	g	όχι	όχι	g
D24: Ποιότητα Τεκμηρίωσης Προϊόντος	d	g	g	g	i	g	g
D25: Υπηρεσία Έκτακτης Βοήθειας	d	d	d	d	όχι	όχι	όχι
D26: Εργονομία Επικοινωνίας με το Χρήστη	d	d	g	g	g	i	g
D311: Πλατφόρμα Hardware	wo	pc	w	w	w	pc	wpc
D312: Λειτουργικό Σύστημα	uv	u	u	uo	u	udv	ud
D321: Πλατφόρμα Hardware	w	pc	w	w	w	o	wpc
D322: Λειτουργικό Σύστημα	uv	u	u	uv	u	o	d
D323: Σύστημα Επικοινωνίας με Χρήστη	o	o	o	x	x	όχι	o
D324: Πρωτόκολλο Δικτύου	t	o	o	όχι	t	όχι	όχι
D41: Αριθμός Αδειών	50	500	50	500	5	500	50
D42: Γεωγραφική Διάχυση	E	UE	U	UE	E	UE	E

Διαδικές Σχέσεις Προτίμησης

Κατάσταση	Κόστος	Διαδική Σχέση
Ισοδυναμία	Θετικοί και ξεκάθαροι λόγοι που δικαιολογούν την ισοδυναμία στις δύο εναλλακτικές	I: Συμμετρική
Απόλυτη Προτίμηση	Θετικοί και ξεκάθαροι λόγοι που δικαιολογούν την απόλυτη προτίμηση μίας από τις δύο εναλλακτικές	P: Αντισυμμετρική
ΣθENAρή Προτίμηση	Θετικοί και ξεκάθαροι λόγοι που δεν επιτρέπουν την απόλυτη προτίμηση ούτε και δικαιολογούν την ισοδυναμία μεταξύ των δύο εναλλακτικών	Q: Αντισυμμετρική
Μη Συγκρισιμότητα	Αντιστοιχεί σε έλλειψη λόγων που θα δικαιολογούσαν μία από τις παραπάνω καταστάσεις	R: Συμμετρική

Πίνακας Περιεχομένων

- **Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Ανάλυση & τη Λήψη Αποφάσεων**
- **Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)**
- **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης**
- **Εφαρμογές Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

Μέθοδοι Electre

- Οι μέθοδοι ELECTRE είναι οι δημοφιλέστερες τεχνικές σχέσεων υπεροχής (outranking relations techniques)
- Εφαρμόζονται σε προβλήματα με διακριτές εναλλακτικές επιλογές
- Δίνουν αρκετά καλές προσεγγίσεις της πραγματικότητας
- Απαιτούν αρκετή πληροφορία και είναι σχετικά πολύπλοκες
- Στην οικογένεια των μεθόδων ELECTRE ανήκουν οι:
 - ELECTRE I
 - ELECTRE Is
 - ELECTRE II
 - ELECTRE III
 - ELECTRE IV (κριτήρια χωρίς καθορισμένες πληροφορίες σημαντικότητας)

Βασικές Έννοιες Μεθόδων Electre

- Ο αναλυτής διεξάγει **σύγκριση δύο εναλλακτικών λύσεων a και b ως προς το κριτήριο g** και ορίζει μία **σχέση υπεροχής S** όταν η εναλλακτική **a είναι τουλάχιστον όσο καλή είναι η b** (δηλαδή είναι ισοδύναμη, σθεναρά καλύτερη ή απόλυτα καλύτερη από την b)

$$aS_g b \iff aP_g b \quad \text{ή} \quad aQ_g b \quad \text{ή} \quad aI_g b$$

- Αναζητείται η επιλογή a για την οποία ισχύει η σχέση υπεροχής έναντι κάθε άλλης εναλλακτικής του συνόλου των λύσεων/επιλογών

Παράμετροι Μεθόδων Electre

Συντελεστής Σημαντικότητας

Ο συντελεστής σημαντικότητας ενός κριτηρίου εκφράζει το βαθμό σημαντικότητας ενός κριτηρίου για την ανάλυση, σε σχέση με τα υπόλοιπα

Κατώφλι Προτίμησης

Το κατώφλι προτίμησης αποτελεί τη μικρότερη τιμή της διαφοράς των αποδόσεων δύο εναλλακτικών σε ένα κριτήριο, πέρα από την οποία η μία εναλλακτική είναι καλύτερη από την άλλη
Π.χ. εάν το κατώφλι προτίμησης δύο αυτοκινήτων στο κόστος είναι €2.000, αυτό σημαίνει ότι ένα αυτοκίνητο θεωρείται καλύτερο από το άλλο στο κόστος μόνο εάν είναι φτηνότερο άνω των €2.000

Κατώφλι Ισοδυναμίας

Το κατώφλι ισοδυναμίας είναι η μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να λάβει η διαφορά των αποδόσεων δύο εναλλακτικών σε ένα κριτήριο ώστε αυτές να είναι ισοδύναμες
Π.χ. εάν το κατώφλι ισοδυναμίας δύο αυτοκινήτων στο κόστος είναι €1.000, αυτό σημαίνει ότι ένα αυτοκίνητο θεωρείται ισοδύναμο από το άλλο στο κόστος εάν είναι ακριβότερο μέχρι €1.000

Κατώφλι Βέτο

Το κατώφλι βέτο είναι η τιμή της διαφοράς των αποδόσεων δύο εναλλακτικών σε ένα κριτήριο, η οποία, εάν παραβιαστεί καθιστά την εναλλακτική με τη χειρότερη απόδοση όχι την καλύτερη για το πρόβλημα (άσχετα με την πιθανή υπεροχή της στα υπόλοιπα κριτήρια)

Παράδειγμα Ιεράρχησης Εναλλακτικών Ανά Κριτήριο

Κριτήριο	Προτίμηση Προϊόντων
D11: Δυνατότητα Τροποποίησης Μοντέλου	$a1=a2=a3=a4=a5=a7 < a6$
D12: Δυνατότητα Εκτέλεσης & Υλοποίησης Μοντέλου	$a1=a5=a6=a7 > a2=a3=a4$
D13: Δυνατότητα Ανάλυσης Δεδομένων	$a6=a7 > a4=a5 > a1=a2=a3$
D14: Δυνατότητα Εντοπισμού/ Διόρθωσης Λαθών	$a4=a6=a7 > a1=a2=a3=a5$
D151: Δυνατότητα Συλλογής Στατιστικών Στοιχείων	$a6 > a1=a2=a3=a4=a5=a7$
D152: Ύπαρξη Στατιστικών Βιβλιοθηκών Δεδομένων	$a4=a6=a7 > a1=a2=a3=a5$
D153: Ύπαρξη Βιβλιοθηκών Κατασκευής Δεδομένων	$a5=a7 > a6 > a1=a2=a3 > a4$
D154: Δυνατότητα Γραφικής Ανάλυσης Συλλεγμένων Δεδ.	$a4=a5=a6=a7 > a1=a2=a3$
D161: Δυνατότητα Συλλογής Στατιστικών Στοιχείων	$a2 > a4=a1 > a3=a5=a6=a7$
D162: Ύπαρξη Στατιστικών Βιβλιοθηκών Δεδομένων	$a2 > a1=a4 > a3=a5=a6=a7$
D163: Ύπαρξη Βιβλιοθηκών Κατασκευής Δεδομένων	$a2 > a4=a5 > a1=a3=a6=a7$
D164: Δυνατότητα Γραφικής Ανάλυσης Συλλεγμένων Δεδ.	$a5=a7 > a6 > a1=a2=a3=a4$
D21: Ευχρηστία Γλώσσας Προσομοίωσης	$a5=a6=a7 > a2=a3 > a1=a4$
D22: Ευχρηστία Γλώσσας Παραγωγής Λογισμικού	$a1=a2=a3=a5=a6=a7 > a4$
D23: Βαθμός Ευκολίας Εκμάθησης	$a2=a3=a4=a7 > a1 > a5=a6$
D24: Ποιότητα Τεκμηρίωσης Προϊόντος	$a2=a3=a4=a6=a7 > a1 > a5$
D25: Υπηρεσία Έκτακτης Βοήθειας	$a1=a2=a3=a4 > a5=a6=a7$
D26: Εργονομία Επικοινωνίας με το Χρήστη	$a3=a4=a5=a7 > a1=a2 > a6$
D311: Πλατφόρμα Hardware	$a7 > a1=a3=a4=a5 > a2 > a6$
D312: Λειτουργικό Σύστημα	$a5=a6=a7 > a2=a3 > a1=a4$
D321: Πλατφόρμα Hardware	$a6 > a7 > a1 > a2=a3=a4=a5$
D322: Λειτουργικό Σύστημα	$a1=a4 > a2=a3=a5 > a7 > a6$
D323: Σύστημα Επικοινωνίας με Χρήστη	$a4=a5 > a1=a2=a3=a7 > a6$
D324: Πρωτόκολλο Δικτύου	$a1=a5 > a2=a3 > a4=a6=a7$
D41: Αριθμός Αδειών	$a2=a4=a6 > a1=a3=a7 > a5$
D42: Γεωγραφική Διάχυση	$a2=a4=a6 > a3 > a7 > a1=a5$

Παράδειγμα Τελικής Ταξινόμησης

Κριτήριο	Ταξινόμηση
Υποχαρακτηριστικά Β' Τάξης	
D15 (από D151 έως D154)	$a_2 > a_4 > a_1 = a_5 > a_7 > a_6 > a_3$
D16 (από D161 έως D164)	$a_7 > a_6 > a_1 > a_2 = a_3 = a_4 = a_5$
D31 (από D311 έως D312)	$a_7 > a_6 > a_1 > a_2 = a_3 = a_4 = a_5$
D32 (από D321 έως D324)	$a_1 > a_4 = a_5 > a_3 > a_2 > a_1 > a_6$
Υποχαρακτηριστικά Α' Τάξης	
D1 (από D11 έως D16)	$a_7 > a_5 > a_1 = a_4 = a_6 > a_2 = a_3$
D2 (από D21 έως D26)	$a_1 > a_3 > a_2 > a_5 = a_6 > a_4 > a_1$
D3 (από D31 έως D32)	$a_1 > a_4 = a_5 = a_7 > a_3 = a_6 > a_2$
D4 (από D41 έως D42)	$a_2 = a_4 = a_6 > a_3 > a_7 > a_1 > a_5$
Κύρια Χαρακτηριστικά	
Από D1 έως D4	$a_7 > a_4 > a_6 > a_5 > a_7 > a_1 > a_5$

Πίνακας Περιεχομένων

- **Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Ανάλυση & τη Λήψη Αποφάσεων**
- **Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)**
- **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης**
- **Εφαρμογές Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

Τι Είναι η Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)

- Η **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis ή MCDA)** είναι μία μορφή πολυκριτήριας ανάλυσης με πολύ ευρεία εφαρμογή, τόσο στο Δημόσιο όσο και στον Ιδιωτικό τομέα
- Είναι ταυτόχρονα **μεθοδολογική προσέγγιση** και **σύνολο τεχνικών** με στόχο την **ιεράρχηση διαφορετικών εναλλακτικών** από την καλύτερη μέχρι τη χειρότερη
- Οι εναλλακτικές διαφέρουν μεταξύ τους στο βαθμό επίτευξης διαφορετικών στόχων, με αποτέλεσμα καμία εναλλακτική να μην είναι προφανώς προτιμητέα σε όλους τους στόχους
- Δεν αποκλείεται να εμφανίζονται ορισμένες περιπτώσεις όπου **ορισμένοι στόχοι δρουν αντιθετικά μεταξύ τους** (όπως η βαθμολογία των τεχνικών χαρακτηριστικών και η τιμή)
- **Στόχος** της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων **είναι να βοηθήσει τη λήψη αποφάσεων** και όχι να λάβει την απόφαση
- Αποσυνθέτει ένα σύνθετο πρόβλημα, ελέγχει εάν οι διαθέσιμες εναλλακτικές ικανοποιούν τους επιμέρους στόχους, δίνει βαρύτητες στους στόχους και επανασυνθέτει τα τμήματα του προβλήματος

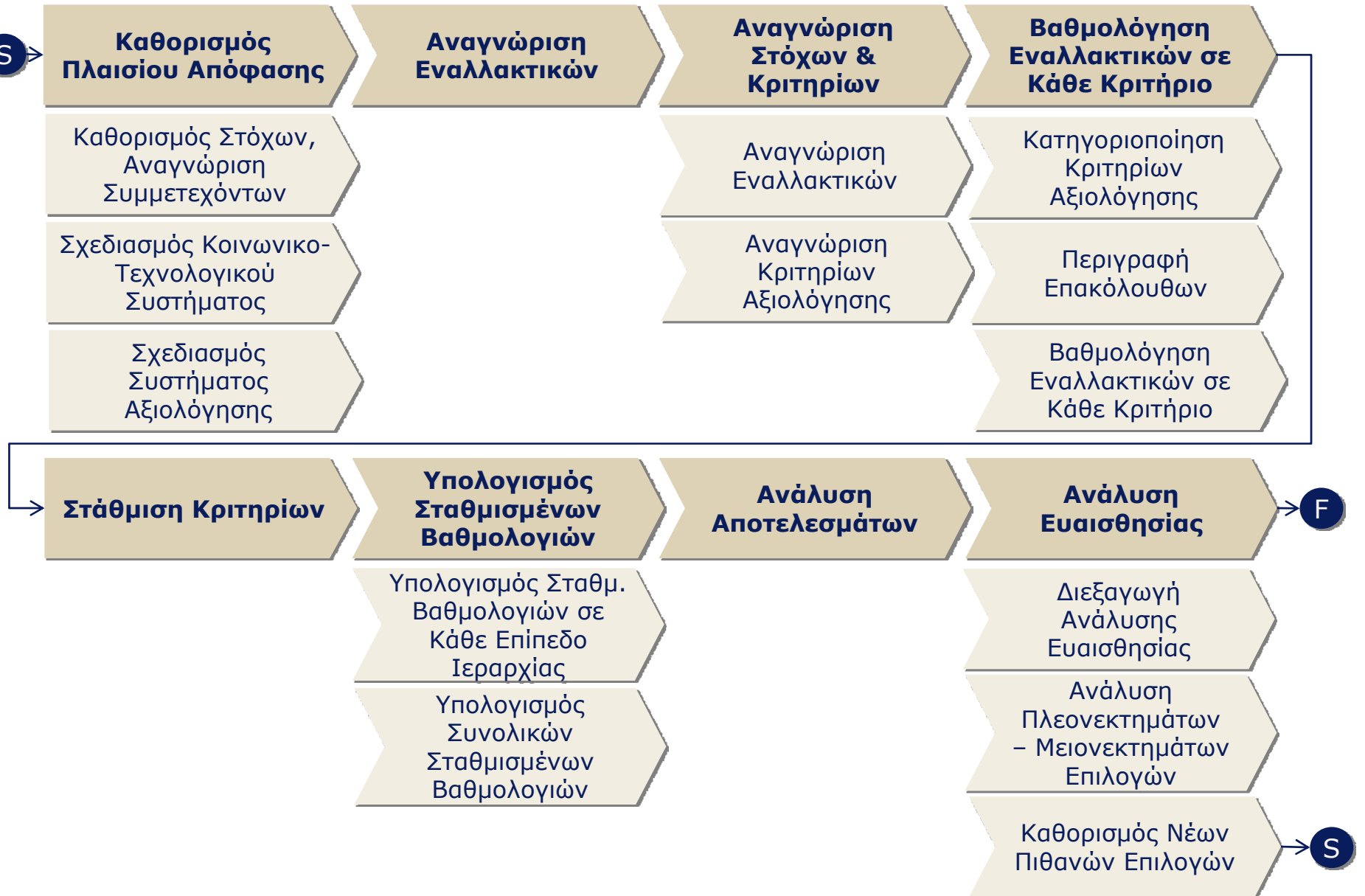
Η Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων στηρίζεται σε ένα βιβλίο των Keeney και Raiffa του 1976, το οποίο ακόμα και σήμερα είναι πολύ χρήσιμο.

Βασικές Αρχές Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων

- Η βασική υπόθεση της προσέγγισης είναι ότι **οι αποφασίζοντες επιθυμούν να είναι συνεπείς κατά τη λήψη των αποφάσεων**, άρα δεν επιδιώκουν να λάβουν αποφάσεις αντικρουόμενες μεταξύ τους
- Υφίστανται τρία βασικά **αξιώματα** που διέπουν την προσέγγιση
 - Το πρώτο σχετίζεται με την ύπαρξη πιθανοτήτων (probabilities), δηλαδή αριθμών που περιγράφουν το ποσοστό πραγματοποίησης των ενδεχομένων
 - Το δεύτερο σχετίζεται με την ύπαρξη της χρησιμότητας, δηλαδή αριθμών που εκφράζουν την υποκειμενική αξία του ενδεχόμενου κατά τον αποφασίζοντα, με βάση τη διάθεση κινδύνου που έχει
 - Το τρίτο προσφέρει έναν οδηγό στη λήψη αποφάσεων, σύμφωνα με τον οποίο λαμβάνεται η απόφαση η οποία παρουσιάζει το μεγαλύτερο άθροισμα των σταθμισμένων (μέσω των πιθανοτήτων) χρησιμοτήτων
- Τα τρία αξιώματα επεκτάθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να καλύψουν την **ανάλυση πολλαπλών στόχων**

Η Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων έχει χρησιμοποιηθεί και συνεχίζει να χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλο αριθμό εφαρμογών διεθνώς, έχει τεράστια αναγνώριση σε όλο τον κόσμο και έχει χρησιμοποιηθεί ακόμα και σε δικαστικές υποθέσεις με επιτυχία

Βήματα Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων



Καθορισμός Στόχων

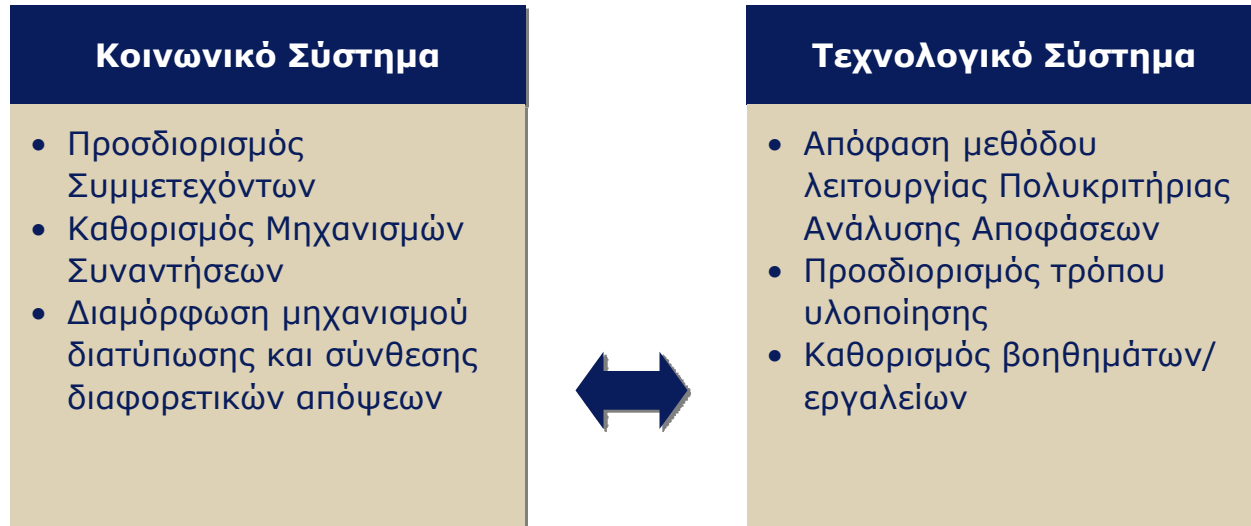
- Πρωταρχικό βήμα στη διεξαγωγή της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων είναι ο **καθορισμός του πλαισίου απόφασης**
- Το πλαίσιο απόφασης αποτελείται από τις διοικητικές, πολιτικές και κοινωνικές δομές που περιβάλλουν την απόφαση που πρόκειται να ληφθεί
- Το βασικότερο στοιχείο του πλαισίου είναι ο **καθορισμός των στόχων** του φορέα λήψης απόφασης, αφού η επίτευξη αυτών των στόχων θα εξασφαλίσει την προστιθέμενη αξία της ανάλυσης στον οργανισμό
- Καθορισμός εσφαλμένων στόχων καθιστά όλη την ανάλυση άχρηστη (rubbish in – rubbish out)
- **Οι στόχοι της ανάλυσης είναι δυνατό να αλλάξουν** κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της ανάλυσης, υπό το φως νέων δεδομένων και απόψεων, παρόλα αυτά ο αρχικός καθορισμός των στόχων είναι απαραίτητο βήμα ώστε να καθοδηγηθεί ασφαλώς η μελέτη
- **Ένας βασικός στόχος είναι πιθανό να αποσυντίθεται σε επιμέρους στόχους**, ενώ δεν είναι απίθανο κάποιοι από αυτούς τους επιμέρους στόχους να αντιτίθενται σε άλλους
- Το βήμα αυτό καταλήγει στην **επίσημη διατύπωση του στόχου** της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων την οποία αποδέχονται όλοι οι εμπλεκόμενοι

Καθορισμός Αποφασιζόντων & Λοιπών Συμμετεχόντων

- Για να καθοριστούν οι στόχοι (και τα κριτήρια) πρέπει να προσδιοριστούν οι **αποφασίζοντες (decision makers)** αλλά και οι λοιποί **εμπλεκόμενοι (stakeholders)** που μπορούν να επηρεάσουν ή να επηρεαστούν από την απόφαση
- **Βασικός συμμετέχοντας (key player)** είναι όποιος μπορεί να έχει ουσιαστική συνεισφορά στο αποτέλεσμα της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων
- Οι βασικοί συμμετέχοντες θα πρέπει να εξασφαλίσουν την αντιπροσώπευση όλων των **οπτικών** που θα πρέπει να ληφθούν στην απόφαση
- Ο **τελικός αποφασίζων (final decision maker)** θα πρέπει να εκφράσει τις αξίες του μέσω της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, καθώς και τις αξίες των αφανών εμπλεκομένων, των οποίων τα συμφέροντα αντιπροσωπεύει
- Σε ορισμένες περιπτώσεις στη διαδικασία συμμετέχουν και εμπλεκόμενοι οι οποίοι δεν έχουν άμεσο συμφέρον, αλλά χρειάζεται η συμμετοχή τους λόγω της εξειδικευμένης γνώσης τους σε ζητήματα που είναι σημαντικά για την τελική απόφαση (εσωτερικοί υπάλληλοι του Οργανισμού, εξωτερικοί συνεργάτες, επιστήμονες κλπ.)

Σχεδιασμός Κοινωνικο-Τεχνολογικού Συστήματος

- Η Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον αρμονικό συνδυασμό κοινωνικών και τεχνολογικών παραμέτρων



Προσωπικές Συναντήσεις

Συναντήσεις Ομάδας Εργασίας (Facilitated Workshops)

- Ορισμός συντονιστή (facilitator)
- Μοντελοποίηση προσέγγισης ανάλυσης αποφάσεων
- Χρησιμοποίηση εργαλείων υποστήριξης ανάλυσης (πληροφοριακά συστήματα)

Χρησιμοποιούμενες Προσεγγίσεις

Χαρακτηριστικά Συναντήσεων Ομάδας Εργασίας

- Έρευνες αναφέρουν ότι η **διεξαγωγή συναντήσεων ομάδων εργασίας** είναι **αποδοτικότερες από** τις κατ' ιδίαν **προσωπικές συνεντεύξεις**
- Σημαντικός ρόλος στις συναντήσεις των ομάδων εργασίας είναι αυτός του **συντονιστή (facilitator)**
- Ο συντονιστής επιτελεί τα ακόλουθα:
 - Συντονίζει τις συζητήσεις
 - Επεξηγεί τις βασικές μεθοδολογικές έννοιες της προσέγγισης και καθοδηγεί
 - Εξασφαλίζει τη διατύπωση απόψεων όλων των εμπλεκομένων
 - Προάγει τη διαφάνεια της διαδικασίας απόφασης
 - Συνθέτει χωρίς να λαμβάνει θέση
 - Μοντελοποιεί τη διαδικασία λήψης αποφάσεων διευκολύνοντας τα βήματά της
 - Χρησιμοποιεί εργαλεία που βοηθούν τους συμμετέχοντες και τους κάνουν να νιώθουν συμμετόχους
 - Φροντίζει ώστε η συνάντηση να μην ξεφύγει χρονικά, συνοψίζει τα αποτελέσματά της και καταγράφει τις επόμενες απαιτήσεις

Καθορισμός Εύρους και Περιεχομένου Ανάλυσης



Το εύρος της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων καθορίζεται έτσι ώστε να επιτυγχάνει:

- Αναγνώριση περιοχών με περισσότερες και λιγότερες ευκαιρίες
- Προτεραιοποίηση επιλογών
- Διευκρίνιση των διαφορών μεταξύ των επιλογών
- Βελτίωση αντίληψης βασικών παικτών
- Εντοπισμό καλύτερης αξιοποίησης των διαθέσιμων πόρων προς την επίτευξη των στόχων
- Διευκόλυνση του εντοπισμού εναλλακτικών
- Βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ απομονωμένων περιοχών της επιχείρησης

Αναγνώριση Εναλλακτικών Επιλογών

- Σε ορισμένες περιπτώσεις οι εναλλακτικές επιλογές είναι δεδομένες, στις περισσότερες όμως όχι, οπότε απαιτείται σημαντική συστηματική εργασία για την αναγνώρισή τους
- Ακόμα και όταν οι εναλλακτικές επιλογές είναι δεδομένες, αξίζει να πραγματοποιείται περαιτέρω διερεύνηση, διότι στην πορεία ανακαλύπτεται ότι προκύπτουν νέες εναλλακτικές, οι οποίες είχαν παραμεληθεί
- Ο μέσος άνθρωπος τείνει να είναι σε θέση να εντοπίσει λιγότερες εναλλακτικές όταν είναι σε απειλή και περισσότερες όταν εξετάζει δυνητικές ευκαιρίες
- Η ομάδα ανάλυσης θα πρέπει να είναι ανοικτή στο να επεκτείνει τον κατάλογο των καταγεγραμμένων επιλογών της, εφόσον αξίζει τον κόπο

Παράδειγμα Εναλλακτικών

- Η χρηματοδότηση ενός έργου θα μπορούσε να είναι μία απόφαση go/ not go
- Θα μπορούσαν όμως να υπάρχουν και αρκετές εναλλακτικές που σχετίζονται με τη μερική χρηματοδότηση του έργου

Αναγνώριση Κριτηρίων Αξιολόγησης

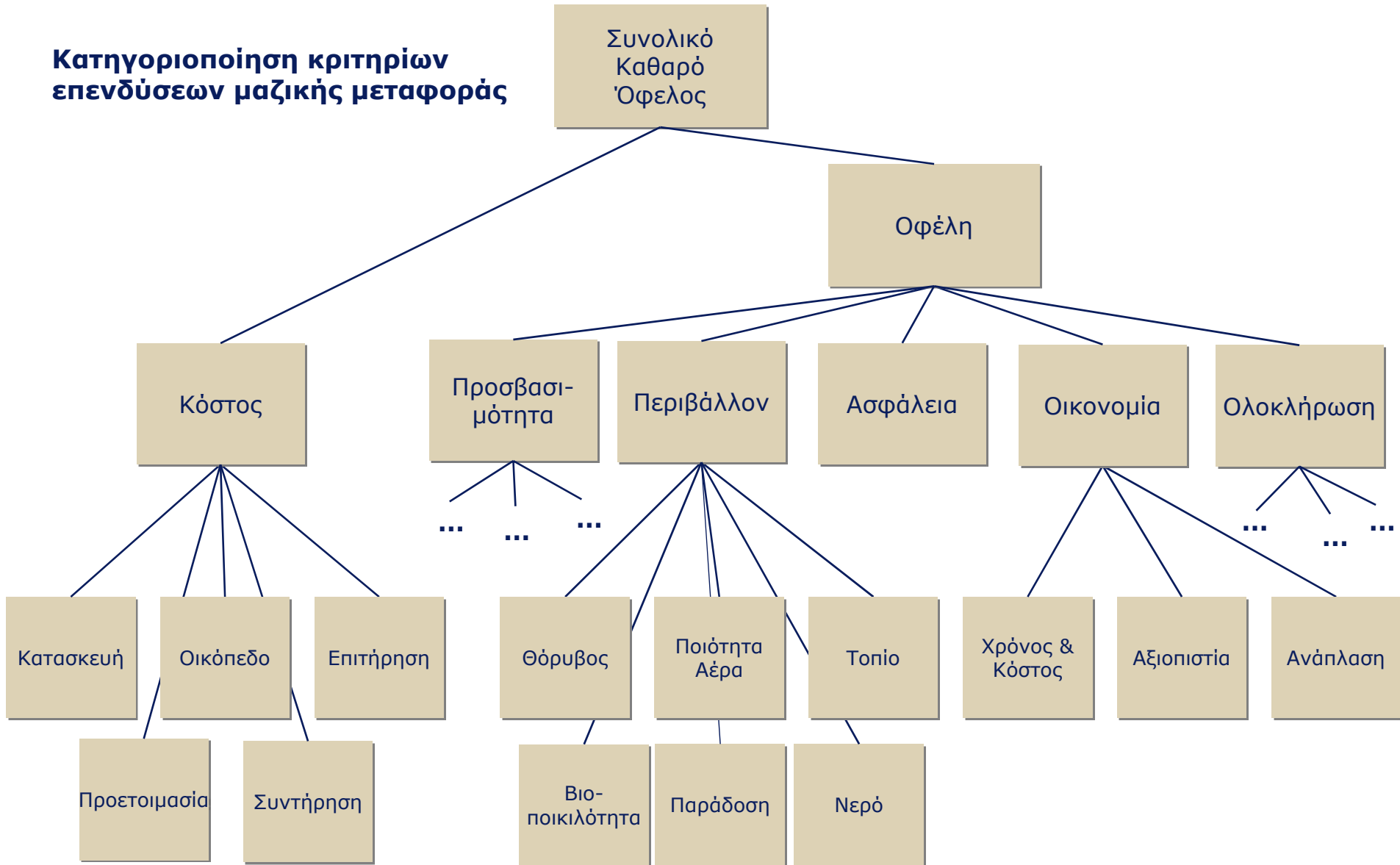
- **Κριτήρια** είναι συγκεκριμένοι **μετρήσιμοι στόχοι** που συνδέονται με **συνέπειες** που ενδιαφέρουν τον αποφασίζοντα
- Τα κριτήρια – στόχοι μπορούν να δομηθούν **ιεραρχικά** διατηρώντας σχέσεις γονέα – παιδιών
- Τα κριτήρια εκφράζουν τον τρόπο με τον οποίο οι εναλλακτικές επιλογές μπορούν να προσφέρουν αξία
- Τα κριτήρια – στόχοι δεν πρέπει να συγχέονται με τα μέσα (means) που επιτρέπουν την επίτευξή τους
 - Παράδειγμα: Περιορισμός τραυματισμών – παθητική ασφάλεια – αριθμός λειτουργιών παθητικής ασφάλειας
- Τα κριτήρια εκφράζουν τις **βασικές αξίες** ενός **οργανισμού**
 - Παραδείγματα αξιών: πρωτοπορία στην παραγωγή αεροσκαφών, βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσω της τεχνολογίας και του νεωτερισμού, τεχνική συνεισφορά, φιλική συμπεριφορά και άριστη εξυπηρέτηση, διατήρηση και βελτίωση ανθρώπινης ζωής, παροχή διασκέδασης στον κόσμο

Κατηγοριοποίηση Κριτηρίων Αξιολόγησης

- Η **οργάνωση των κριτηρίων σε ομοειδής κατηγορίες** διευκολύνει τη βαθμολόγηση με βάση τον βαθμό επίτευξης των στόχων υψηλότερου επιπέδου
- Οι περισσότερες θυσίες – ανταλλαγές (trade-offs) μεταξύ των στόχων – κριτηρίων εμφανίζονται στο υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας
 - Παράδειγμα αντιθετικών στόχων: Κόστος – Όφελος
 - Άλλα παραδείγματα αντιθετικών στόχων: Κίνδυνος – Όφελος, Όφελος στους Πελάτες – Όφελος στους Προμηθευτές, Βραχυπρόθεσμα Οφέλη – Μακροπρόθεσμα Οφέλη
 - Παράδειγμα κατηγοριοποίησης κριτηρίων: Κόστος >>Χρηματοοικονομικό και χρηματοοικονομικό κόστος, βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο κόστος, επενδυτικό και λειτουργικό κόστος
- Η οργάνωση των κριτηρίων σε κατηγορίες ονομάζεται συχνά και **δέντρο αξίας (value tree)**
- Η προσεκτική διαμόρφωση ενός δέντρου αξίας διευκολύνει τη δημιουργική σκέψη και τον εντοπισμό νέων εναλλακτικών επιλογών που θα μπορούσαν δυνητικά να μειώσουν τις αντιθέσεις μεταξύ των υφιστάμενων στόχων

Παράδειγμα Κατηγοριοποίησης Κριτηρίων Αξιολόγησης

Κατηγοριοποίηση κριτηρίων επενδύσεων μαζικής μεταφοράς



Περιγραφή Επακόλουθων

- Ο απλούστερος τρόπος περιγραφής των επακόλουθων για κάθε εναλλακτική επιλογή είναι η **διαμόρφωση** μίας **ποιοτικής περιγραφής** που λαμβάνει υπόψη κάθε υφιστάμενο κριτήριο
- Για πολύπλοκα προβλήματα με εκτενές δέντρο αξίας, συστήνεται η διαμόρφωση ενός **πίνακα επακόλουθων** για κάθε επιλογή χωριστά
- Εναλλακτικά, είναι δυνατή η διαμόρφωση ενός συνοπτικού πίνακα επακόλουθων για όλες τις εναλλακτικές επιλογές
 - Ως γραμμές ορίζονται οι εναλλακτικές επιλογές
 - Ως στήλες ορίζονται τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια
 - Στα κελιά που δημιουργούνται, εισάγονται χαρακτηρισμοί

Παράδειγμα Καταγραφής Επακολούθων

Επιλογή μίας Τοστιέρας προς Αγορά

	Τιμή	Επανα-θέρμανση	Θερμαινόμε. Βάση	Μεταβλητό Πλάτος	Ομαλό Ψήσιμο	# Προβλημάτων
Επιλογή 1	€18				*	3
Επιλογή 2	€27	✓	✓	✓	*	3
Επιλογή 3	€25	✓	✓		**	3
Επιλογή 4	€22				*	2
Επιλογή 5	€22	✓			**	2
Επιλογή 6	€30				*	2
Επιλογή 7	€20	✓		✓	**	5

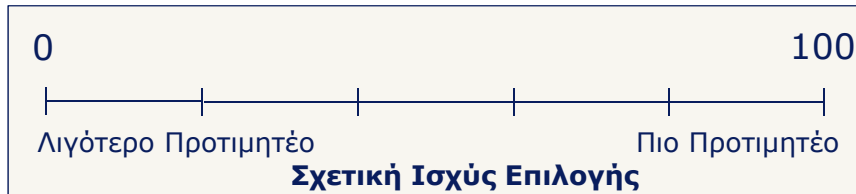
✓ Ύπαρξη λειτουργικότητας

** Βέλτιστη επιλογή

* Επιλογή αμέσως μετά τη βέλτιστη

Βαθμολόγηση Εναλλακτικών σε Κάθε Κριτήριο

- Η βαθμολόγηση των εναλλακτικών απαιτεί:
 - την κατασκευή κλίμακας που να αντιπροσωπεύει τις επιλογές σε σχέση με τις συνέπειες
 - Τη ζύγιση των κλιμάκων με βάση τη σχετική σημαντικότητά τους
 - Τον υπολογισμό των σταθμισμένων μέσων όρων με βάση τις καθορισμένες κλίμακες
- Η πιο συνήθης πρακτική είναι η χρησιμοποίηση **100βάθμιας κλίμακας**, όπου η πιο προτιμητέα επιλογή λαμβάνει την τιμή 100 και η λιγότερο προτιμητέα την τιμή 0



- Οι **σχετικές βαθμολογήσεις** (relative judgments) με βάση τη σύγκριση των συνεπειών τους είναι συνήθως ευκολότερες από **τις απόλυτες βαθμολογήσεις**
- Η μέθοδος βαθμολόγησης με τη χρήση κλίμακας καταλήγει σε νούμερα που εκφράζουν τη **σχετική ισχύ της επιλογής** που δηλώνει την αξία που σχετίζεται με τις συνέπειες των επιλογών σε ένα συγκεκριμένο κριτήριο
- Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν είναι πάντα ενδεδειγμένη
- Στις περιπτώσεις όπου υφίστανται πρότυπα, ενδείκνυται η βαθμολόγηση με χρήση **σταθερής κλίμακας** (fixed scales)
 - Το μηδενικό σημείο είναι η ελάχιστη αποδεκτή τιμή (τιμή κάτω του μηδενός απορρίπτει την επιλογή ανεξαρτήτως της βαθμολογίας της στα άλλα κριτήρια)
 - Η τιμή 100 ορίζεται με βάση τη μέγιστη εφικτή τιμή που θα μπορούσε να επιτευχθεί

Παράδειγμα Βαθμολόγησης Εναλλακτικών σε Κάθε Κριτήριο

	Τιμή	Επανα- θέρμανση	Θερμινόμ. Βάση	Μεταβλητό Πλάτος	Ομαλό Ψήσιμο	# Προβλημάτων
Επιλογή 1	100	0	0	0	0	50
Επιλογή 2	25	100	100	0	0	80
Επιλογή 3	42	100	100	100	100	50
Επιλογή 4	67	0	0	0	0	100
Επιλογή 5	67	100	0	100	100	90
Επιλογή 6	0	0	0	0	0	90
Επιλογή 7	84	100	0	100	100	0

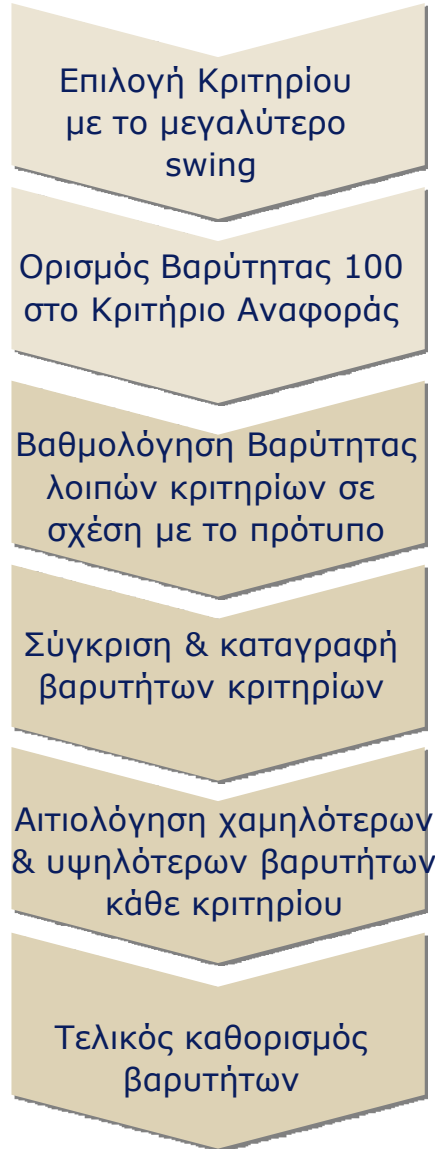
Έλεγχος Συνέπειας Βαθμολογιών σε Κάθε Κριτήριο

- Συχνά, ο **έλεγχος συνέπειας των βαθμολογιών** διεξάγεται κατά τη διαδικασία της βαθμολόγησης, όμως είναι απαραίτητος και ένας εκ των υστέρων έλεγχος
- Η συνέπεια στη βαθμολόγηση εξασφαλίζει την **εγκυρότητα** όλης της **διαδικασίας επιλογής**
- Συχνά, απαιτείται **επανάληψη της διαδικασίας βαθμολόγησης** ώστε να εξασφαλιστεί ο απαραίτητος βαθμός συνέπειας
 - Ασυνέπεια εμφανίζεται είτε μεταξύ των διαφορετικών κριτηρίων, είτε εντός του ίδιου κριτηρίου

Καθορισμός Βαρυτήτων Κριτηρίων

- Ο καθορισμός βαρυτήτων στο κάθε κριτήριο εκφράζει τη σημαντικότητα του κάθε κριτηρίου στην τελική επιλογή
- Ο καθορισμός βαρύτητας ενός κριτηρίου σταθμίζει την επιμέρους βαθμολογία κάθε επιλογής στο εν λόγω κριτήριο και ρυθμίζει την επίδρασή της στην τελική βαθμολογία που θα οδηγήσει στην προτεινόμενη επιλογή
- Η ανάθεση των βαρυτήτων πραγματοποιείται ανά ιεραρχικό επίπεδο κριτηρίων
- Η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος προσδιορισμού βαρυτήτων είναι η μέθοδος **swing weighting**
 - «Πώς συγκρίνεται η διαφορά από το 0 έως το 100 στην κλίμακα ενός κριτηρίου με την αντίστοιχη διαφορά στην κλίμακα ενός άλλου;»
 - Στο παραπάνω ερώτημα **πρέπει να ληφθεί υπόψη, τόσο η σημαντικότητα του κριτηρίου, όσο και η διαφορά μεταξύ της καλύτερης και χειρότερης επιλογής στο κριτήριο αυτό**
 - Ένα πολύ σημαντικό κριτήριο, στο οποίο όλες οι επιλογές «σκοράρουν» το ίδιο, δεν επηρεάζει τελικώς την κρίση ενός αποφασίζοντα

Η Τεχνική Nominal Group



- Άμεση επιλογή κριτηρίου ή διεξαγωγή δυαδικών συγκρίσεων
- Ορισμός βαρύτητας κριτηρίου ίσης με 100
- Θεώρηση βαρύτητας κριτηρίου ως πρότυπη
- Απόρρητη βαθμολόγηση βαρυτήτων κριτηρίων σε σχέση με το πρότυπο
- Αποκάλυψη βαθμολογιών βαθμολογητών
- Ομαδοποίηση βαθμολογιών (50, 60, 70, 80...)
- Καταγραφή βαθμολογιών
- Αιτιολόγηση βαθμολογητή με υψηλότερη βαθμολογία κριτηρίου
- Αιτιολόγηση βαθμολογητή με χαμηλότερη βαθμολογία κριτηρίου
- Διεξαγωγή συζήτησης ομάδας επιλογής
- Τελικός καθορισμός βαρυτήτων από υποομάδα επιλογής (senior decision makers)

Καθορισμός Σταθμισμένων Βαθμολογιών σε Κάθε Επίπεδο της Ιεραρχίας

- Η συνολική βαθμολογία προτίμησης μίας εναλλακτικής επιλογής είναι το σταθμισμένο άθροισμα των βαθμολογιών της επιλογής στα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση

$$s_i = w_1 s_{i1} + w_2 s_{i2} + \dots + w_n s_{in} = \sum_{j=1}^n w_j s_{ij}$$

Καθορισμός Συνολικών Σταθμισμένων Βαθμολογιών

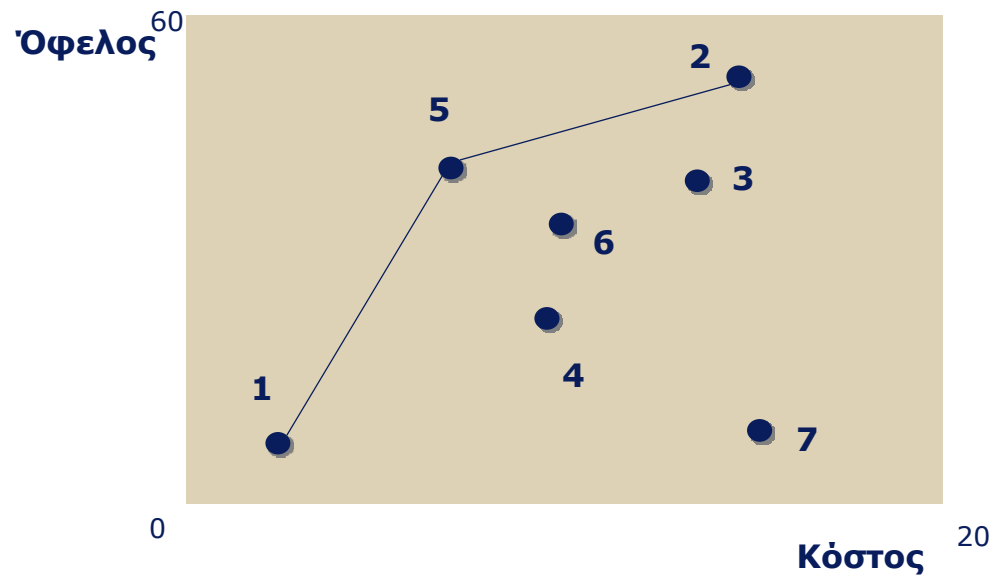
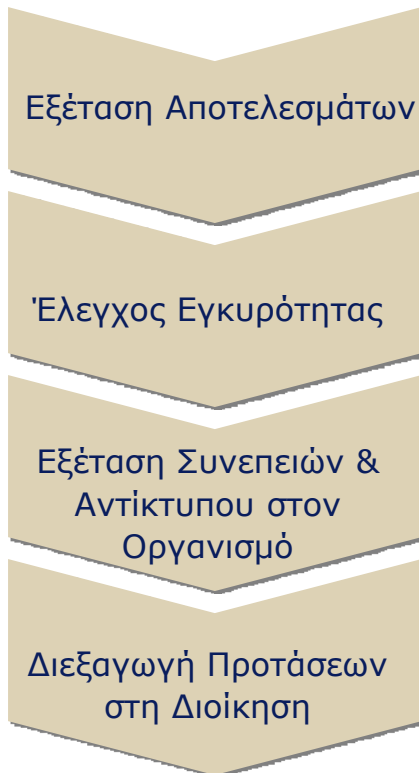
- Ο καθορισμός των συνολικών σταθμισμένων βαθμολογιών προϋποθέτει την **αμοιβαία ανεξαρτησία προτίμησης** (mutual preference independence) των κριτηρίων
- Αυτό σημαίνει ότι οι βαθμολογίες που τοποθετούνται σε όλες τις επιλογές σε ένα κριτήριο δεν επηρεάζονται από τις βαθμολογίες άλλων κριτηρίων
- Στην πραγματική ζωή μπορούν να αντιμετωπιστούν ποικίλες περιπτώσεις
 - Παράδειγμα: Η πολυτέλεια της εσωτερικής διακόσμησης ενός αυτοκινήτου είναι εξαρτώμενη από την τιμή του αυτοκινήτου, παρόλα αυτά κάποιος λαμβάνει την απόφαση αγοράς ενός αυτοκινήτου αντιμετωπίζοντας αυτά τα δύο κριτήρια ξεχωριστά
 - Παράδειγμα: Η επιλογή ενός φαγητού είναι ανεξάρτητη από το κρασί αλλά η επιλογή ενός κρασιού είναι εξαρτώμενη από το φαγητό (μονόδρομη εξάρτηση), ταυτόχρονα όμως η λειτουργία της κουζίνας στον πραγματικό κόσμο είναι ανεξάρτητη από την κάβα
- Η ύπαρξη αμοιβαίας εξάρτησης δύο κριτηρίων ανακαλύπτεται, είτε κατά τη διαμόρφωση των κριτηρίων είτε κατά τη βαθμολόγηση των επιλογών σε αυτά τα κριτήρια
 - Όταν μία επιλογή δεν μπορεί να βαθμολογηθεί σε ένα κριτήριο γιατί απαιτείται η γνώση της βαθμολογίας σε ένα άλλο σημαίνει ότι υπάρχει εξάρτηση των κριτηρίων
 - Δύο εξαρτώμενα κριτήρια θα μπορούσαν πιθανά να συνδυαστούν σε ένα, υπό προϋποθέσεις
- Το απλό μοντέλο σταθμισμένων βαθμολογιών μπορεί να αντικατασταθεί από **πολλαπλασιαστικό μοντέλο**, σε πολυπλοκότερες περιπτώσεις

Πίνακας Υπολογισμού Συνολικής Βαθμολογίας Επιλογών

	Τιμή	Επανα- θέρμανση	Θερμαινόμ. Βάση	Μεταβλητό Πλάτος	Ομαλό Ψήσιμο	# Προβλημάτων	Σύνολο
Επιλογή 1	100	0	0	0	0	50	35
Επιλογή 2	25	100	100	0	0	80	61
Επιλογή 3	42	100	100	100	100	50	53
Επιλογή 4	67	0	0	0	0	100	30
Επιλογή 5	67	100	0	100	100	90	49
Επιλογή 6	0	0	0	0	0	90	9
Επιλογή 7	84	100	0	100	100	0	70
Βαρύτητες	30	5	15	25	15	10	

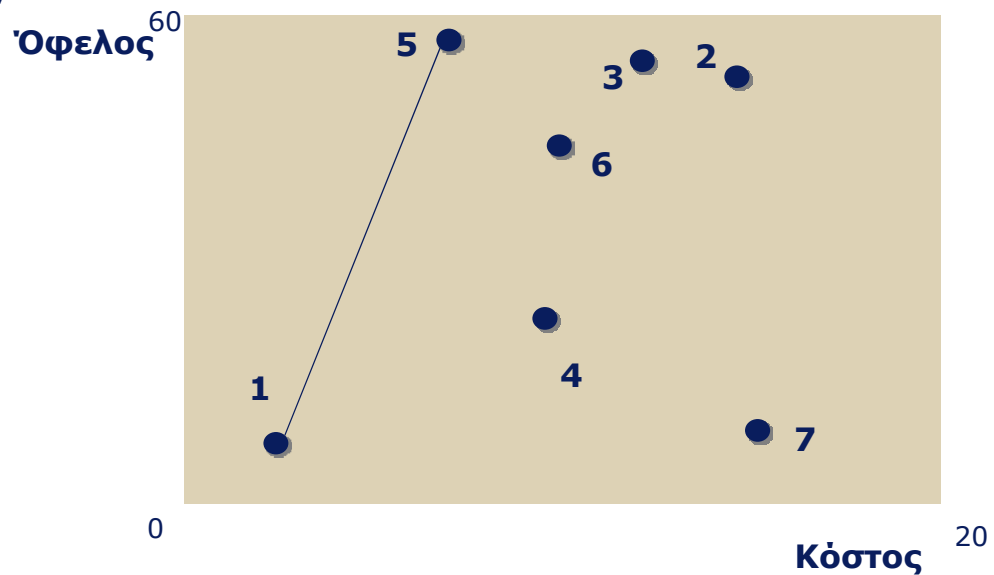
Εξέταση Αποτελεσμάτων & Διατύπωση Εισηγήσεων

- Η φθίνουσα ταξινόμηση των επιλογών με βάση τη βαθμολογία της πολυκριτήριας ανάλυσης φανερώνει με σειρά προτίμησης τις εναλλακτικές επιλογές
- Οι βαθμολογίες φανερώνουν την απόσταση των επιλογών μεταξύ τους
- Η απεικόνιση κριτηρίων σε δύο διαστάσεις μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες και να αποτελέσουν αφορμή για σοβαρές συζητήσεις
 - Παράδειγμα: Ανάλυση Κόστους και Οφέλους στο 2^ο Επίπεδο μίας πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων
- Τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι καλό να συζητούνται σε μία σειρά συναντήσεων ώστε να αντιμετωπίσουν αναμενόμενα και μη αναμενόμενα αποτελέσματα



Διεξαγωγή Ανάλυσης Ευαισθησίας

- Ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να διεξαχθεί:
 - Με προσαρμογή των βαρυτήτων των κριτηρίων
 - Με προσαρμογή των βαθμολογιών σε περιπτώσεις όπου υπήρχαν διαφωνίες μεταξύ διαφορετικών εμπλεκομένων στη διαδικασία βαθμολόγησης
- Η ανάλυση ευαισθησίας εντοπίζει ξεκάθαρα τις λίγες δυνατές εναλλακτικές που συνήθως υπάρχουν
- Η ανάλυση ευαισθησίας αποκαλύπτει πιθανές εναλλακτικές που είναι σχεδόν ισοδύναμες
- Η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να αποκαλύψει τρόπους με τους οποίους οι εναλλακτικές επιλογές μπορούν να βελτιωθούν



Αβεβαιότητα, Κίνδυνος & Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων

- Μία μέθοδος αντιμετώπισης της αβεβαιότητας είναι ο συνδυασμός της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων με τα Δένδρα Αποφάσεων



- Όταν δεν είναι δυνατή η χρήση Δένδρου Αποφάσεων, κατασκευάζονται πολλά εναλλακτικά σενάρια με βάση σημαντικά εξωτερικά γεγονότα και πραγματοποιούνται αντίστοιχες αναλύσεις Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων (όλες με την ίδια δομή στόχων και κριτηρίων)
 - Τα σενάρια μπορούν να σταθμιστούν αναφορικά με την πιθανότητα που έχουν να συμβούν
 - Αναλύσεις ευαισθησίας στην τοποθετημένη βαρύτητα κάθε σεναρίου εξασφαλίζουν τη μελέτη της επίδρασης των σεναρίων στην τελική βαθμολόγηση των επιλογών
- Εάν υφίσταται αβεβαιότητα σε ένα ή δύο κριτήρια, είναι δυνατό ξεχωριστή μοντελοποίηση των αβεβαιοτήτων (με χρήση κατανομών) να επιτρέψει βαθμολόγηση βασισμένη σε αναμενόμενες τιμές

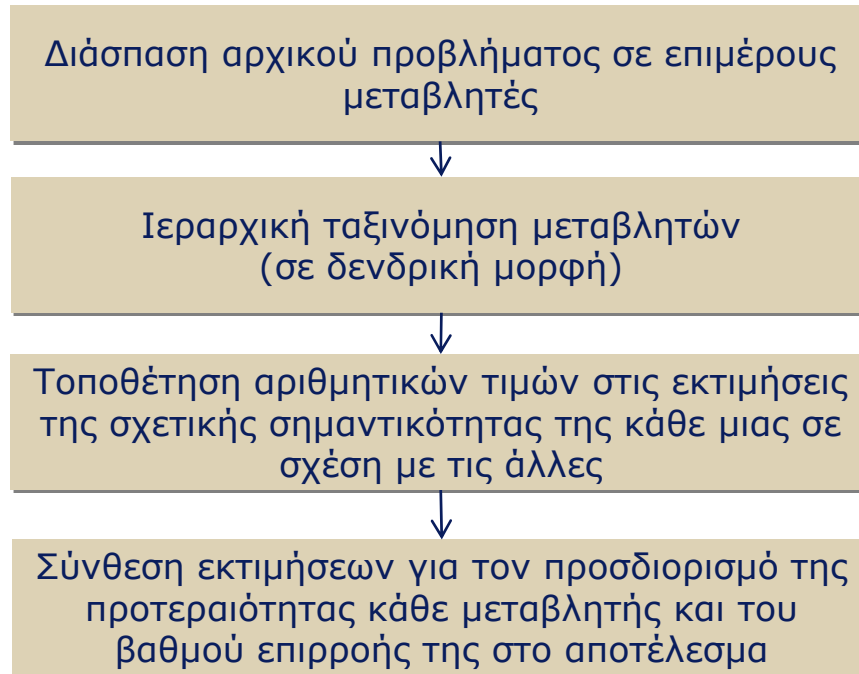
Πίνακας Περιεχομένων

- **Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Ανάλυση & τη Λήψη Αποφάσεων**
- **Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)**
- **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης**
- **Εφαρμογές Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

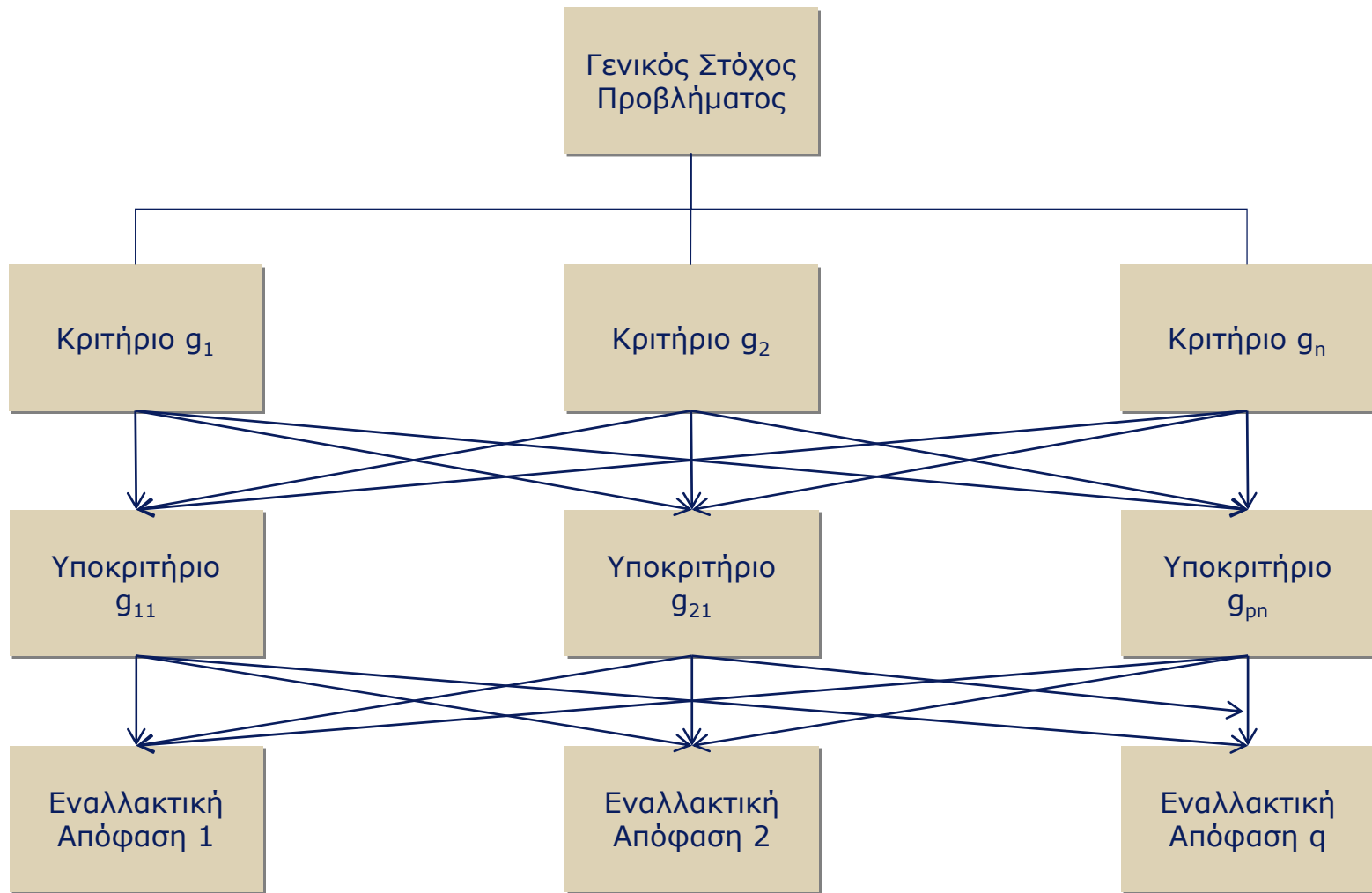
Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης

- Η **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process ή AHP)** είναι μία μέθοδος μετατροπής υποκειμενικών βαθμολογιών σχετικής βαρύτητας σε ένα σύνολο βαθμολογιών ή βαρυτήτων
- Αντιμετωπίζει το **πρόβλημα της κατανομής βαρυτήτων** (weights) σε ένα σύνολο από δραστηριότητες, σύμφωνα με το βαθμό σημαντικότητάς τους
- Χρησιμοποιεί τη **διεξαγωγή δυαδικών συγκρίσεων** και αναπτύσσει μια κλίμακα προτίμησης μεταξύ των δραστηριοτήτων με βάση τις εκτιμήσεις των αποφασιζόντων
 - «Πόσο σημαντικό είναι το κριτήριο A σε σχέση με το Κριτήριο B;»
 - «Πόσο καλή είναι η επιλογή X σε σχέση με την επιλογή Y;»
- Οι δυαδικές συγκρίσεις χρησιμοποιούνται, τόσο για τον προσδιορισμό των βαρυτήτων των κριτηρίων, όσο και για τη διεξαγωγή **των επιλογών μεταξύ διαφορετικών εναλλακτικών**
- Χρησιμοποιείται σε προβλήματα με διακριτές επιλογές

Βασικά Βήματα Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης



Γραφική Απεικόνιση της Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης



Πίνακας Δυναμικής Σύγκρισης Κριτηρίων

Πόσο σημαντικό είναι το κριτήριο A σε σχέση με το κριτήριο B;	Δείκτης Προτίμησης
Ίδιας σημαντικότητας	1
Μέτρια πιο σημαντικό	3
Ισχυρά πιο σημαντικό	5
Πολύ Ισχυρά πιο σημαντικό	7
Εξαιρετικά σημαντικότερο	9

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι ζυγές τιμές (2, 4, 6, 8) του δείκτη προτίμησης

Εάν η σχέση σημαντικότητας είναι αντίστροφη, αντίστροφη είναι η τιμή του δείκτη προτίμησης (π.χ. εάν το B είναι ισχυρά πιο σημαντικό από το A, τότε η τιμή του δείκτη στη σύγκριση «Πόσο σημαντικό είναι το κριτήριο A σε σχέση με το κριτήριο B;» λαμβάνει την τιμή 1/7)

Αριθμός Δυαδικών Συγκρίσεων Κριτηρίων που Διεξάγονται

- Θεωρούμε ότι ο αποφασίζοντας είναι συνεπής στις συγκρίσεις του
- Ο αριθμός των απαραίτητων συγκρίσεων που θα πρέπει να διεξαχθούν δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Αριθμός Συγκρίσεων} = \frac{1}{2} * n * (n-1)$$

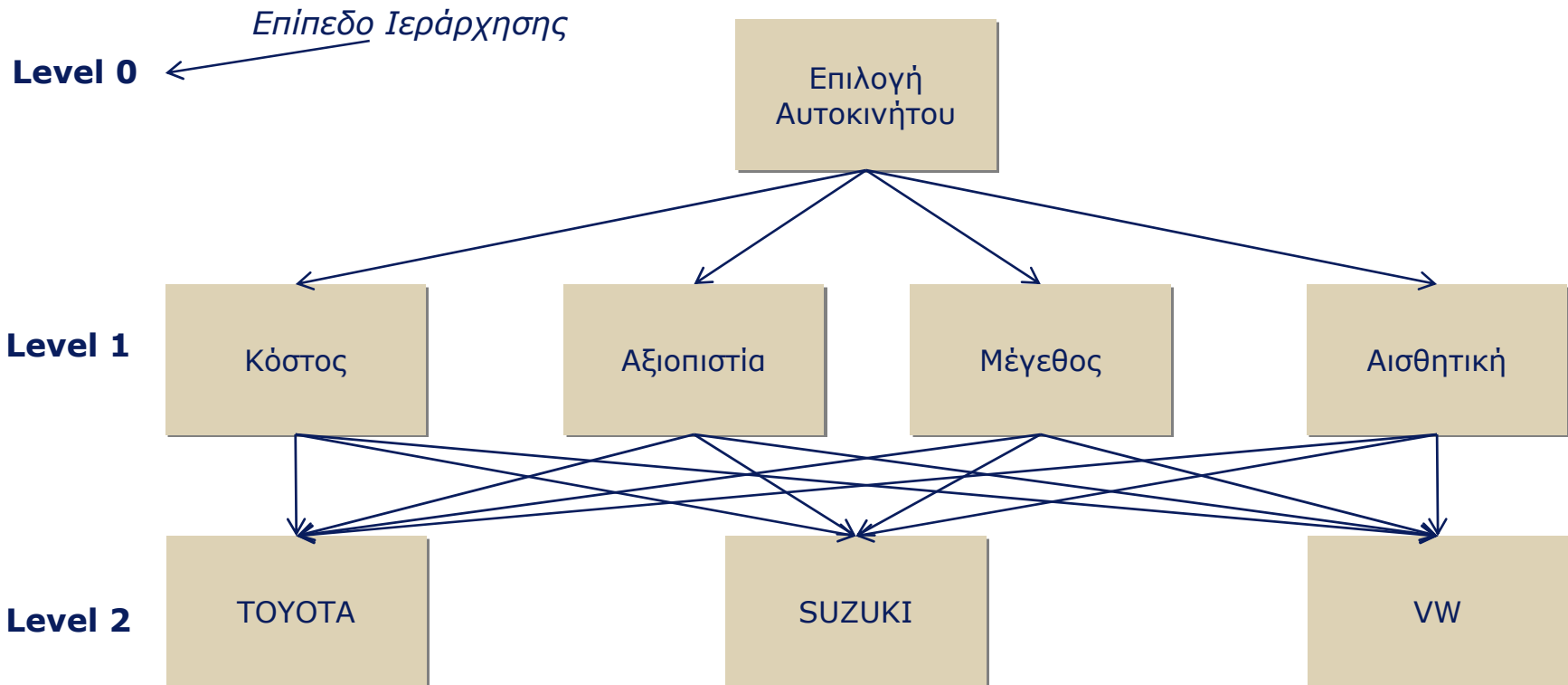
Ενδεικτικό Παράδειγμα Συγκρίσεων

1	5	9
1/5	1	3
1/9	1/3	1

Οι συγκρίσεις που απαιτούνται είναι $\frac{1}{2} * 3 * (3-1) = 3$

Παράδειγμα Επιλογής Αυτοκινήτου

Κάποιος ενδιαφέρεται να αγοράσει ένα αυτοκίνητο και διαθέτει τρεις εναλλακτικές επιλογές: Ένα TOYOTA, ένα SUZUKI και ένα VW. Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή είναι το κόστος κτίσης, η αξιοπιστία, το μέγεθος και η αισθητική. Επειδή η καλύτερη επιλογή δεν είναι προφανής, ο ενδιαφερόμενος χρειάζεται ένα εργαλείο υποβοήθησης της λήψης απόφασης.



Διαδικασία Σύγκρισης

- Τα στοιχεία κάθε επιπέδου συγκρίνονται με τα υπόλοιπα στοιχεία του ίδιου επιπέδου χρησιμοποιώντας ως κριτήρια τα στοιχεία του ανώτερου επιπέδου
 - Τα αυτοκίνητα του επιπέδου L2 συγκρίνονται μεταξύ τους κατά ζεύγη σε κάθε κριτήριο του ανώτερου επιπέδου L1 (κόστος, αξιοπιστία, μέγεθος, αισθητική)
 - Τα στοιχεία του επιπέδου L1 συγκρίνονται μεταξύ τους κατά ζεύγη ως προς τη βαρύτητα που έχουν στο στοιχείο του επιπέδου L0 που είναι η επιλογή του αυτοκινήτου
- Η διαδικασία ξεκινά από το επίπεδο L1 και συνεχίζεται ανά επίπεδο
 - Διαδικασία σύγκρισης κριτηρίων κόστους, αξιοπιστίας, μεγέθους και αισθητικής στην επιλογή του αυτοκινήτου (επίπεδο L1)
 - Διαδικασία σύγκρισης αυτοκινήτων στα κριτήρια του επιπέδου L1 (επίπεδο L2)

Διαδική Σύγκριση Κριτηρίων Απόφασης

Κριτήρια Επιλογής	Κόστος	Αξιοπιστία	Μέγεθος	Αισθητική
Κόστος	1	2	3	3
Αξιοπιστία	1/2	1	3	3
Μέγεθος	1/3	1/3	1	1/2
Αισθητική	1/3	1/3	2	1

- Ένα ζήτημα που τίθεται και πρέπει να ελέγχεται είναι η συνέπεια των βαθμολογιών που τοποθετούμε, αφού ασυνεπής διαδικασία βαθμολόγησης στη σύγκριση ανά ζεύγη θα δημιουργήσει προβλήματα αξιοπιστίας
- Για το λόγο αυτό, πρέπει να οριστεί ένας δείκτης μέτρησης της συνέπειας και ένα κατώφλι, άνω του οποίου τίθεται θέμα αξιοπιστίας στη διαδικασία βαθμολόγησης

Υπολογισμός Επιμέρους Προτεραιοτήτων (1/2)

- Καταστρώνουμε έναν πίνακα $n \times n$ με τα n κριτήρια που θα συγκρίνουμε δυαδικά
- Συμπληρώνουμε τα στοιχεία του πίνακα με βάση τις δυαδικές συγκρίσεις που πραγματοποιούμε
- Υπολογίζουμε το άθροισμα των στοιχείων κατά μήκος κάθε στήλης
- Διαιρούμε κάθε στοιχείο του πίνακα με το άθροισμα της στήλης στην οποία ανήκει και διαμορφώνουμε έναν νέο πίνακα $n \times n$ με τους νέους υπολογισμούς
- Υπολογίζουμε τον μέσο όρο κάθε γραμμής του νέου πίνακα και τον καταγράφουμε σε νέα στήλη, η οποία αποτελεί την προτεραιότητα των κριτηρίων

Υπολογισμός Επιμέρους Προτεραιοτήτων (2/2)

Κριτήρια Επιλογής	Κόστος	Αξιοπιστία	Μέγεθος	Αισθητική
Κόστος	1	2	3	3
Αξιοπιστία	1/2	1	3	3
Μέγεθος	1/3	1/3	1	1/2
Αισθητική	1/3	1/3	2	1
Άθροισμα	2,16	3,66	9	7,5

1/2,16

Κριτήρια Επιλογής	Κόστος	Αξιοπιστία	Μέγεθος	Αισθητική	Προτεραιότητα
Κόστος	0,46	0,55	0,33	0,40	0,44
Αξιοπιστία	0,23	0,27	0,33	0,40	0,31
Μέγεθος	0,15	0,09	0,11	0,06	0,10
Αισθητική	0,15	0,09	0,22	0,13	0,15

$$(0,46+0,55+0,33+0,40)/4$$

Υπολογισμός Προτεραιοτήτων Αυτοκινήτων (Επίπεδο L2)

Αξιοπιστία

Κριτήρια Επιλογής	T	S	V	Προτερ.
T	1	1	3	0,43
S	1	1	3	0,43
V	1/3	1/3	1	0,14

Μέγεθος

Κριτήρια Επιλογής	T	S	V	Προτερ.
T	1	3	1	0,43
S	1/3	1	1/3	0,14
V	1	3	1	0,43

Αισθητική

Κριτήρια Επιλογής	T	S	V	Προτερ.
T	1	4	3	0,63
S	1/4	1	2	0,22
V	1/3	1/2	1	0,15

Κόστος

Κριτήρια Επιλογής	T	S	V	Προτερ.
T	1	1	2	0,41
S	1	1	1	0,33
V	1/2	1	1	0,26

Υπολογισμός Συνολικών Προτεραιοτήτων

- Η συνολική προτεραιότητα του κάθε αυτοκινήτου για όλα τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια προκύπτει ως το άθροισμα των γινομένων της προτεραιότητας του αυτοκινήτου σε κάθε κριτήριο επί την προτεραιότητα του αντίστοιχου κριτηρίου
- Οι επιλογές ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά με βάση τη συνολική προτεραιότητα

Κριτήρια Επιλογής	Κόστος (0,44)	Αξιοπιστία (0,31)	Μέγεθος (0,10)	Αισθητική (0,15)	Συνολική Προτερ.	
Toyota	0,41	0,43	0,43	0,63	0,45	(1)
Suzuki	0,33	0,43	0,14	0,22	0,33	(2)
VW	0,26	0,14	0,43	0,15	0,22	(3)


$$0,41*0,44+0,43*0,31+0,43*0,10+0,63*0,10$$

Υπολογισμός Ασυνέπειας – Αναξιοπιστίας Εκτιμήσεων

- Ο βαθμός ασυνέπειας υπολογίζεται σε κάθε διαμορφούμενο πίνακα σύγκρισης ως εξής:
 - Πολλαπλασιάζουμε το άθροισμα των στοιχείων του πίνακα με τη σχετική βαρύτητα του αντίστοιχου κριτηρίου
 - Προσθέτουμε αυτά τα γινόμενα για όλες τις στήλες και το αποτέλεσμα ορίζεται ως A
 - Ο βαθμός ασυνέπειας ορίζεται ως:

$$\lambda_{\max} = (A - n) / (n - 1)$$

Κριτήρια Επιλογής	Κόστος	Αξιοπιστία	Μέγεθος	Αισθητική
Κόστος	1	2	3	3
Αξιοπιστία	1/2	1	3	3
Μέγεθος	1/3	1/3	1	1/2
Αισθητική	1/3	1/3	2	1
Άθροισμα	2,16	3,66	9	7,5

Κριτήρια Επιλογής	Κόστος	Αξιοπιστία	Μέγεθος	Αισθητική	Προτεραιότητα
Κόστος	0,46	0,55	0,33	0,40	0,44
Αξιοπιστία	0,23	0,27	0,33	0,40	0,31
Μέγεθος	0,15	0,09	0,11	0,06	0,10
Αισθητική	0,15	0,09	0,22	0,13	0,15

$$A = 2,16 * 0,44 + 3,66 * 0,31 + 9 * 0,1 + 7,5 * 0,15 = 0,033$$

Ο βαθμός ασυνέπειας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 10%

Κριτικές Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης

Ορισμένες από τις κριτικές της Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης είναι οι εξής:

- Η **εννιαβάθμια κλίμακα** σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αποδειχθεί **ασυνεπής**
 - Για παράδειγμα εάν το A έχει βαθμολογία 3 σε σχέση με το B και το B βαθμολογία 5 σε σχέση με το Γ, το A δεν μπορεί να έχει βαθμολογία 15 ($3 \cdot 5$) σε σχέση με το Γ, όπως θα ανέμενε κανείς
- Η συσχέτιση της εννιαβάθμιας αριθμητικής κλίμακας και των λεκτικών περιγραφών δεν διαθέτει θεωρητικό υπόβαθρο
- Οι βαρύτητες των κριτηρίων ορίζονται πριν οριστεί η κλίμακα μέτρησης για τα κριτήρια, με αποτέλεσμα ο αποφασίζοντας να αναγκάζεται να πραγματοποιεί δηλώσεις περί της σχετικής σημαντικότητας των επιλογών χωρίς να ξέρει τι συγκρίνεται
- Η εισαγωγή νέων επιλογών μπορεί να αναστρέψει την ταξινόμηση των παλαιών επιλογών (**rank reversal phenomenon**), δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα αξιοπιστίας
- Τα αξιώματα της Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης δεν είναι αρκετά καθαρά ώστε να ελεγχθούν εμπειρικά

Παρόλα αυτά, η μέθοδος AHP είναι μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης διεθνώς

Εναλλακτικές Προσεγγίσεις

- Έχει επιχειρηθεί να αναπτυχθούν **βελτιωμένες εκδοχές** της προσέγγισης AHP που εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματά της αποφεύγοντας μερικά από τα αρνητικά της σημεία
- Οι περισσότερες εναλλακτικές προσεγγίσεις που αναπτύχθηκαν διαφοροποιούνται στην εξαγωγή και την μετέπειτα σύνθεση των δυαδικών συγκρίσεων
- Οι πιο γνωστές εναλλακτικές προσεγγίσεις που συναντώνται είναι:
 - Η **μέθοδος REMBRANDT**
 - Η **μέθοδος MACBETH**
- Η μέθοδος REMBRANDT χρησιμοποιεί ένα άμεσο λογαριθμικό σύστημα βαθμολόγησης, αντικαθιστώντας την εννιαβάθμια κλίμακα της μεθόδου AHP και διαφοροποιεί τον τρόπο σύνθεσης (στηριζόμενη στο γεωμετρικό μέσο για την αναγνώριση των βαρυτήτων και βαθμολογιών στους πίνακες σύγκρισης)

Πίνακας Περιεχομένων

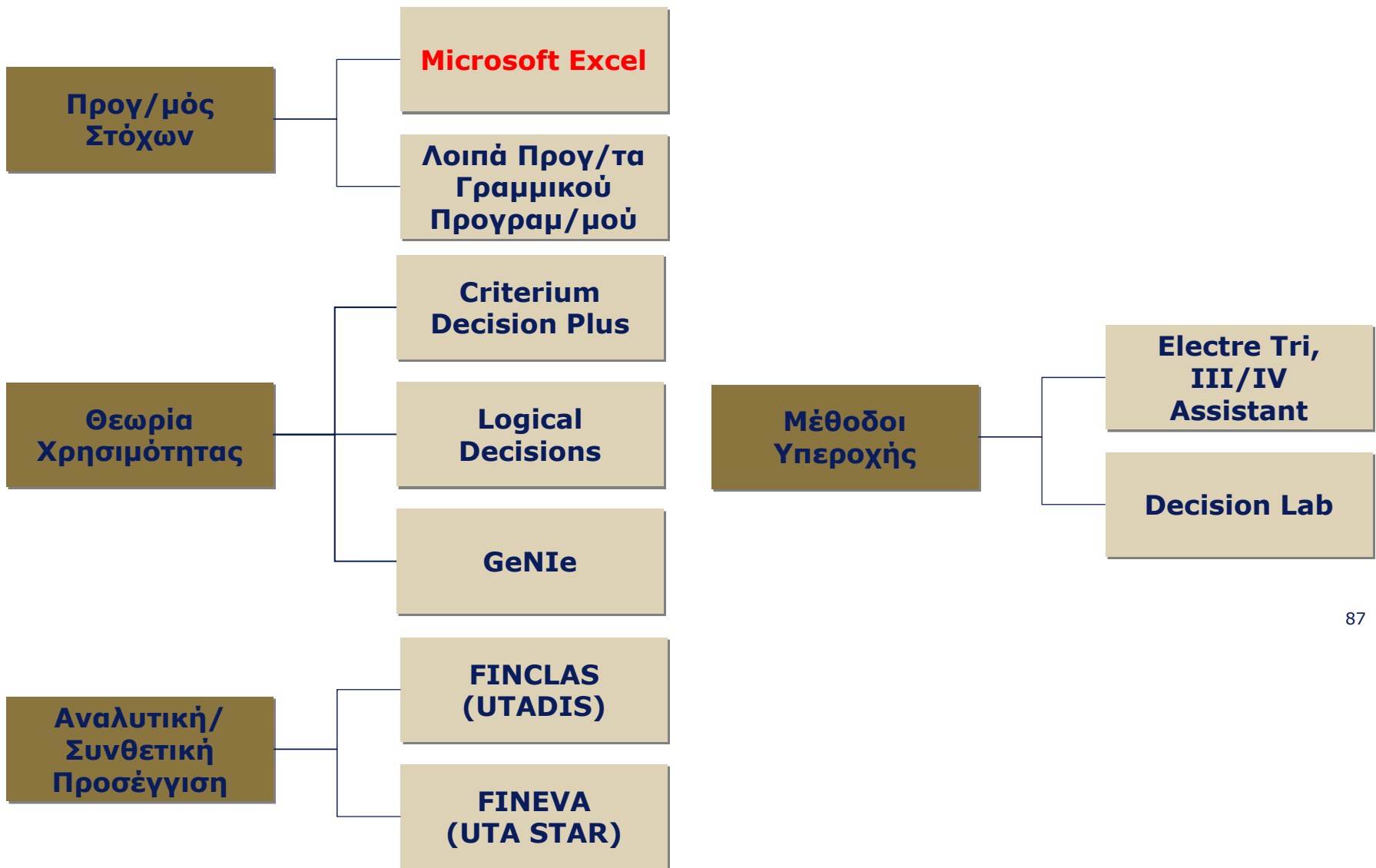
- **Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Ανάλυση & τη Λήψη Αποφάσεων**
- **Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)**
- **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης**
- **Εφαρμογές Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

Επιλογή Λογισμικού ERP σε Ελληνική Επιχείρηση

Πίνακας Περιεχομένων

- **Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Ανάλυση & τη Λήψη Αποφάσεων**
- **Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)**
- **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης**
- **Εφαρμογές Πολυκριτήριας Ανάλυσης**
- **Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

Εργαλεία Πολυκριτήριας Ανάλυσης



Εργαλεία Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης

