



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ**  
**& ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ**  
**ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ**

**ΤΕΥΧΟΣ Ι**

**Ευριπίδης Ν. Λουκής**  
**Επικ. Καθηγητής**

**Επιμέλεια:**  
**Φραγκιαδάκης Ιωάννης**  
**Δρογκάρης Προκόπης**

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Λήψη αποφάσεων στη σύγχρονη επιχείρηση

Συχνά στην σύγχρονη επιχείρηση ή δημόσιο οργανισμό παρουσιάζονται:

- αρνητικά γεγονότα ή εξελίξεις που δημιουργούν προβλήματα ή απειλές (π.χ. πτώση πωλήσεων, υποκατάσταση τοπικού προϊόντος και κλείσιμο επιχειρήσεων, κλπ.), και εάν δεν αντιμετωπισθούν → αρνητικά αποτελέσματα και επιπτώσεις (π.χ. σοβαρή μείωση εσόδων, αύξηση εξόδων, μείωση κερδών, αύξηση ανεργίας, κλπ.),

- θετικά γεγονότα ή εξελίξεις που δημιουργούν ευκαιρίες (π.χ. νέες τεχνολογίες παραγωγής, νέες αγορές, νέες ανάγκες προϊόντων/υπηρεσιών σε κάποια άτομα ή επιχειρήσεις, νέες τεχνολογίες συναλλαγών πολιτών/επιχειρήσεων με τις επιχειρήσεις και το δημόσιο, κλπ.), και εάν αξιοποιηθούν κατάλληλα → θετικά αποτελέσματα και επιπτώσεις (π.χ. αύξηση εσόδων, μείωση εξόδων, αύξηση κερδών, μείωση ανεργίας, αύξηση εισοδήματος, βελτίωση περιβάλλοντος, κ.λ.π.),

- ή απλώς κάποιες καταστάσεις όπου πρέπει να επιλέξουμε τον βέλτιστο τρόπο επίτευξης ενός επιθυμητού αποτελέσματος (π.χ. αποφάσεις ‘make or buy’, επιλογή βέλτιστου τρόπου μεταφοράς κάποιων εμπορευμάτων από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β, κλπ.).

Στις περιπτώσεις αυτές είναι απαραίτητο να ληφθούν οι ορθές αποφάσεις όσο το δυνατόν ταχύτερα. Η λήψη όλων αυτών των αποφάσεων περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στάδια:

- διάγνωση προβλήματος, απειλής ή ευκαιρίας (Business Intelligence),

- προσδιορισμός εναλλακτικών επιλογώνλύσεων (Design of Alternatives),
- αξιολόγησή τους (ως προς την αποτελεσματικότητα, με βάση κάποια κριτήρια),
- και τελικά επιλογή βέλτιστης εναλλα(Choice/Selection)

Οι λαμβανόμενες σε μία επιχείρηση ή δημόσιο οργανισμό αποφάσεις διαιρούνται ως προς το ιεραρχικό τους επίπεδο σε τρεις κατηγορίες:

- Αποφάσεις καθημερινής λειτουργίας – επιπέδου υπαλλήλου (Operational), π.χ. αποφάσεις παραγγελίας πρώτων υλών/εμπορευμάτων, αποφάσεις χορήγησης δανείων, αποφάσεις τιμής προσφοράς προς έναν πελάτη, κλπ.

- Αποφάσεις τακτικές - επιπέδου Διευθυντή (Tactical – Managerial), π.χ. αγορά νέου μηχανήματος, εξωτερική προμήθεια ή εσωτερική κατασκευή (make or buy), άνοιγμα νέου υποκαταστήματος, κλπ.

- Αποφάσεις στρατηγικές - επιπέδου ανωτάτων στελεχών – διοίκησης (Strategic), π.χ. νέα προϊόντα, νέα εργοστάσια, επέκταση σε άλλες χώρες, κλπ.

Επίσης οι λαμβανόμενες αποφάσεις ως προς τον βαθμό δόμησής τους διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Δομημένες (Structured): συνηθισμένες, επαναλαμβανόμενες αποφάσεις, συνεπώς υπάρχει σχετική εμπειρία (ή και τυποποιημένες διαδικασίες) όσον αφορά την λήψη των αποφάσεων αυτών και συγκεκριμένα για κάθε ένα από τα παραπάνω τέσσερα βασικά στάδια ποιά δεδομένα πρέπει να λάβω υπ' όψιν και ποιές επεξεργασίες αυτών να πραγματοποιήσω για να λάβω την απόφαση, π.χ. απόφαση αναπαραγγελίας μιας πρώτης ύλης. Για τις δομημένες αποφάσεις υπάρχει δυνατότητα πλήρους αυτοματοποίησης από ηλεκτρονικό υπολογιστή (ενδεχομένως με τελική επιβεβαίωση χρήστη).

- Μη Δομημένες (Unstructured): αποφάσεις που δεν είναι συνηθισμένες και επαναλαμβανόμενες (συνήθως πολύπλοκες και κρίσιμες), για τις οποίες δεν υπάρχει εμπειρία όσον αφορά την λήψη τους, δηλαδή για κάθε στάδιο ποιά δεδομένα πρέπει να λάβω υπ' όψιν μου και ποιές επεξεργασίες να σε πραγματοποιήσω σε αυτά, αλλά τα παραπάνω είναι στην κρίση του αποφασίζοντος, ο οποίος:

- |  |   |                 |
|--|---|-----------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. βλέπει κάποια πρώτα δεδομένα</li><li>2. πραγματοποιεί κάποιες πρώτες επεξεργασίες τους</li><li>3. εξάγει κάποια πρώτα συμπεράσματα</li><li>4. βάσει αυτών: go to 1 – επανάληψη του κύκλου</li></ol> | } | κύκλος απόφασης |
|--|---|-----------------|

π.χ. αποφάσεις για νέα προϊόντα, νέες (όχι πλήρως δοκιμασμένες) τεχνολογίες παραγωγής, κλπ. Οι μη δομημένες αποφάσεις δεν είναι μεν δυνατό να αυτοματοποιηθούν πλήρως από ηλεκτρονικό υπολογιστή, είναι όμως δυνατόν να υποβοηθηθούν - υποστηριχθούν αποτελεσματικά από ηλεκτρονικό υπολογιστή (decision support), όσον αφορά τόσο στην πρόσβαση στα αναγκαία δεδομένα όσο και στην επεξεργασία τους.

- Ημιδομημένες (Semistructured): μία τρίτη κατηγορία αποφάσεων, που βρίσκεται μεταξύ των δύο παραπάνω κατηγοριών, και περιλαμβάνει αποφάσεις για τις οποίες υπάρχει κάποια χονδρικού επιπέδου εμπειρία, όχι όμως και συγκεκριμένα και λεπτομερή βήματα π.χ. προγραμματισμός παραγωγής

Οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σε μία επιχείρηση μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν και ως προς την επιχειρησιακή λειτουργία την οποία αφορούν, π.χ. αποφάσεις εμπορικές, οικονομικές, τεχνολογικές, παραγωγής, προμηθειών, κλπ..

Σήμερα η λήψη αποφάσεων τείνει να αποκεντρωθεί (λόγω του μεγάλου αριθμού και της υψηλής πολυπλοκότητάς τους), συνεπώς όλο και περισσότεροι εργαζόμενοι πρέπει να λαμβάνουν αποφάσεις. Επίσης η σημασία των αποφάσεων αυτών συνεχώς αυξάνει, λόγω του- υψηλού ανταγωνισμού – διεθνοποίησης → πολλές ευκαιρίες και απειλές, των πολλών και συνεχώς εξελισσόμενων εναλλακτικών τεχνολογιών, προμηθευτών, αγορών, προϊόντων – υπηρεσιών, κλπ. Επί πλέον λόγω των ταχύτατων αλλαγών δεν υπάρχουν χρονικά περιθώρια απόκτησης εμπειρίας στην

λήψη πολλών κατηγοριών αποφάσεων. Για τους παραπάνω λόγους η χρήση πληροφοριακών συστημάτων (ΠΣ) για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων στην σύγχρονη επιχείρηση – δημόσιο οργανισμό είναι κρίσιμης σημασίας για την αποτελεσματικότητα και την όλη επιτυχία τους.

### **1.2. Ορισμός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ)**

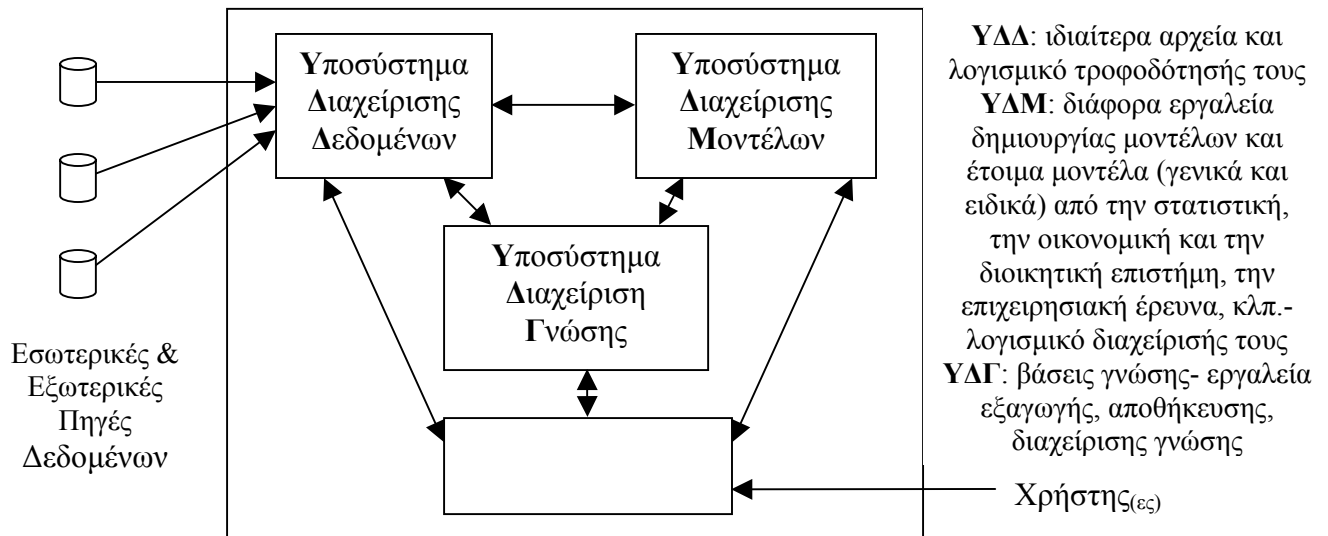
Ως Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) ορίζεται ένα πληροφοριακό σύστημα που υποστηρίζει την λήψη ημιδομημένων και αδόμητων αποφάσεων, οι οποίες δεν μπορούν να περιγραφούν αλγοριθμικά όσον αφορά τα δεδομένα και τις επεξεργασίες που απαιτούνται για την λήψη τους. Ένα ΣΥΑ έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Υποβοηθά τους αποφασίζοντες (χωρίς να τους υποκαθιστά) ‘επεκτείνοντας τις δυνατότητές τους’ (extending their capabilities), και συγκεκριμένα:
  - επιταχύνοντας την αναζήτηση δεδομένων
  - επιταχύνοντας την επεξεργασία δεδομένων
  - ενισχύοντας την εξαγωγή συμπερασμάτων
  - ενισχύοντας τη μνήμη του αποφασίζοντος
  - ενισχύοντας τις γνώσεις του αποφασίζοντος (π.χ. μέσω παροχής πρόσβασης σε σχετικές γνώσεις άλλων)
- Είναι εύκολο και φιλικό (συνήθως παρέχει Γραφική Διεπαφή Χρήστη –GUI) προσαρμόσιμο στις ανάγκες, στις αξίες και στην διάθεση απέναντι στον κίνδυνο του αποφασίζοντος, ενσωματώνει γνώση αυτού ή των άλλων (δεδομένα, μοντέλα, επεξεργασίες, κανόνες κ.λ.π.), δυνατότητες αλληλεπίδρασης με χρήστη
- Υποστηρίζει τον συνδυασμό των ανθρώπινων διανοητικών ικανοτήτων με τις δυνατότητες του Η/Υ για την βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων (‘Decision Systems couple the intellectual resources of individuals with the capabilities of computers to improve the quality of decisions’).

- Μπορεί να υποστηρίξει ημιδομημένες ή και αδόμητες αποφάσεις ενός ή και περισσότερων ιεραρχικών επιπέδων, τόσο ατομική όσο και ομαδική λήψη αποφάσεων (πολύ συνηθισμένη σήμερα λόγω υψηλής πολυπλοκότητας των προβλημάτων και των αποφάσεων των σύγχρονων επιχειρήσεων)

### 1.3. Δομή Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ)

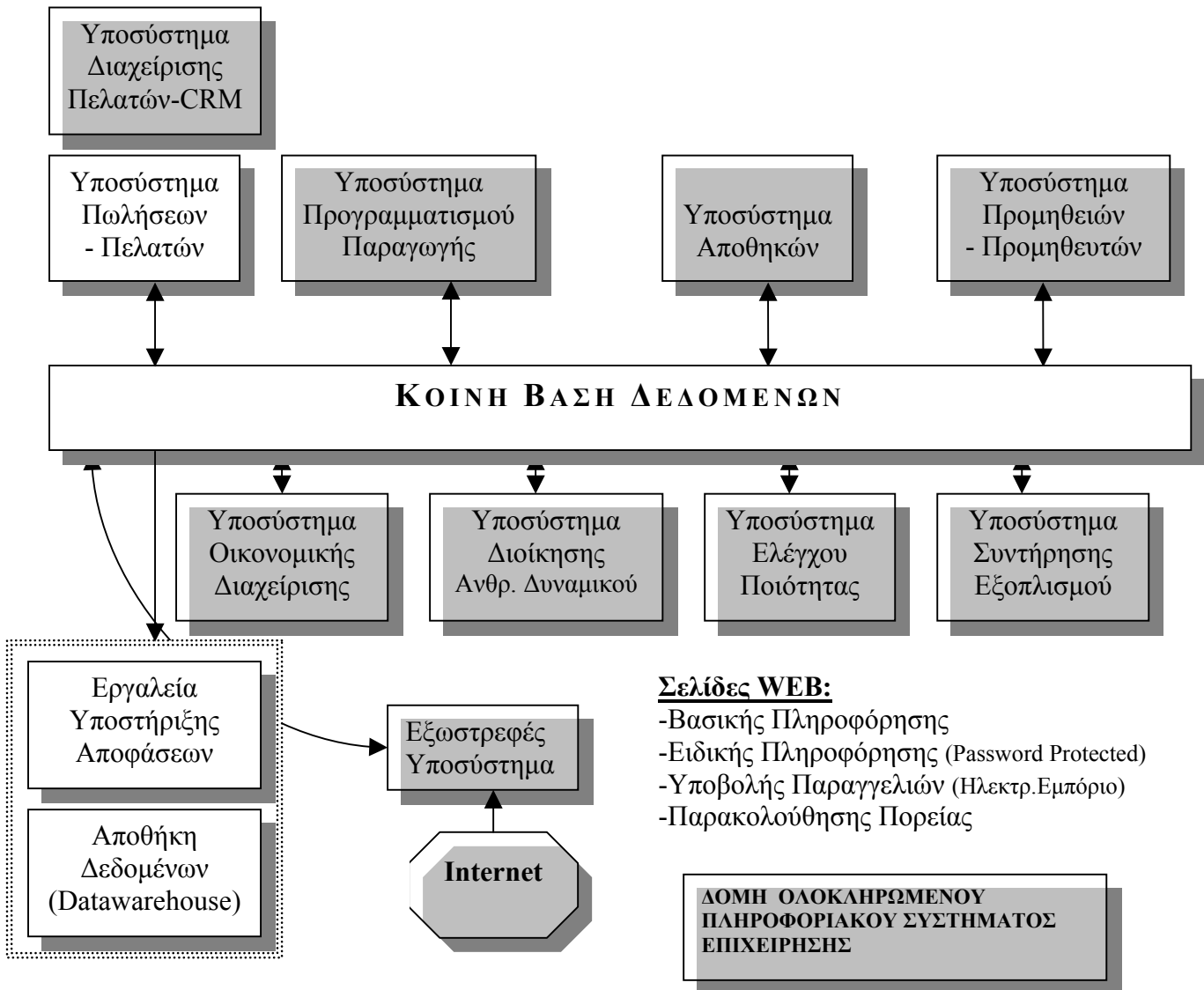
Η δομή και τα βασικά υποσυστήματα ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, συνήθως αποτελεί ένα υποσύστημα του Ολοκληρωμένου Πληροφοριακού Συστήματος (ΟΠΣ) της επιχείρησης. Το ΟΠΣ περιλαμβάνει επιπροσθέτως και μία σειρά 'διεκπεραιωτικών υποσυστημάτων' (operational subsystems), κάθε ένα από τα οποία υποστηρίζει την διεκπεραίωση (= τις τυποποιημένες εργασίες) μίας λειτουργίας (ή ενός μέρους μίας λειτουργίας) της επιχείρησης. Τα διεκπεραιωτικά αυτά υποσυστήματα βασίζονται σε μία κοινή βάση δεδομένων, μέσω της οποίας ανταλλάσσουν δεδομένα.

Το υποσύστημα υποστήριξης αποφάσεων, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (κάτω αριστερά), συνδέεται με τα παραπάνω διεκπεραιωτικά υποσυστήματα, συνήθως μέσω άντλησης αναλυτικών δεδομένων από την παραπάνω κοινή βάση δεδομένων, και υπολογισμού από αυτά των κατάλληλων συγκεντρωτικών δεδομένων για την υποστήριξη της λήψης των διαφόρων αποφάσεων. Τα συγκεντρωτικά αυτά

δεδομένα τελικά αποθηκεύονται στην 'αποθήκη δεδομένων' (data warehouse) του υποσυστήματος υποστήριξης αποφάσεων.



**Υποσύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων**

Οι συνηθέστερες συνιστώσες ενός υποσυστήματος υποστήριξης αποφάσεων, πέραν της αποθήκης δεδομένων, είναι οι ακόλουθες:

- Εργαλεία αναλυτικής επεξεργασίας (On-line Analytical Processing Tools)
- Εργαλεία εξερεύνησης δεδομένων - δημιουργίας γνώσης (Data Mining Tools)
- Εργαλεία μοντελοποίησης προβλημάτων αποφάσεων - αποτελεσματικότητας (Decision Modeling Tools - Effectiveness Modeling Tools)
- Εργαλεία μοντελοποίησης αποφασίζοντος (User Modeling Tools)

## 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ

### 2.1 Βασικές Έννοιες

Ο ‘Κύκλος Λήψης Απόφασης’ περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Διάγνωση προβλήματος – ευκαιρίας και βαθύτερη κατανόηση
- Προσδιορισμός εναλλακτικών επιλογών
- Προσδιορισμός στόχων → κριτηρίων αξιολόγησης
- Αξιολόγηση εναλλακτικών επιλογών ως προς στόχους – κριτήρια
- Προσδιορισμός βέλτιστης επιλογής
- Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ενός προβλήματος αποφάσεων διακριτών επιλογών (το οποίο στην γενική περίπτωση περιλαμβάνει περισσότερες της μίας αποφάσεις) περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

I) Μοντελοποίηση του προβλήματος αποφάσεων (= δημιουργία μίας απλοποιημένης αναπαράστασης του προβλήματος, η οποία περιλαμβάνει τα βασικότερα στοιχεία του και μπορεί να αποθηκευθεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή), πράγμα το οποίο απαιτεί μία μεθοδολογία μοντελοποίησης

II) Επίλυση του παραπάνω μοντέλου και προσδιορισμός της βέλτιστης σειράς επιλογών (περιλαμβάνει την βέλτιστη επιλογή για κάθε επί μέρους απόφαση του συγκεκριμένου προβλήματος αποφάσεων), πράγμα το οποίο απαιτεί κατάλληλο αλγόριθμο επίλυσης του μοντέλου

III) Ανάλυση κινδύνου (risk analysis) της βέλτιστης σειράς αποφάσεων, αλλά και άλλων σειρών αποφάσεων, πράγμα το οποίο επίσης απαιτεί κατάλληλο αλγόριθμο

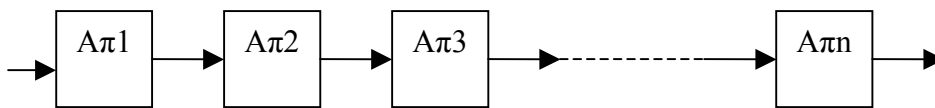


IV) Ανάλυση ευαισθησίας, στην οποία εξετάζεται εάν μικρές αλλαγές κάποιων σταθερών του μοντέλου (του βήματος I) έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή της προτεινομένης βέλτιστης σειράς επιλογών (που προκύπτει από το βήμα II)

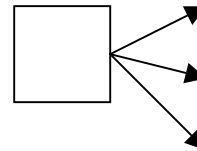
Συνεπώς ένα εργαλείο ανάλυσης προβλημάτων αποφάσεων διακριτών επιλογών πρέπει να περιλαμβάνει συνιστώσες υποστήριξης των τεσσάρων παραπάνω βημάτων.

Τα βασικά στοιχεία ενός προβλήματος αποφάσεων διακριτών επιλογών, τα οποία πρέπει να περιληφθούν στο μονέλο του, είναι τα εξής:

1. στόχοι (Objectives): συχνά πολλοί & αλληλοσυγκρουόμενοι
2. επί μέρους αποφάσεις (Sequence of Decisions):

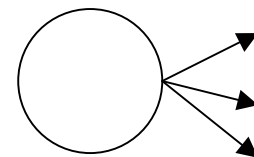


για κάθε μία από αυτές τις αποφάσεις υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές επιλογές (*alternatives*) - κάθε εναλλακτική επιλογή χαρακτηρίζεται από μία ονομασία

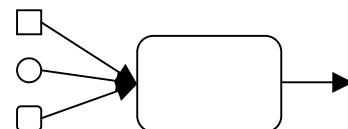


3. αβέβαια γεγονότα (Uncertain Events), για τα οποία έχουμε περιορισμένη γνώση ή/και είναι εκτός ελέγχου μας εξαρτώμενα από άλλους –

για κάθε αβέβαιο γεγονός υπάρχουν ένα αριθμός πιθανών ενδεχομένων – κάθε ενδεχόμενο χαρακτηρίζεται από μία ονομασία και από μία πιθανότητα



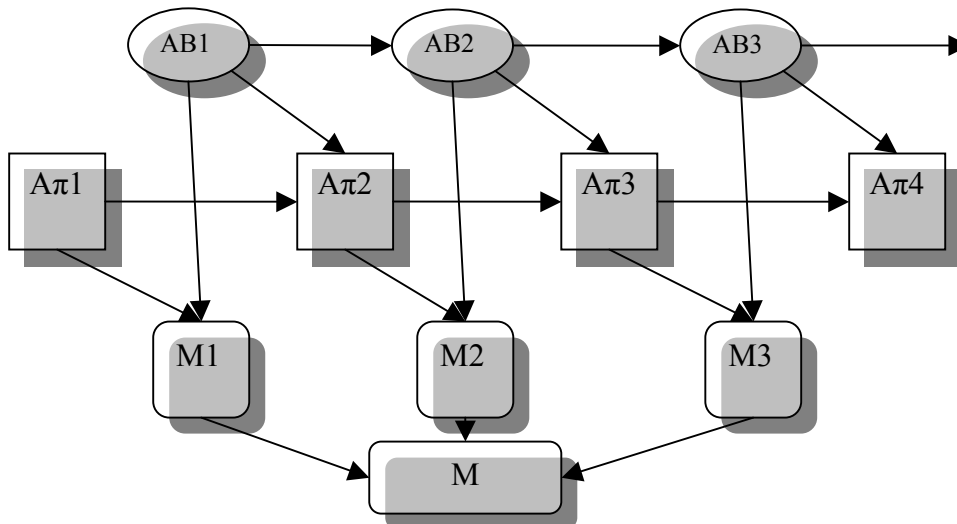
4. μεγέθη (Values) : Ενδιάμεσα μεγέθη και τελικά μεγέθη (= μέτρα βαθμού επίτευξης στόχων)



Ένα πρόβλημα αποφάσεων διακριτών επιλογών μπορεί να μοντελοποιηθεί σε δύο επίπεδα:

- αρχικά με την μορφή ενός ‘διαγράμματος επιρροής’ (influence diagram) το οποίο αποτελεί μία ‘συμπυκνωμένη’ μοντελοποίηση
- και στην συνέχεια με την μορφή ενός ‘δένδρου αποφάσεων’ (decision tree) το οποίο αποτελεί μία περισσότερο περιεκτική και εκτεταμένη μοντελοποίηση

Η γενική μορφή του μοντέλου ενός προβλήματος αποφάσεων διακριτών επιλογών είναι η εξής (περιλαμβάνει έναν αριθμό επί μέρους αποφάσεων  $A_{π1}, A_{π2}, \dots, A_{πn}$ , έναν αριθμό αβέβαιων γεγονότων  $AB_1, AB_2, \dots, AB_n$ , έναν αριθμό ενδιάμεσων μεγεθών  $M_1, M_2, \dots, M_n$  και το τελικό μέγεθος  $M$  το οποίο αποτελεί μέτρο του βαθμού επίτευξης του τελικού στόχου) :



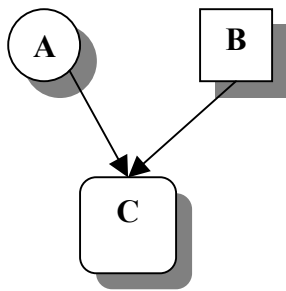
## 2.2 Διαγράμματα Επιρροής (Influence Diagrams)

Αποτελούν ένα πρώτο επίπεδο συμπυκνωμένης μοντελοποίησης ενός προβλήματος αποφάσεων. Το συγκεκριμένο πρόβλημα αποφάσεων μοντελοποιείται ως ένας Γράφος (Graph) που:

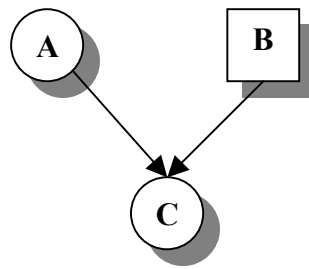
- έχει ως κόμβους τις επί μέρους αποφάσεις, τα αβέβαια γεγονότα, τα ενδιάμεσα μεγέθη και τα τελικά μεγέθη,
- ενώ ως κλάδους έχει τις επιρροές μεταξύ αυτών των κόμβων,

- δεν απεικονίζονται άμεσα οι εναλλακτικές επιλογές κάθε απόφασης και τα πιθανά ενδεχόμενα κάθε αβέβαιου γεγονότος (αποθηκεύονται στους 'πίνακες' των αντίστοιχων κόμβων).

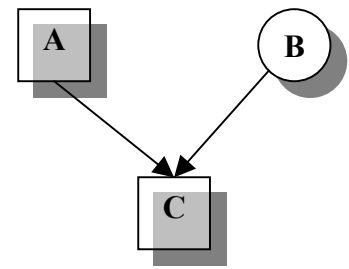
Βασικές μορφές επιρροής:



Το μέγεθος C εξαρτάται:  
 - από την απόφαση B (δηλ. την επιλογή)  
 - το αβέβαιο γεγονός A (την έκβασή του)



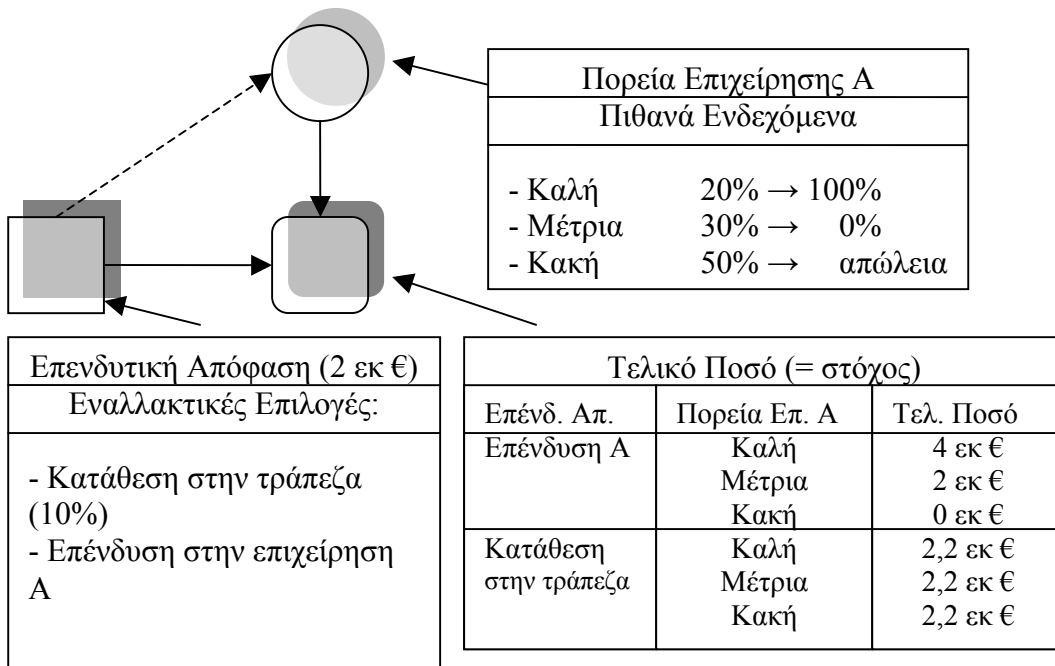
Οι πιθανότητες των πιθανών ενδεχομένων του C εξαρτώνται από:  
 - το αβέβαιο γεγονός A (έκβαση)  
 - την απόφαση B (επιλογή)



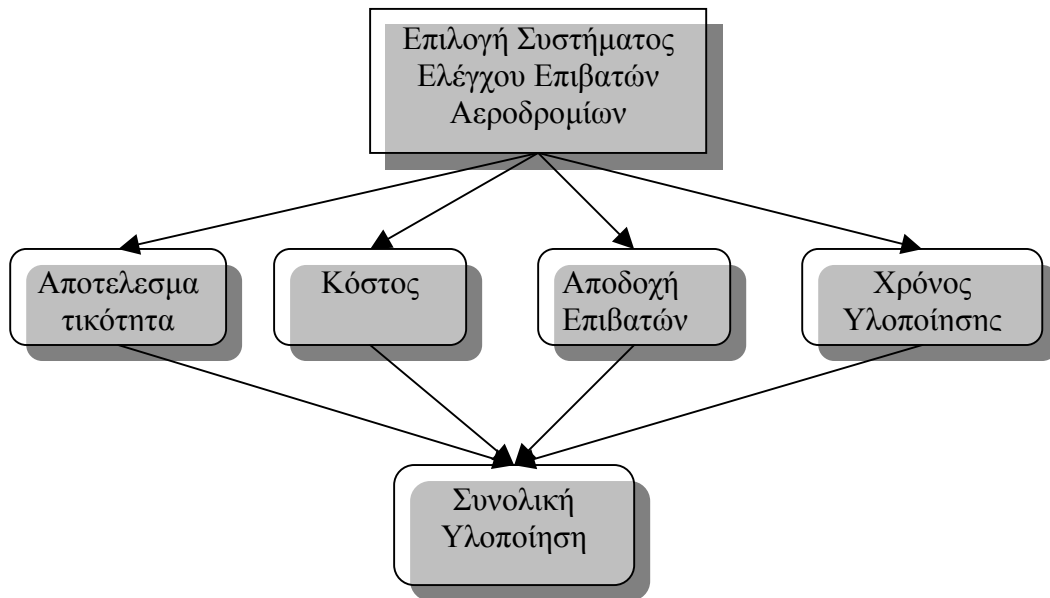
Η απόφαση C έπεται της έκβασης του B και της επιλογής στην απόφαση A  
 → ο αποφασίζων την C τα γνωρίζει

Παραδείγματα:

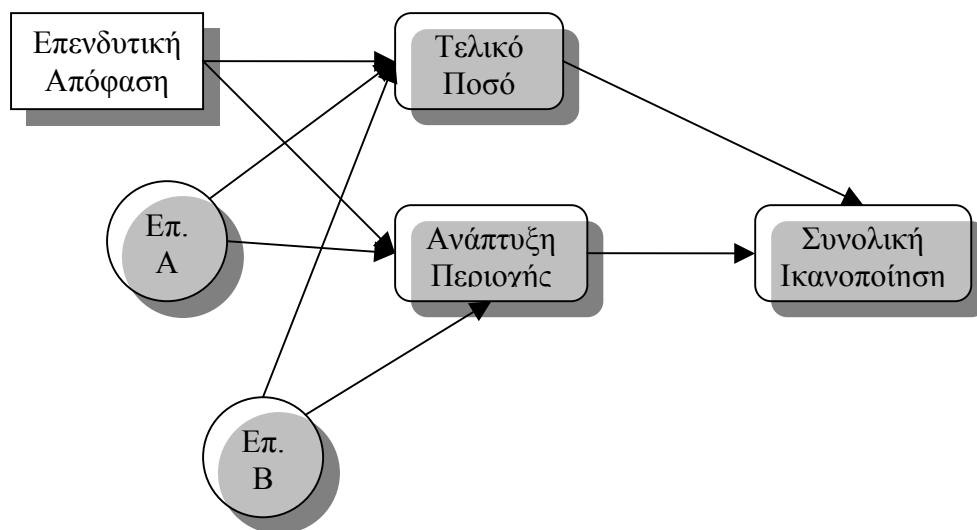
1) Επενδυτική απόφαση



**2) Απόφαση πολλαπλών στόχων (Multiobjective) χωρίς αβεβαιότητα**



**3) Πρόβλημα πολλαπλών στόχων με αβεβαιότητα**

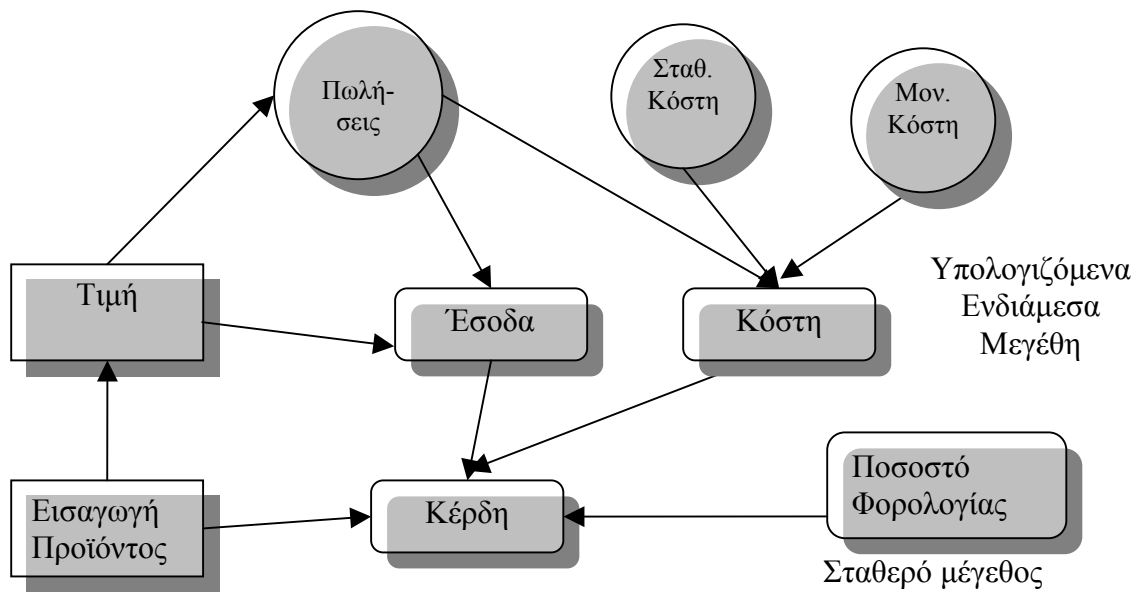
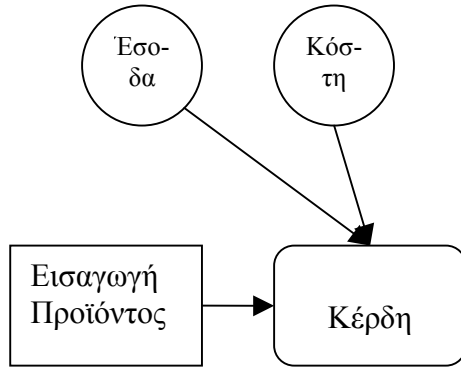


Στο πρόβλημα αυτό ο αποφασίζων έχει δύο στόχους:

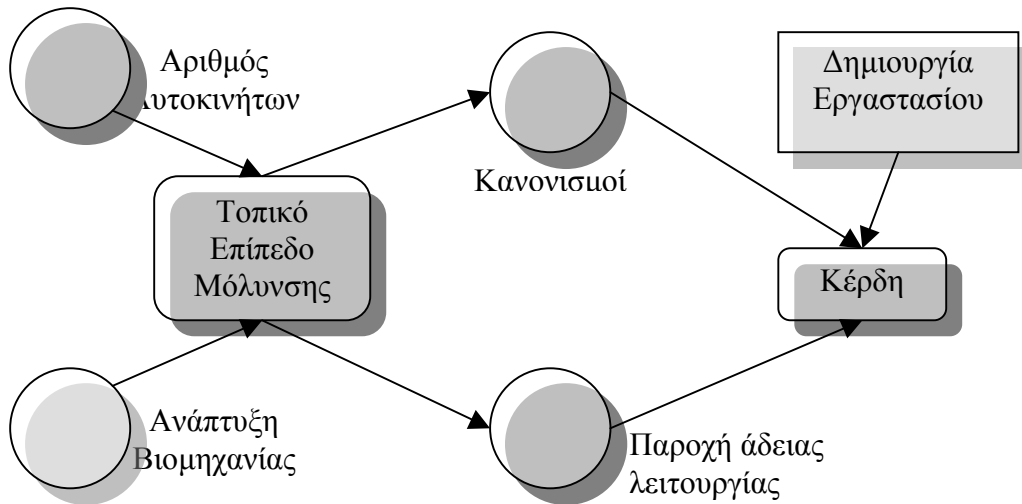
- μεγιστοποίηση του αρχικού ποσού του
- μεγιστοποίηση τοπικής ανάπτυξης της περιοχής

Επίσης υπάρχουν δύο αβέβια γεγονότα: η πορεία της επιχείρησης Α και η πορεία της επιχείρησης Β, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εναλλακτικών επενδυτικών επιλογών του αποφασίζοντος.

4 ) **Πρόβλημα Αποφάσεων Εισαγωγής Προϊόντος** (όπως συχνά συμβαίνει στην πράξη αρχικά δημιουργήσαμε ένα απλό μοντέλο – διάγραμμα επιρροής για το πρόβλημά μας, και στην συνέχεια ένα συνθετότερο και περιεκτικότερο)

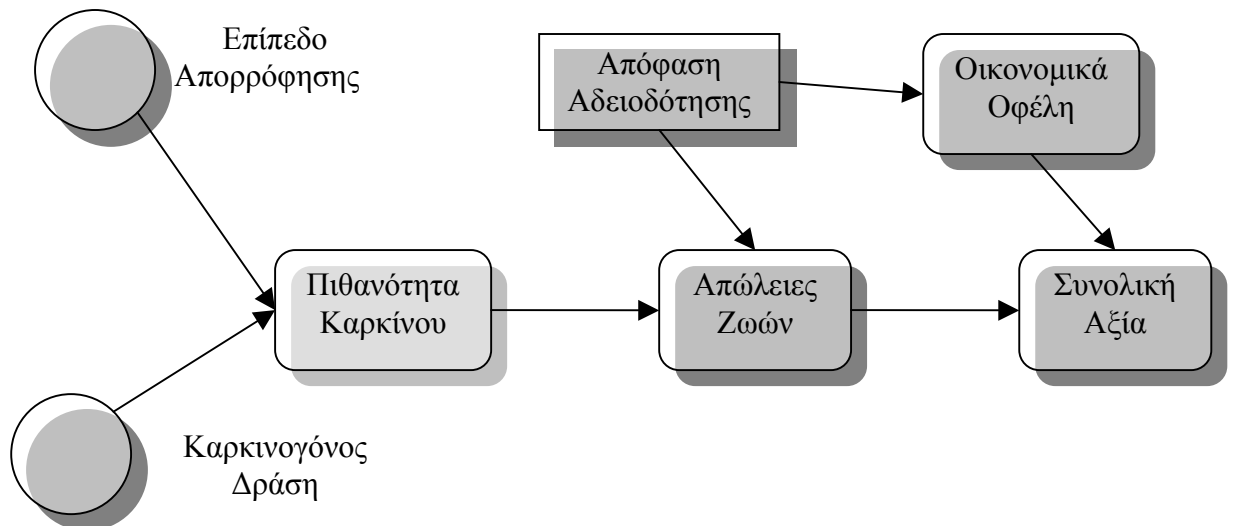


5) **Πρόβλημα Απόφασης Δημιουργίας Εργοστασίου** (σε περιβαλλοντικά βεβαρυμένη περιοχή)



6) Πρόβλημα απόφασης αδειοδότησης νέου γεωργικού φαρμάκου

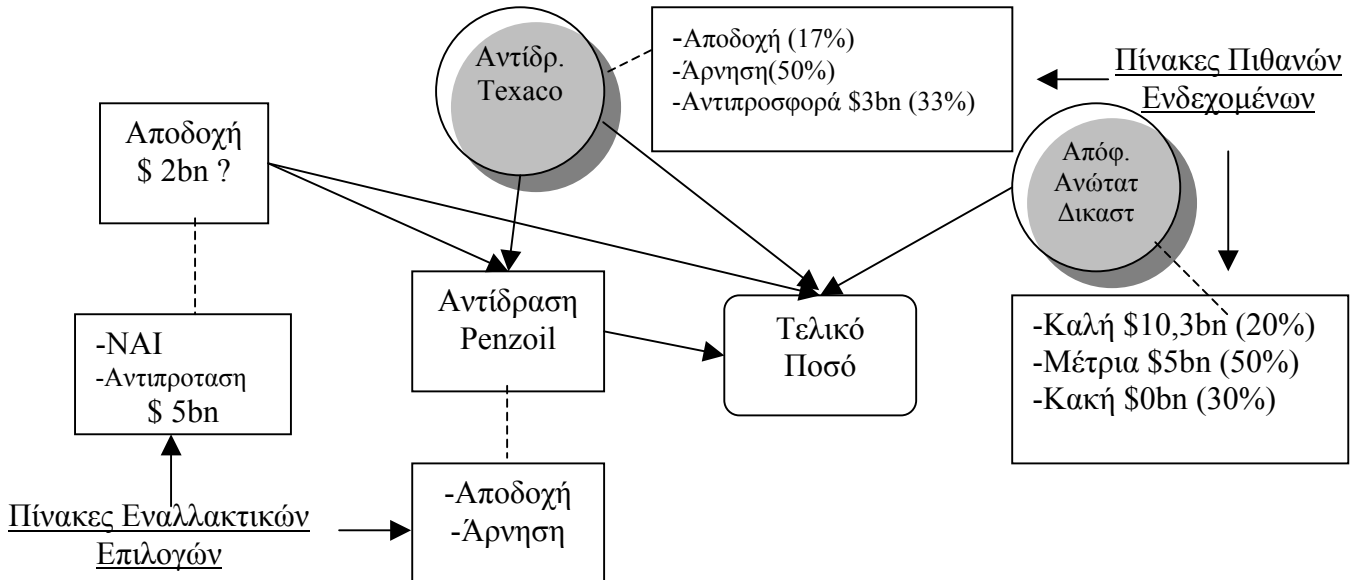
- Εναλλακτικές Επιλογές: άδεια ελεύθερης χρήσης, άδεια περιορισμένης χρήσης, απαγόρευση χρήσης
- Αβεβαιότητες: πιθανολογείται ότι είναι καρκινογόνο (με πολύ μικρή, αλλά υπαρκτή, πιθανότητα)



Επισημαίνεται ότι ένα μοντέλο ενός προβλήματος αποφάσεων (είτε με μορφή διαγράμματος επιρροής, είτε με μορφή δένδρου αποφάσεων) αναπαριστά την τρέχουσα εικόνα του αποφασίζοντος για τα βασικά (σημαντικά) στοιχεία του

προβλήματος, συνεπώς μπορεί να αλλάζει με την πάροδο του χρόνου (π.χ. εάν ο αποφασίζων μελετά το πρόβλημα βαθύτερα και έτσι βελτιώνει – εμπλουτίζει την εικόνα του για αυτό), καθώς επίσης και να διαφέρει από άτομο σε άτομο.

### 7) Πρόβλημα Απόφασης του Προέδρου της πετρελαϊκής εταιρείας Penzoil



### 2.3 Δένδρα Αποφάσεων (Decision Trees)

Αποτελούν ένα δεύτερο επίπεδο μοντελοποίησης ενός προβλήματος αποφάσεων, το οποίο είναι εκτενέστερο, περιεκτικότερο αλλά και πολυπλοκότερο από τα διαγράμματα επιρροής. Περιλαμβάνουν επιπλέον ως κλάδους και τις εναλλακτικές επιλογές κάθε απόφασης, καθώς επίσης και τα πιθανά ενδεχόμενα κάθε αβέβαιου γεγονότος. Η διάταξη των κόμβων σε ένα δένδρο αποφάσεων είναι βάσει της χρονικής σειράς των διαφόρων αποφάσεων και τυχαίων γεγονότων:

- εξ αριστερών (όπου τοποθετείται ο κόμβος της πρώτης χρονικά απόφασης ή τυχαίου γεγονότος)
- προς τα δεξιά (όπου τοποθετούνται με χρονική σειρά οι μεταγενέστερες αποφάσεις ή τυχαία γεγονότα), ενώ στο δεξιό άκρο τοποθετούνται όλοι οι κόμβοι των τελικών μεγεθών (= μέτρα βαθμού επίτευξης στόχων).

Στα δένδρα απόφασης (εν αντιθέσει με τα διαγράμματα επιρροής) δεν υπάρχουν κόμβοι για τα ενδιάμεσα μεγέθη.

Βασικοί κανόνες για την δημιουργία δένδρων αποφάσεων είναι οι εξής:

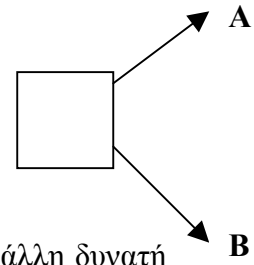
- Σε κάθε απόφαση οι εναλλακτικές επιλογές πρέπει να είναι αμοιβαία αποκλειόμενες (*mutually exclusive*) =

μπορώ να επιλέξω μία και μόνο μία από αυτές:

- είτε A, είτε B, όχι όμως A και B

- εάν μπορώ να επιλέξω A και B ταυτόχρονα  $\rightarrow 3^1$  επιλογή

- εάν είναι δυνατόν να μην κάνω τίποτα – καμία ενέργεια = μία άλλη δυνατή επιλογή



- Σε κάθε τυχαίο γεγονός η έκβασή του μπορεί να μοντελοποιηθεί:

- είτε με μία διακριτή τυχαία μεταβλητή  $\rightarrow$  διακριτά πιθανά ενδεχόμενα

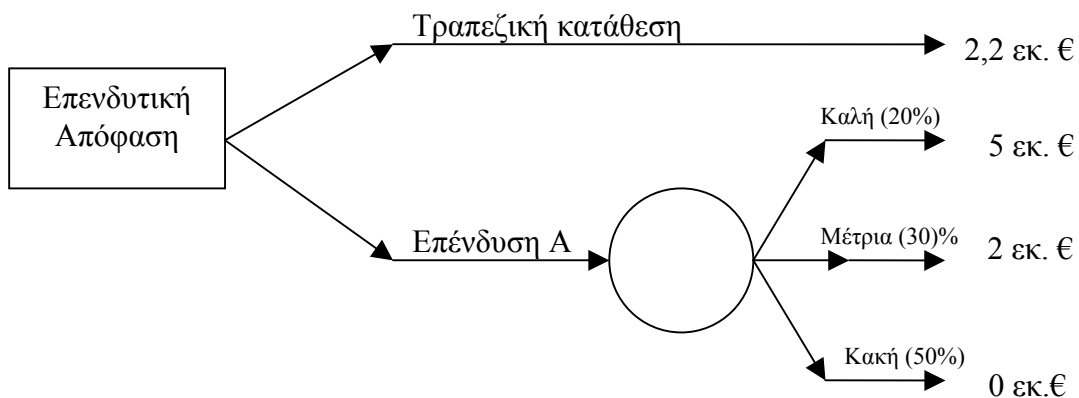
- είτε με μία συνεχή τυχαία μεταβλητή  $\rightarrow$  συνεχές εύρος πιθανών ενδεχομένων

Πολλές φορές αν και ευρισκόμεθα στην δεύτερη περίπτωση προσεγγίζουμε την συνεχή τυχαία μεταβλητή με μια κατάλληλη διακριτή (για λόγους απλότητας)

- Τα διακριτά πιθανά ενδεχόμενα σε κάθε τυχαίο γεγονός πρέπει να είναι αμοιβαία αποκλειόμενα (*mutually exclusive*), δηλαδή ένα και μόνο ένα από αυτά να είναι δυνατό να συμβεί, καθώς επίσης και εξαντλητικά (*exhaustive*), δηλαδή να καλύπτουν κάθε πιθανή περίπτωση

### Παραδείγματα:

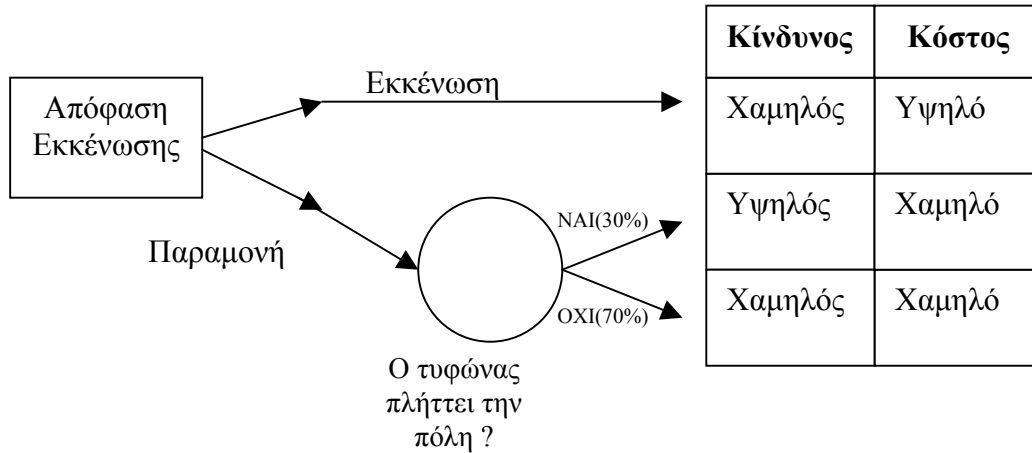
1) **Επενδυτική Απόφαση** (δένδρο απόφασης του 1<sup>ου</sup> παραδείγματος (επενδυτική απόφαση) της ενότητας 2.2 των διαγραμμάτων επιρροής)



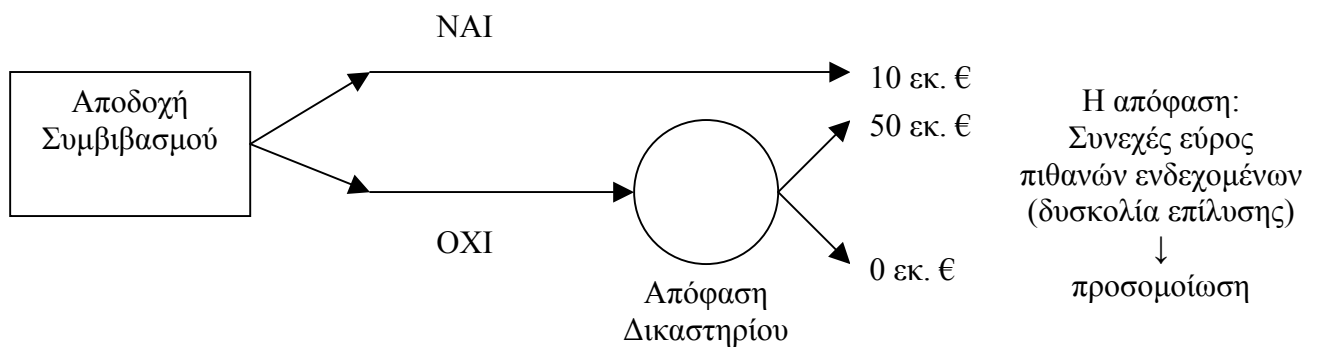


2) Απόφαση εκκένωσης μικρής πόλης λόγω επερχόμενου τυφώνα

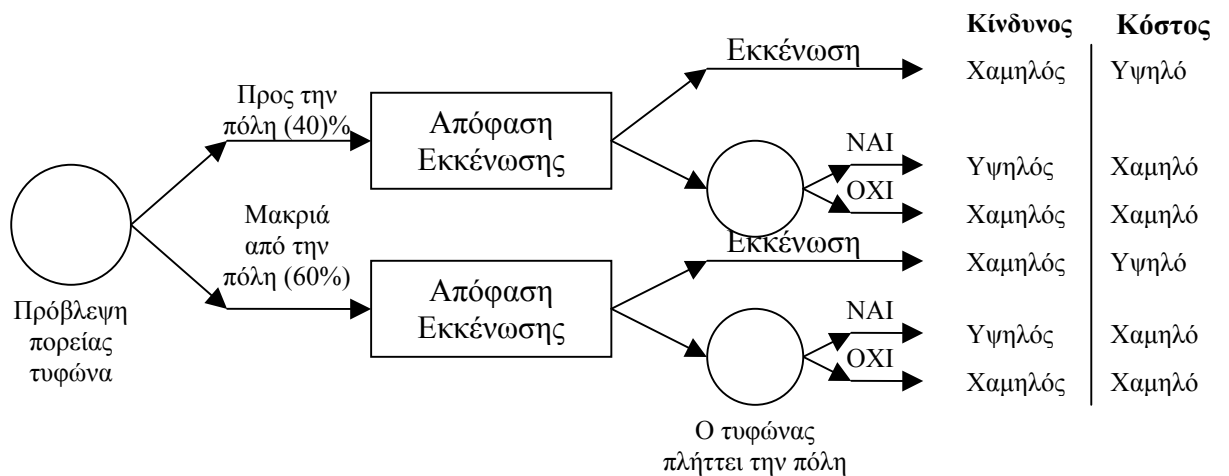
Στόχοι: Ελαχιστοποίηση κινδύνου ανθρωπίνων απωλειών και κόστους



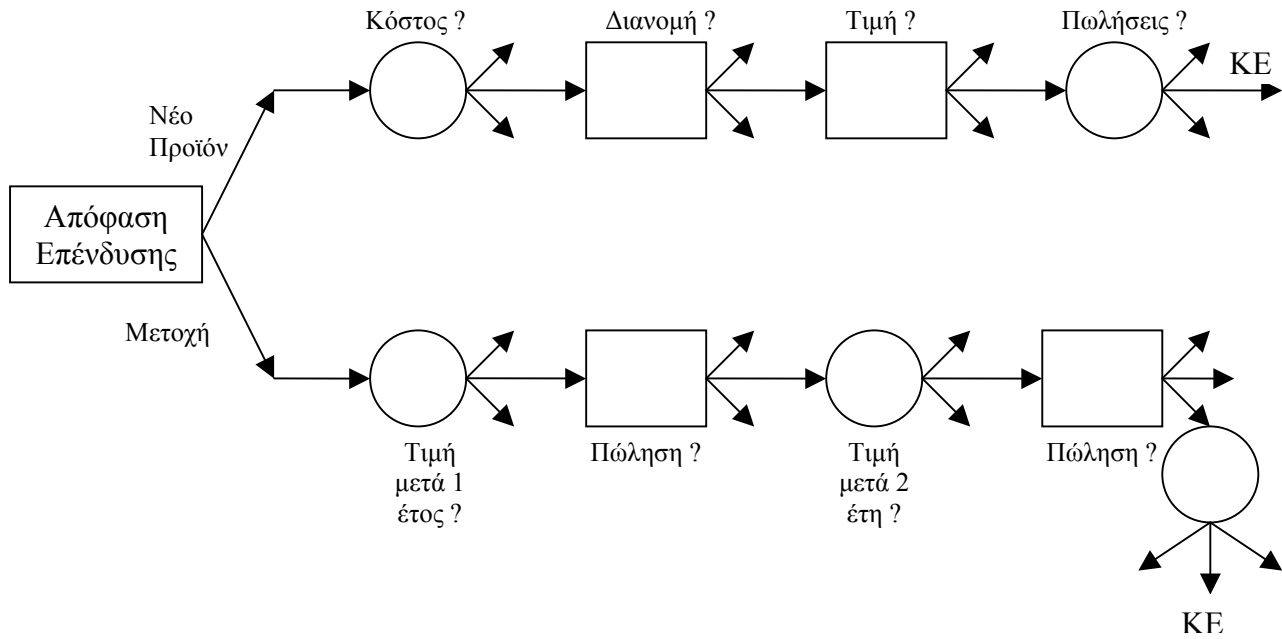
3) Απόφαση αποδοχής δικαστικού συμβιβασμού



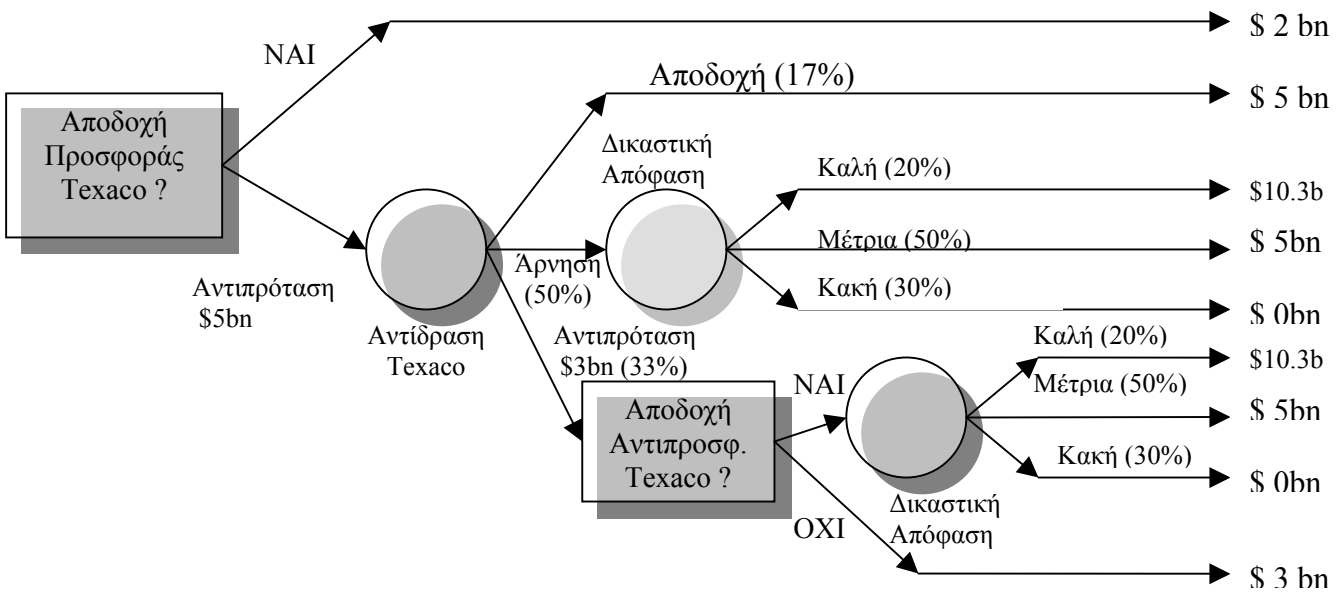
4) Απόφαση εκκένωσης μικρής πόλης λόγω επερχόμενου τυφώνα στην περίπτωση που πραγματοποιηθεί αρχική πρόβλεψη της πορείας του τυφώνα από την τοπική μετεωρολογική υπηρεσία (→ αρχικός κόμβος αβέβαιου γεγονότος)



5) Απόφαση Επένδυσης (Μοντέλο συμπυκνωμένης μορφής)



6) Πρόβλημα Απόφασης του Προέδρου της πετρελαϊκής εταιρείας Penzoil

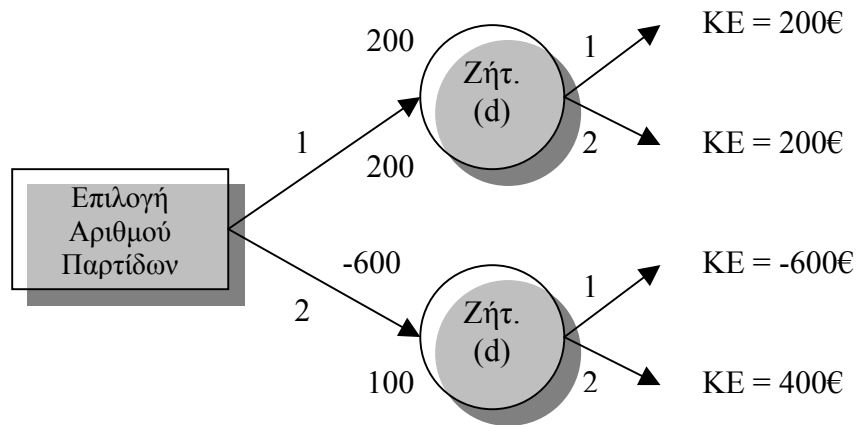


**2.4 Επίλυση Δένδρων Αποφάσεων : Κριτήρια**

Ένα σημαντικό πρόβλημα κατά την επίλυση δένδρων αποφάσεων είναι για κάθε αβέβαιο γεγονός ο τρόπος – κριτήριο υπολογισμού της τιμής του τελικού μεγέθους στόχου που προκύπτει

Π.χ. κάθε πρωί ένας παραγωγός μιας τροφής που πρέπει να καταναλωθεί αυθημερόν πρέπει να αποφασίσει εάν θα παράγει 1 ή 2 παρτίδες.

$K_{\text{παρτ}} = 800\text{€}$   $T_{\text{παρτ}} = 1000\text{€}$   $P(\text{demand}=1) = 30\%$   $P(\text{demand}=2) = 70\%$



1) Κριτήριο Maximin

- Για κάθε αβέβαιο γεγονός προσδιορίζω το δυσμενέστερο ενδεχόμενο όσον αφορά τον στόχο μας, και αυτό λαμβάνω υπ' όψιν μου ότι θα προκύψει
- Έτσι τελικά επιλέγω την επιλογή με το καλύτερο δυσμενέστερο ενδεχόμενο

Π.χ.  $\text{Min KE}/\text{επι}1 = 200\text{€}$

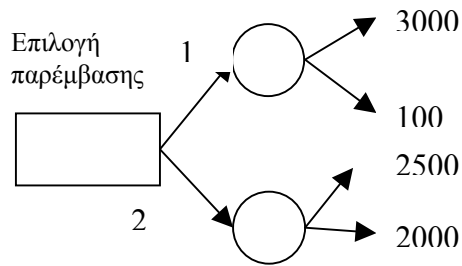
$\text{Min KE}/\text{επι}2 = -600\text{€}$

$\text{MAX}(200, -600)=200 (\rightarrow \text{Επιλογή } 1)$

- Εάν το πρόβλημα δεν ήταν μεγιστοποίησης (π.χ. κέρδους) αλλά ελαχιστοποίησης (π.χ. κόστους) τότε το κριτήριο αυτό δεν θα είχε την παραπάνω μορφή Maximin, αλλά θα είχε μορφή Minimax,

όπως π.χ. στην περίπτωση του παρακάτω προβλήματος επιλογής της βέλτιστης μεθόδου παρέμβασης για αποκατάσταση μίας βλάβης με βάση το κόστος της: η πρώτη παρέμβαση στην χειρότερη περίπτωση θα έχει κόστος 3000 €, ενώ στην καλύτερη περίπτωση θα έχει κόστος 100 €, ενώ η δεύτερη παρέμβαση στην

χειρότερη περίπτωση θα έχει κόστος 2500 €, ενώ στην καλύτερη περίπτωση θα έχει κόστος 2000 €

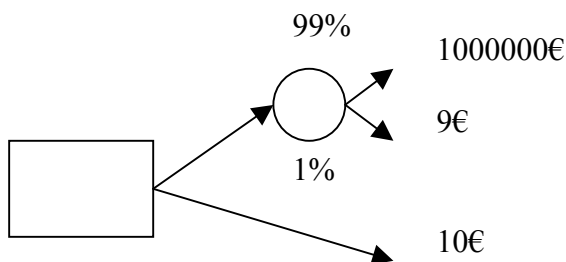


$$\text{Max KO/επιλ1} = 3000\text{€}$$

$$\text{Max KO/επιλ2} = 2500\text{€}$$

$$\text{MIN}(3000, 2500) = 2500 \text{ (} \rightarrow \text{Επιλογή 2)}$$

- Είναι ένα συντηρητικό και απαισιόδοξο κριτήριο: κάθε εναλλακτική επιλογή αξιολογείται με βάση το δυσμενέστερό της ενδεχόμενο ακόμη και αν αυτό είναι ελάχιστα πιθανό (π.χ. στο παρακάτω παράδειγμα οδηγεί στην επιλογή 2)



- Συνεπώς είναι κατάλληλο το κριτήριο αυτό μόνο για κρίσιμες αποφάσεις σε πολύ σημαντικά θέματα π.χ. εθνικής άμυνας, περιβάλλοντος, που δεν λαμβάνονται συχνά

## II) Κριτήριο Μέσης Προσδοκώμενης Οικονομικής Αξίας (Expected Monetary Value)

- Για κάθε αβέβαιο γεγονός υπολογίζω την μέση προσδοκώμενη οικονομική αξία που θα προκύψει:

$$E(V) = P_1 \times V_1 + P_2 \times V_2 + \dots + P_n \times V_n$$

(= μέση τιμή οικονομικής αξίας εάν το αβέβαιο γεγονός επαναληφθεί πολλές φορές)

- Έτσι τελικά επιλέγω την επιλογή με την μέγιστη EMV. Εάν το πρόβλημα είναι μεγιστοποίησης (π.χ. κέρδους)  $\rightarrow \max (EMV)$ , ενώ εάν είναι πρόβλημα ελαχιστοποίησης (π.χ. κόστους)  $\rightarrow \min(EMV)$

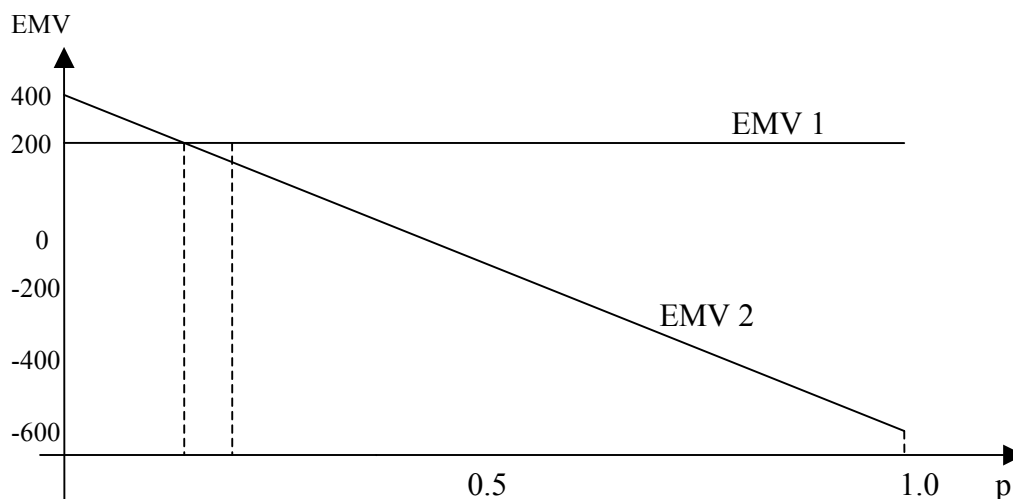
Π.χ. στο παράδειγμα επιλογής αριθμού παρτίδων

$$\left. \begin{aligned} EMV1 &= 0.3 \times 200 + 0.7 \times 200 = 200\text{€} \\ EMV2 &= 0.3 \times (-600) + 0.7 \times 400 = 100\text{€} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\max(200, 100) = 200 \\ &\rightarrow \text{επιλογή 1} \end{aligned}$$

- Στην προσέγγιση αυτή υπάρχει υψηλή εξάρτηση από τις πιθανότητες των διαφόρων ενδεχομένων (που συνήθως είναι χονδρικές υποκειμενικές εκτιμήσεις με βάση την εμπειρία), συνεπώς είναι απαραίτητο:
  - η εκτίμησή τους να γίνεται από περισσότερα του ενός στελέχη
  - να ακολουθεί ανάλυση ευαισθησίας της προκύπτουσας βέλτιστης επιλογής στις πιθανότητες αυτές (μικρές αλλαγές τους προκαλούν αλλαγή της προκύπτουσας βέλτιστης επιλογής)

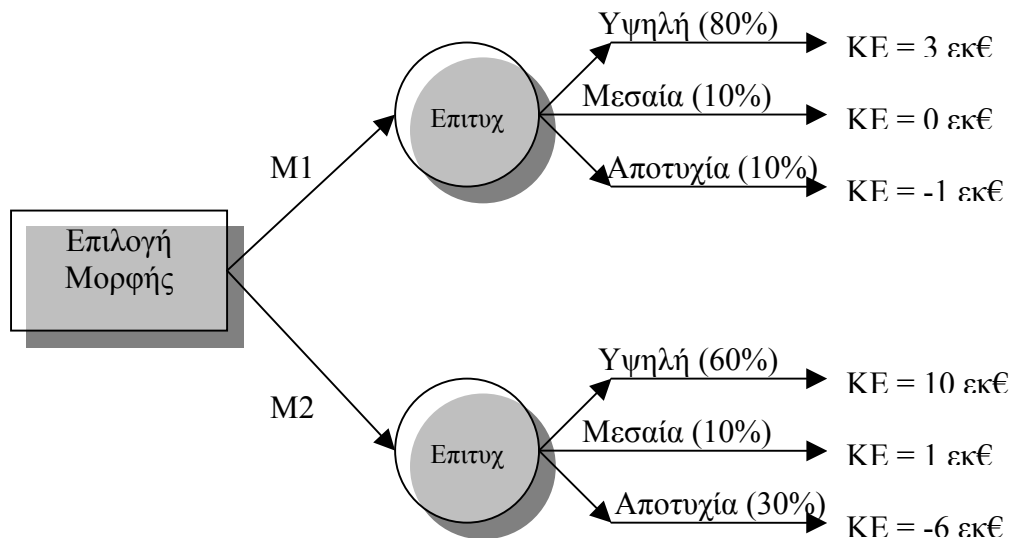
Π.χ.

$$\left. \begin{aligned} EMV1(p) &= 200\text{€} \\ EMV2(p) &= -p \times 600 + (1-p) \times 400 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &200 \geq -600 \times p + (1-p) \times 400 \rightarrow \\ &200 \geq -1000p + 400 \rightarrow \\ &p \geq 20\% \end{aligned}$$



- Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για μικρές και επαναλαμβανόμενες αποφάσεις, όχι όμως για μεγάλες και μοναδικές αποφάσεις

Π.χ. μία επιχείρηση εξετάζει δύο εναλλακτικές μορφές M1 και M2 ενός νέου προϊόντος της και πρέπει άμεσα να επιλέξει μία από αυτές



$$EMV(M1) = 0.8 \times 0.3 + 0.1 \times 0 + 0.1 \times (-1) = 2.3 \text{ εκ } \text{€}$$

$$EMV(M2) = 0.6 \times 10 + 0.1 \times 1 + 0.3 \times (-6) = 4.3 \text{ εκ } \text{€}$$

Αν και η M2 έχει υψηλότερη EMV, εγκυμονεί κίνδυνο απώλειας 6εκ € με πιθανότητα 30%, πράγμα το οποίο εαν συμβεί πιθανότατα θα οδηγήσει σε πτώχευση την επιχείρηση - επίσης αποφάσεις αυτής της σημασίας δεν λαμβάνονται συχνά. Συνεπώς τίθεται το ερώτημα αν το κριτήριο EMV είναι κατάλληλο για την ανάλυση μίας τέτοιας απόφασης

- Για αυτόν τον λόγο, αν και το κριτήριο EMV είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο στην πράξη, συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με εργαλεία αξιολόγησης του κινδύνου των διαφόρων εναλλακτικών επιλογών, όπως είναι τα προφίλ κινδύνου (Risk Profiles) που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα
- Η παραπάνω προσέγγιση βασίζεται σε δύο υποθέσεις:
  1. Η αξία - χρησιμότητα του χρήματος για τον αποφασίζοντα είναι γραμμική συνάρτηση του ποσού, π.χ.  $V(S) = a \cdot S$  (δηλαδή το πρώτο εκατομύριο έχει την

ίδια αξία με το δεύτερο, το τρίτο, κλπ., όμως αυτό συχνά στην πράξη δεν ισχύει:  $V(1^{00} \text{ εκατ.}) > V(10^{00} \text{ εκατ.}) \rightarrow$  Ανάλυση Χρησιμότητας (Utility)

2. Ότι ο αποφασίζων έχει έναν μόνο στόχο (π.χ. την μεγιστοποίηση του κέρδους), όμως συνήθως ο αποφασίζων έχει περισσότερους τους ενός στόχους (π.χ. μεγιστοποίησης δημόσιας εικόνας (image) επιχείρησης, απόκτηση τεχνογνωσίας, ελαχιστοποίηση χρόνου υλοποίησης κ.λ.π.)  $\rightarrow$  Πολυμεταβλητή –Πολυκριτηριακή Ανάλυση

### **2.5. Αλγόριθμος Επίλυσης Δένδρων Απόφασης**

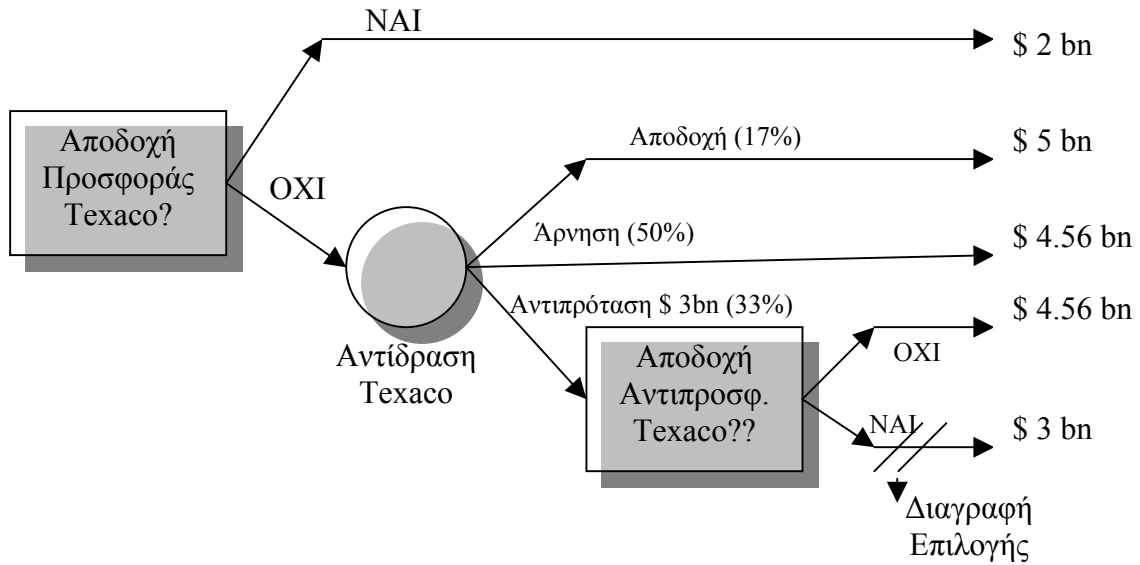
Ο αλγόριθμος επίλυσης δένδρων αποφάσεων αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα, από τα οποία τελικά προκύπτει η βέλτιστη σειρά επιλογών στις διάφορες επί μέρους αποφάσεις του προβλήματος αποφάσεων που αναλύουμε:

1. Αρχίζουμε από τα δεξιά κινούμενοι προς τα αριστερά (Folding – Rolling back the Tree)
2. Κάθε κόμβος αβέβαιου γεγονότος αντικαθιστάται από την EMV του (εάν χρησιμοποιώ το κριτήριο αυτό, και γενικότερα την τιμή του μεγέθους στόχου που προκύπτει από το χρησιμοποιούμενο κριτήριο)
3. Σε κάθε κόμβο απόφασης επιλέγουμε την επιλογή (κλάδο) με την μεγαλύτερη (ή μικρότερη για τα προβλήματα ελαχιστοποίησης) τιμή του μεγέθους στόχου, και κατόπιν ο κόμβος αντικαθιστάται από την τιμή της βέλτιστης επιλογής

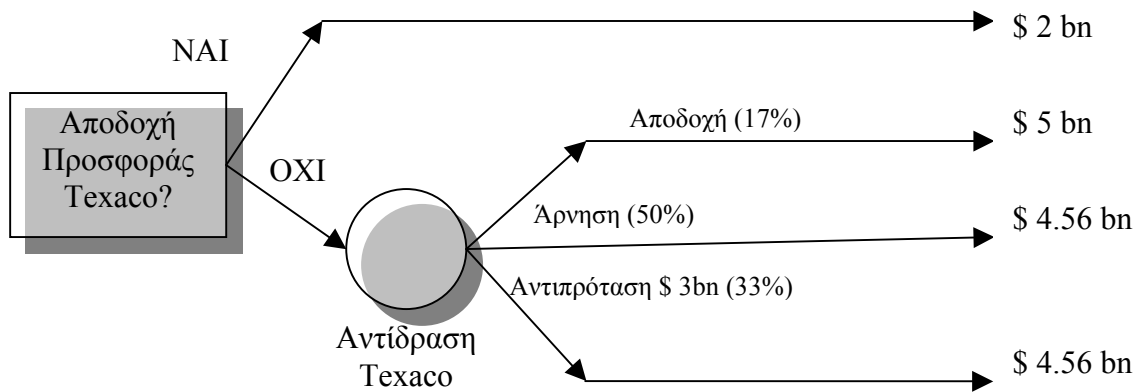
**Παράδειγμα:** επίλυση του δένδρου αποφάσεων του προβλήματος αποφάσεων του Προέδρου της πετρελαϊκής εταιρείας Penzoil

1. Η EMV του κόμβου αβεβαιότητας «Δικαστική Απόφαση» είναι:

$EMV (\text{Δικαστικής Απόφασης}) = 10,3 \times 0,2 + 5 \times 0,5 + 0 \times 0,3 = \$ 4,56bn$

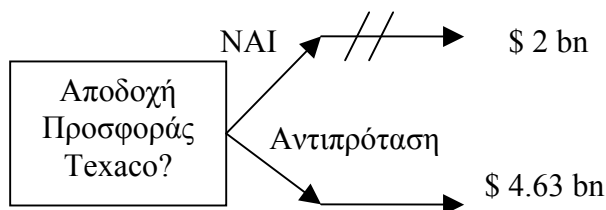


2. Στην απόφαση «Αποδοχή Αντιπροσφοράς Texaco??» η βέλτιστη επιλογή είναι «OXI», συνεπώς ο κόμβος αυτός αντικαθιστάται από το EMV της βέλτιστης αυτής επιλογής (\$ 4,56 bn)



3. Η EMV του κόμβου αβεβαιότητας «Αντίδραση Texaco» είναι:

$$EMV (\text{Αντίδραση Texaco}) = 5 \times 0.17 + 4.56 \times 0.5 + 4.56 \times 0.33 = \$ 4.63 \text{ bn}$$

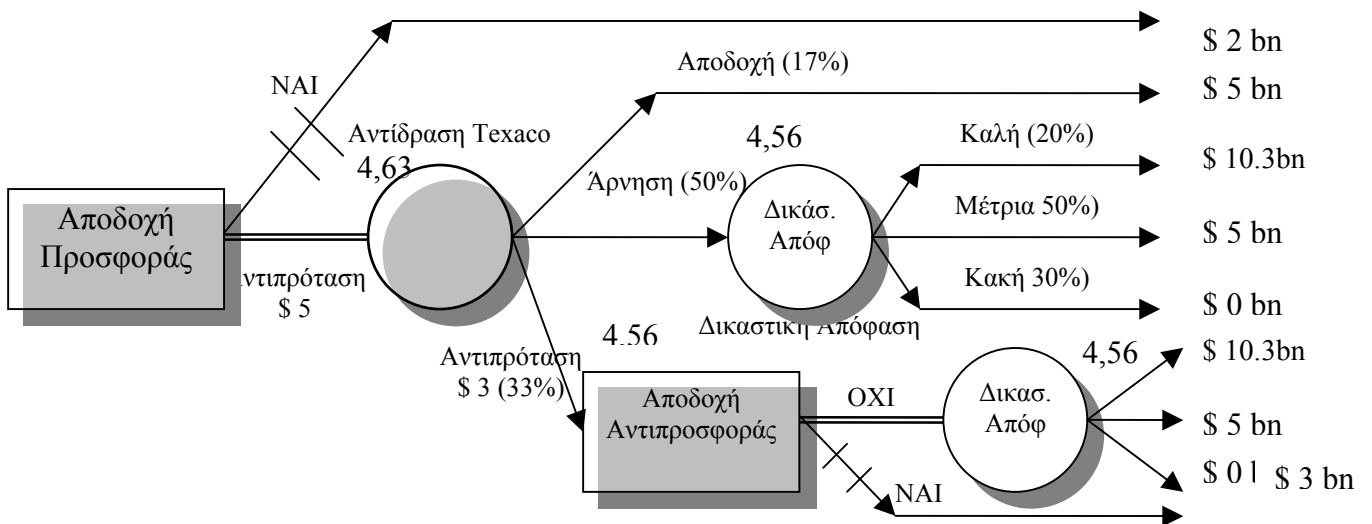




4. Τέλος, στην απόφαση «Αποδοχή Προσφοράς Texaco?? » η βέλτιστη επιλογή είναι προφανώς η αντιπροσφορά \$ 5 bn

Στην πράξη, αφού εξοικειωθούμε με την παραπάνω μεθοδολογία επίλυσης δένδρων απόφασης, δεν ξανασχεδιάζουμε σε κάθε βήμα το δένδρο, αλλά απλώς κινούμαστε εκ δεξιών προς αριστερά:

- Σε κάθε κόμβο αβέβαιου γεγονότος υπολογίζω και σημειώνω την EMV του
- Σε κάθε κόμβο απόφασης σημειώνω την EMV της βέλτιστης επιλογής



## 2.6. Αλγόριθμος Επίλυσης Διαγραμμάτων Επιρροής

Ο αλγόριθμος επίλυσης διαγραμμάτων επιρροής αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

### 1) Δημιουργία του Πίνακα Υπολογισμού του τελικού μεγέθους - στόχου

Περιέχει τις τιμές του τελικού μεγέθους για κάθε συνδυασμό επιλογών στις διάφορες επί μέρους αποφάσεις και ενδεχομένων στα διάφορα αβέβαια γεγονότα:

$\forall$  απόφαση  $\forall$  επιλογή και  $\forall$  αβέβαιο γεγονός  $\forall$  ενδεχόμενο  $\rightarrow$  τιμή τελικού μεγέθους - στόχου στην τελευταία στήλη.

ι) Στον πίνακα αυτό στις πρώτες στήλες τοποθετούνται οι αποφάσεις που δεν έχουν βέλος προς αυτές (=αρχικές αποφάσεις) (και κατόπιν στις επόμενες στήλες οι αντίστοιχες εναλλακτικές επιλογές) και τα αβέβαια γεγονότα που δεν έχουν βέλος

προς αυτά (=αρχικά αβέβαια γεγονότα) (ακολουθούμενα στις επόμενες στήλες από τα αντίστοιχα πιθανά ενδεχόμενα)

ii) Στην συνέχεια στις επόμενες στήλες τοποθετούνται οι αποφάσεις και τα αβέβαια γεγονότα που συνδέονται με τις αρχικές αποφάσεις και τα αρχικά αβέβαια γεγονότα του παραπάνω βήματος i), κ.ο.κ., μέχρι και την τελική στήλη όπου τοποθετείται το τελικό μέγεθος

**2) Βαθμιαία απαλοίφω τις στήλες (δηλ. τους αντίστοιχους κόμβους) του παραπάνω πίνακα εκ δεξιών προς τα αριστερά εξαιρουμένης της τελευταίας στήλης του τελικού μεγέθους:**

α) Αρχικά απαλοίφω στήλες-κόμβους αβεβαιότητας που επηρεάζουν το τελικό μέγεθος, αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες τιμές στην τελευταία στήλη του τελικού μεγέθους με το αντίστοιχο EMV

β) Κατόπιν απαλοίφω στήλες – κόμβους απόφασης που επηρεάζουν το τελικό μέγεθος, προσδιορίζοντας την βέλτιστη επιλογή κάθε απόφασης και κατόπιν αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες τιμές στην τελευταία στήλη του τελικού μεγέθους με την τιμή της βέλτιστης επιλογής

γ) επιστροφή στο βήμα α) και επανάληψη των βημάτων α) και β) για τις στήλες-κόμβους αβεβαιότητας και τις στήλες – κόμβους απόφασης αντίστοιχα που επηρεάζουν τους παραπάνω κόμβους των βημάτων α) και β) κ.ο.κ

**Παράδειγμα:** επίλυση διαγράμματος επιρροής του προβλήματος απόφασης του Προέδρου της πετρελαϊκής εταιρείας Penzoil

**1) Δημιουργία του Πίνακα Υπολογισμού του τελικού μεγέθους (= του ποσού που τελικά θα προκύψει για την Penzoil)**

Απόφαση Αποδοχής \$ 2bn	Αβεβαιότητα Αντίδρασης Texaco	Απόφαση Αντίδρασης Penzoil	Αβεβαιότητα Απόφασης Ανωτ Δικαστηρίου	Ποσό για την Penzoil
ΝΑΙ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΚΑΛΗ	\$ 2,0
			ΜΕΤΡΙΑ	\$ 2,0
			ΚΑΚΗ	\$ 2,0
			ΚΑΛΗ	\$2,0

Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

	ΑΡΝΗΣΗ	ΜΕΤΡΙΑ	\$2,0	
		ΚΑΚΗ	\$2,0	
		ΚΑΛΗ	\$2,0	
	ΑΝΤΙΠΡΟΤΑΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΜΕΤΡΙΑ	\$2,0
			ΚΑΚΗ	\$2,0
			ΚΑΛΗ	\$2,0
		ΑΡΝΗΣΗ	ΜΕΤΡΙΑ	\$2,0
			ΚΑΚΗ	\$2,0
			ΚΑΛΗ	\$2,0
	ΑΡΝΗΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΚΑΛΗ	\$2,0
			ΜΕΤΡΙΑ	\$2,0
			ΚΑΚΗ	\$2,0
ΑΡΝΗΣΗ		ΚΑΛΗ	\$2,0	
		ΜΕΤΡΙΑ	\$2,0	
		ΚΑΚΗ	\$2,0	
ΟΧΙ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΚΑΛΗ	\$5,0	
		ΜΕΤΡΙΑ	\$5,0	
		ΚΑΚΗ	\$5,0	
		ΑΡΝΗΣΗ	ΚΑΛΗ	\$5,0
			ΜΕΤΡΙΑ	\$5,0
			ΚΑΚΗ	\$5,0
	ΑΝΤΙΠΡΟΤΑΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΚΑΛΗ	\$3,0
			ΜΕΤΡΙΑ	\$3,0
			ΚΑΚΗ	\$3,0
		ΑΡΝΗΣΗ	ΚΑΛΗ	\$10,3
			ΜΕΤΡΙΑ	\$5,0
			ΚΑΚΗ	\$0,0
	ΑΡΝΗΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΚΑΛΗ	\$10,3
			ΜΕΤΡΙΑ	\$5,0
			ΚΑΚΗ	\$0,0
		ΑΡΝΗΣΗ	ΚΑΛΗ	\$10,3
			ΜΕΤΡΙΑ	\$5,0
			ΚΑΚΗ	\$0,0

2) Απαλοιφή στήλης-κόμβου αβεβαιότητας «Απόφαση Ανώτατου Δικαστηρίου» και αντικατάσταση από την EMV κάθε περίπτωσης:

$$EMV = \text{Ποσό(Καλή)} \times 0,2 + \text{Ποσό(Μέτρια)} \times 0,5 + \text{Ποσό(Κακή)} \times 0,3$$

Απόφαση Αποδοχής \$ 2 bn	Αβεβαιότητα Αντίδρασης Texaco	Απόφαση Αντίδρασης Penzoil	Ποσό Penzoil
ΝΑΙ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$2,0
		ΑΡΝΗΣΗ	\$2,0
	ΑΝΤΙΠΡΟΤΑΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$2,0
		ΑΡΝΗΣΗ	\$2,0
	ΑΡΝΗΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$2,0
		ΑΡΝΗΣΗ	\$2,0
ΟΧΙ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$5,0
		ΑΡΝΗΣΗ	\$5,0
	ΑΝΤΙΠΡΟΤΑΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$3,0
		ΑΡΝΗΣΗ	\$4,56
	ΑΡΝΗΣΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$4,56
		ΑΡΝΗΣΗ	\$4,56

3) Απαλοιφή στήλης – κόμβου απόφασης «Αντίδραση Penzoil» και αντικατάσταση με την βέλτιστη επιλογή (=μεγιστο ποσό για Penzoil)

Απόφαση Αποδοχής \$ 2bn	Αβεβαιότητα Αντίδρασης Texaco	Ποσό Penzoil
ΝΑΙ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$2,0
	ΑΝΤΙΠΡΟΤΑΣΗ	\$2,0
	ΑΡΝΗΣΗ	\$2,0
ΟΧΙ	ΑΠΟΔΟΧΗ	\$5,0
	ΑΝΤΙΠΡΟΤΑΣΗ	\$4,56
	ΑΡΝΗΣΗ	\$4,56

4) Απαλοιφή στήλης – κόμβου αβεβαιότητας «Αντίδραση Texaco» και αντικατάσταση με την EMV κάθε περίπτωσης:

$$EMV = \text{Ποσό(Αποδ.)} \times 0.17 + \text{Ποσό(Αντιπ.)} \times 0.33 + \text{Ποσό(Αρν.)} \times 0.50$$

Αποδοχή \$ 2bn	Ποσό Penzoil
ΝΑΙ	\$2,0
ΟΧΙ	\$4,63

Τελικά η βέλτιστη επιλογή στην αρχικά απόφαση είναι η μη αποδοχή της προσφοράς της TEXACO και η αντιπρόταση των \$ 5 bn, ενώ για τις λοιπές αποφάσεις οι βέλτιστες επιλογές είναι αυτές που επελέγησαν στα αντίστοιχα βήματα

### **2.7 Προφίλ Κινδύνου (Risk Profile)**

Η EMV κάθε εναλλακτικής επιλογής δεν αποτελεί πλήρη δείκτη (δεν δίνει πλήρη εικόνα) αποτελεσματικότητας της επιλογής, ειδικά για αποφάσεις που δεν επαναλαμβάνονται συχνά. Η σύγκριση μόνον των EMV των εναλλακτικών επιλογών της αρχικής απόφασης δεν επαρκεί, διότι δεν λαμβάνει υπ' όψιν τους κινδύνους που κάθε μία δημιουργεί, δεδομένου ότι κάθε EMV προέκυψε από διάφορες υψηλότερες και χαμηλότερες δυνατές τιμές με αντίστοιχες πιθανότητες:

$$EMV = p_1 \times V_1 + p_2 \times V_2 + \dots + p_n \times V_n$$

- εάν οι  $V_1 \div V_n$  έχουν μικρή απόκλιση από EMV  $\rightarrow$  χαμηλός κίνδυνος
- εάν οι  $V_1 \div V_n$  έχουν μεγάλη απόκλιση από EMV  $\rightarrow$  υψηλός κίνδυνος

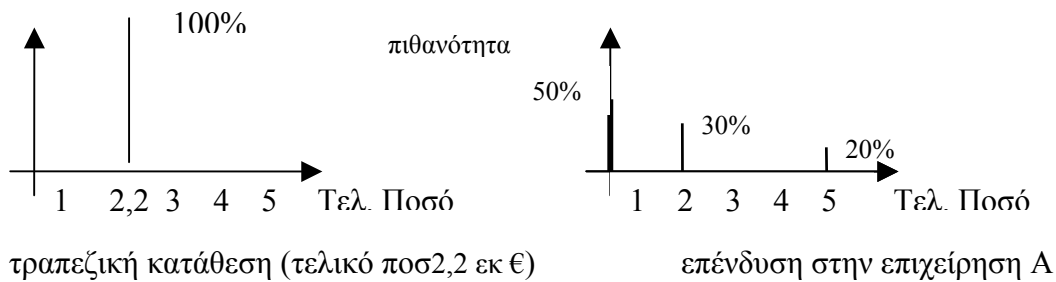
Π.χ. η πρώτη επιλογή της Penzoil δίνει σίγουρα \$ 2bn, συνεπώς δεν παρουσιάζει κίνδυνο, ενώ η δεύτερη εναλλακτική επιλογή είναι πιθανόν να αποφέρει μέχρι και το υψηλό ποσό των \$ 10,3bn, όμως είναι πιθανόν να δώσει και μηδενικό ποσό, άρα παρουσιάζει υψηλό επίπεδο κινδύνου.

Συνεπώς είναι απαραίτητο για κάθε εναλλακτική επιλογή (ή σειρά επιλογών) πέραν της EMV να κατασκευασθεί και το Προφίλ Κινδύνου της. Το Προφίλ Κινδύνου (Risk Profile) μιας εναλλακτικής επιλογής (ή μιας σειράς εναλλακτικών επιλογών) είναι μία γραφική παράσταση, η οποία δείχνει τις διάφορες

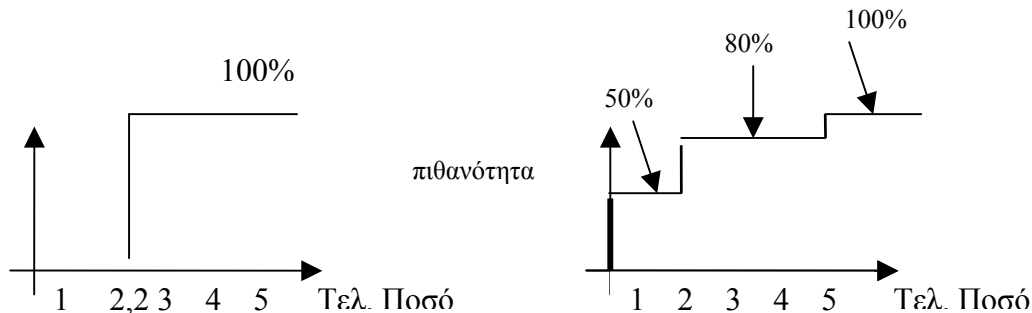
τιμές του τελικού μεγέθους – στόχου που μπορεί να προκύψουν από αυτήν και τις αντίστοιχες πιθανότητες.

### Π.χ. Παράδειγμα

Τα προφίλ κινδύνου των δύο εναλλακτικών επενδυτικών επιλογών στο προαναφερθέν παράδειγμα της επενδυτικής απόφασης (ενότητες 2.2 και 2.3)



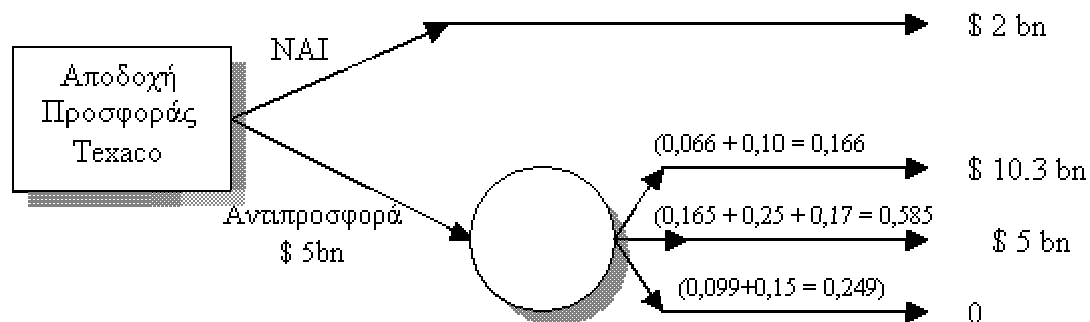
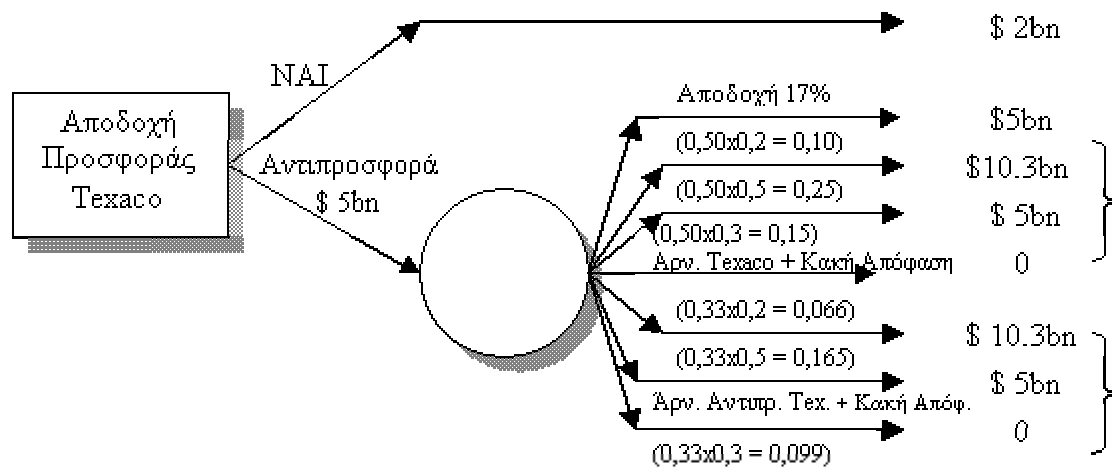
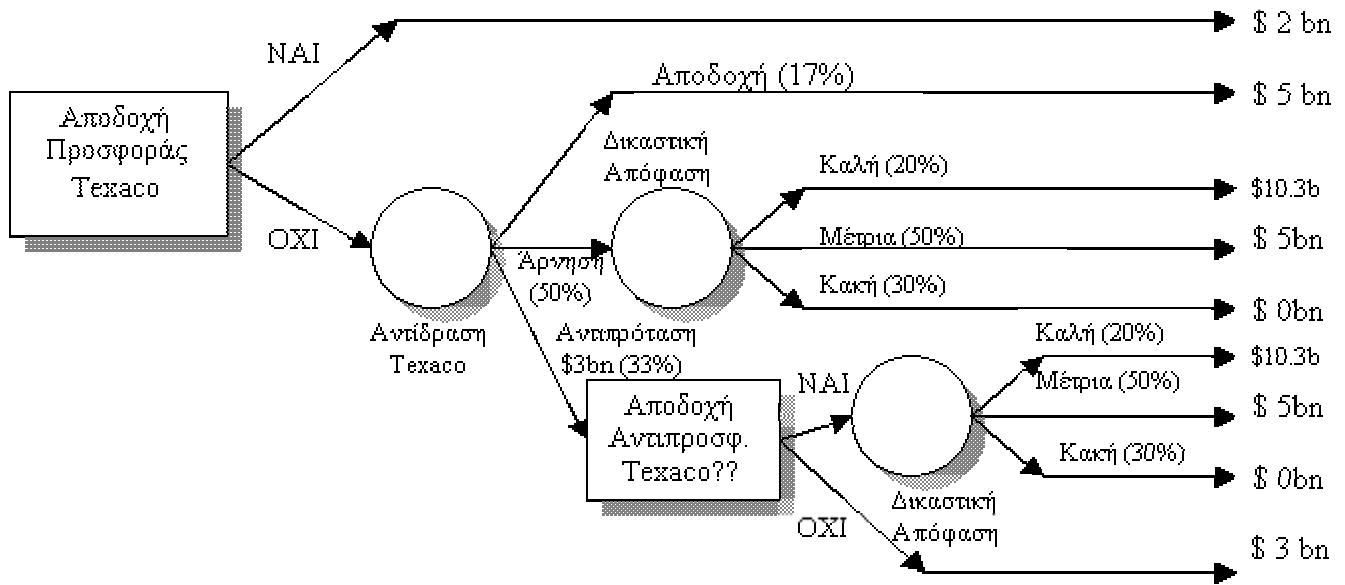
Συχνά, πέραν των παραπάνω απλών προφίλ κινδύνου, χρησιμοποιούνται και τα Αθροιστικά Προφίλ Κινδύνου (Cumulative Risk Profile) που απεικονίζουν για κάθε εναλλακτική επιλογή την πιθανότητα  $P = p(x < x_0)$



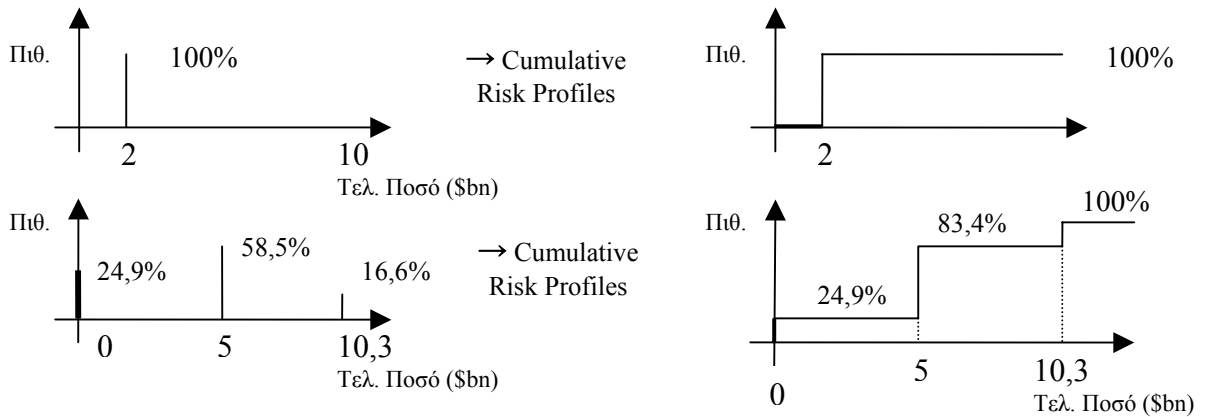
Ο αλγόριθμος δημιουργίας απλών και αθροιστικών Προφίλ Κινδύνου περιλαμβάνει βήματα παρόμοια με αυτά που ακολουθούμε για την επίλυση δένδρων απόφασης (Folding – Rolling Back the Tree):

1. Αντικαθιστώ κάθε κόμβο απόφασης με τον βέλτιστο κλάδο (βέλτιστη επιλογή)
2. Όμως στους κόμβους αβέβαιων γεγονότων διατηρώ όλα τα πιθανά ενδεχόμενα ως διακριτούς κλάδους (και δεν αντικαθιστώ με EMV όπως στον αλγόριθμο επίλυσης δένδρων απόφασης)
3. Συγχωνεύω διαδοχικούς κόμβους αβέβαιων γεγονότων (πολλ/μός πιθανοτήτων)

**Παράδειγμα:** περίπτωση προβλήματος αποφάσεων Προέδρου Penzoil



Συνεπώς τα Προφίλ Κινδύνου των δύο αυτών αρχικών επιλογών θα είναι:



Μπορούμε επίσης να προσδιορίσουμε τα Προφίλ Κινδύνου και για διάφορες άλλες σειρές επιλογών π.χ. ‘Αντιπροσφορά \$ 5bn – Αποδοχή Αντιπροσφοράς \$ 3 bn Texaco’:

$$EMV = 5 \times 0,17 + 4,56 \times 0,5 + 3 \times 0,33 = \$ 4,12 \text{ bn}$$



Αυτή η σειρά επιλογών χαρακτηρίζεται από χαμηλότερη EMV (\$ 4,12 bn) σε σύγκριση με την βέλτιστη σειρά επιλογών (η οποία, όπως υπολογίσθηκε στην ενότητα 2.5, δίδει EMV \$ 4,63 bn), καθώς επίσης και από μικρότερη πιθανότητα μηδενικού ποσού αλλά και μικρότερη πιθανότητα για \$ 10,3 bn.

Γενικότερα, με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εντοπίσουμε ‘υποβέλτιστες’ σειρές επιλογών με ελαφρά υποδεέστερο EMV, όμως πολύ καλύτερο Risk Profile (δηλ. με χαμηλότερο κίνδυνο)

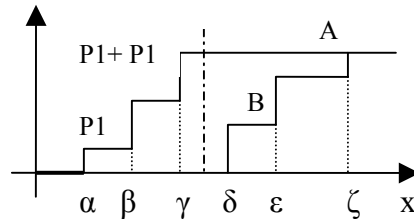
### Υπεροχή (Dominance)

Η σύγκριση μεταξύ Αθροιστικών Προφίλ Κινδύνου διάφορων σειρών επιλογών μπορεί να δώσει πολύ χρήσιμα συμπεράσματα, π.χ. να οδηγήσει στον



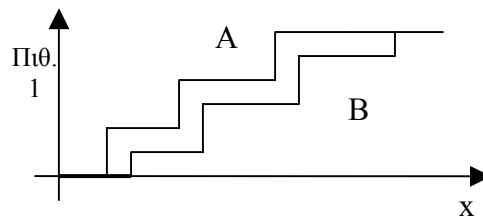
εντοπισμό κάποιων σειρών επιλογών, οι οποίες κυριαρχούνται (*are dominated*) από κάποιες άλλες, άρα μπορεί να αποκλεισθούν από κάθε περαιτέρω αξιολόγηση

α) Ντετερμινιστική Υπεροχή (Deterministic Dominance)



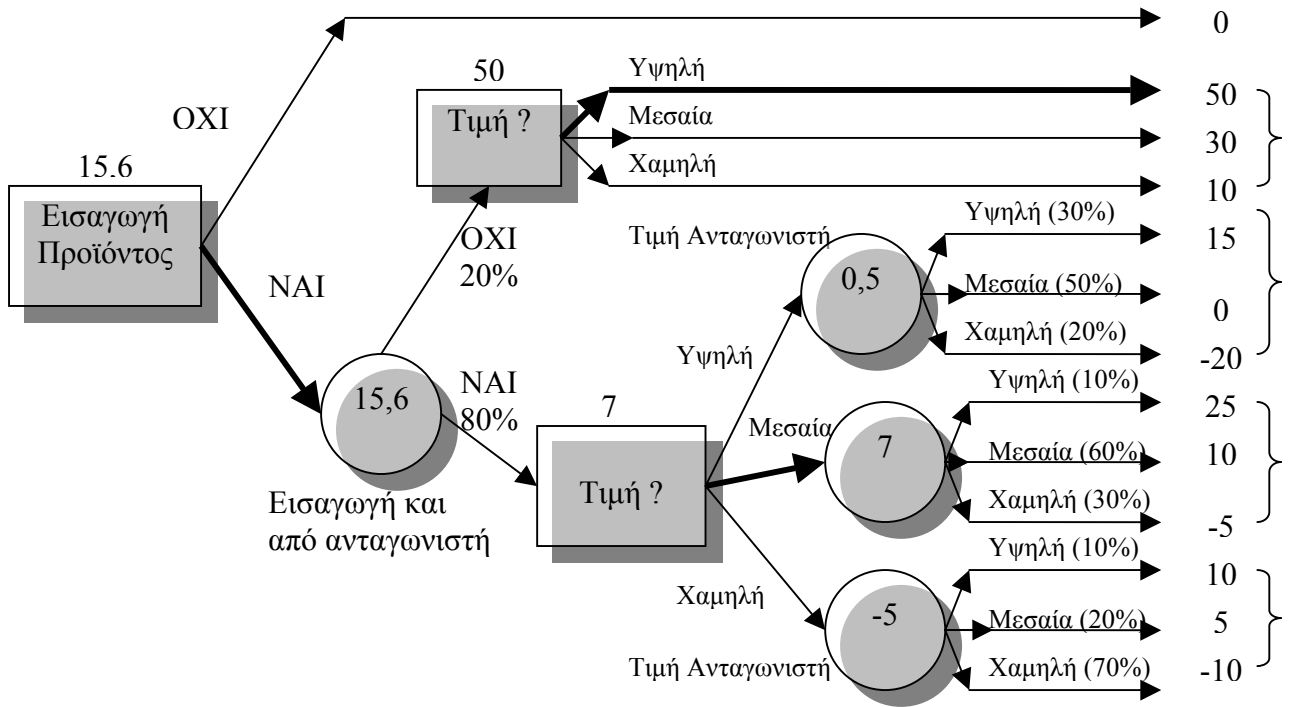
Στην περίπτωση αυτή η ελάχιστη τιμή της μίας επιλογής (B) υπερβαίνει την μέγιστη τιμή της άλλης (A). Γενικότερα όταν υπάρχει τιμή του μεγέθους στόχου για την οποία για την μία επιλογή ισχύει ότι  $p_A(x < x_0) = 100\%$  και για την άλλη ισχύει  $p_B(x < x_0) = 0\%$ , ή  $\text{Min } B \geq \text{Max } A$ , τότε λέμε ότι υπάρχει ντετερμινιστική υπεροχή της B έναντι της A.

β) Στοχαστική Υπεροχή (Stochastic Dominance)

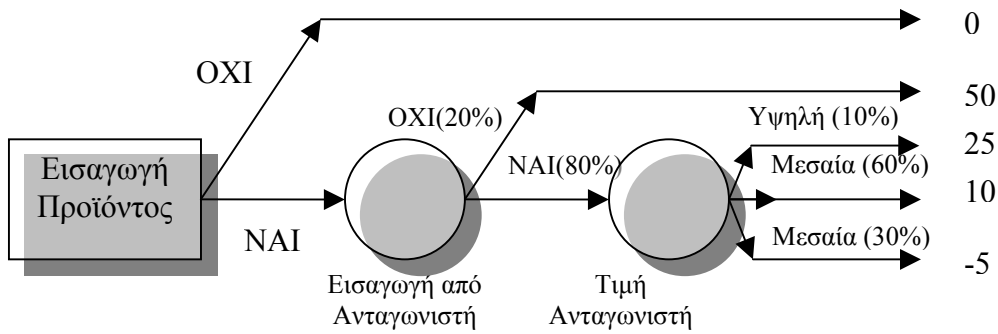


Στην περίπτωση αυτή η B βρίσκεται δεξιά της A (και σε κάποια μόνον σημεία της ταυτίζεται με την A), δηλαδή  $\forall x : B \leq A$ . Σε τέτοιες περιπτώσεις λέμε ότι υπάρχει ντετερμινιστική υπεροχή της B έναντι της A

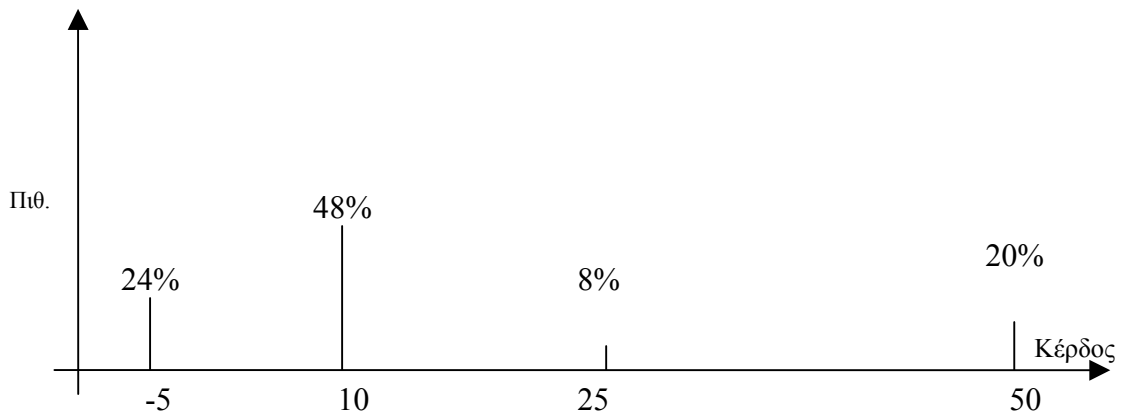
**ΑΣΚΗΣΗ:** Απόφαση εισαγωγής και τιμολόγησης νέου προϊόντος



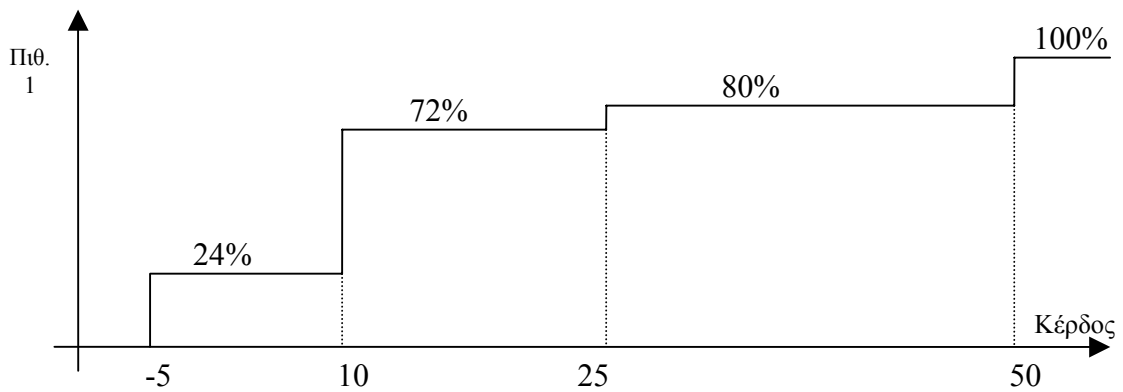
Δημιουργία Προφίλ Κινδύνου βέλτιστης σειράς επιλογών



Απλό Προφίλ Κινδύνου



Αθροιστικό Προφίλ Κινδύνου



**2.8 Αποφάσεις Πολλαπλών Στόγων (Multiple Objectives-Criteria Decisions)**

Συχνά οι στόχοι του αποφασίζοντος όσον αφορά το συγκεκριμένο πρόβλημα αποφάσεων είναι πολλοί και αλληλοσυγκρουόμενοι (επιλογές που είναι καλές ως προς ένα στόχο δεν είναι καλές ως έναν άλλο στόχο), και περιλαμβάνουν μεγιστοποιήσεις και ελαχιστοποιήσεις διαφόρων μεγεθών. Κάθε στόχος μπορεί να αναλυθεί – εξειδικευθεί σε ειδικότερους υποστόχους: για κάθε έναν από αυτούς θα πρέπει να ορίσουμε ένα αντίστοιχο ποσοτικό μέγεθος (*αντικειμενικά μετρήσιμο*) ή ένα ποιοτικό μέγεθος (*υποκειμενικά μετρήσιμο*) ως μέτρα.

Π.χ. (1) Στόχοι - υποστόχοι στην επιλογή Supercomputer από την Boeing

A) Στόχοι

Κόστος (ελάχιστο)	Επιδόσεις (μέγιστες)	Κάλυψη Αναγκών Χρηστών (μέγιστη)	Κάλυψη Αναγκών Υποστήριξης (μέγιστη)	Ποιότητα Κατασκευαστή (μέγιστη)
----------------------	-------------------------	---	---	---------------------------------------

B) Υποστόχοι κάθε στόχου και αντίστοιχα μέτρα

- Αρχικό κόστος	-Ταχύτητα	-Χρόνος	-Υποστήριξη	-Καλή οικονομική
- Κόστος	-Απόδοση	Εγκατάστασης	από προμηθευτή	κατάσταση
συντήρησης	-Μνήμη	-Ευκολία	-Εργαλεία	-Ιδιοκτησία USA
πενταετίας	-Δίσκοι	χρήσης	Διαχείρισης	-Επενδύσεις & R&D
- Κόστος	-Ειδικές	-Συμβατότητα	-Ανάγκες χώρου	στους Supercomputers
αναβάθμισης	επιδόσεις	-Δυνατότητες	-Ανάγκες ψύξης	
		-MTBF		

Π.χ. (2) Στόχοι, υποστόχοι και αντίστοιχα μέτρα στην απόφαση επιλογής κτιρίου εγκατάστασης μιας επιχείρησης

Ελάχιστο Κόστος	Μέγιστη Εμπορικότητα	Βέλτιστες Συνθήκες Εργασίας
-Ενοίκιο	- Ορατότητα	- Μέγεθος
- Κόστος ηλεκτρ. ρεύματος	- Μικρή Απόσταση	- Ανέσεις
- Κόστος καθαρισμού	από μεγάλους πελάτες	- Parking
- Κοινόχρηστα	- Image περιοχής	

Η κεντρική ιδέα της πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων είναι η ‘συμβιβαστική’ επιλογή (μεταξύ επιλογών που έχουν υψηλή αποτελεσματικότητα ως προς κάποιους από τους στόχους, αλλά και χαμηλή αποτελεσματικότητα ως προς κάποιους άλλους στόχους) της συνολικά βέλτιστης επιλογής, η οποία έχει την μέγιστη συνολική αποτελεσματικότητα E: αυτή συνήθως είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των επιπέδων αποτελεσματικότητας  $E_1, E_2, \dots, E_n$  ως προς τους επί μέρους στόχους – συχνά υπό τον επιπρόσθετο όρο η τελική επιλογή σε κάθε στόχο να έχει αποτελεσματικότητα μεγαλύτερη από κάποιο προκαθορισμένο ‘κατώφλι αποτελεσματικότητας’ (που είναι κάποια σταθερή τιμή  $a_i$ , ή ένα σταθερό ποσοστό  $a_i\%$  της μέγιστης αποτελεσματικότητας μεταξύ όλων των επιλογών για το συγκεκριμένο στόχο):

$$\max E = a_1 E_1 + a_2 E_2 + a_3 E_3 + \dots + a_n E_n \quad \text{με} \quad E_i \geq a_i\% \max(E_i) \quad \text{ή} \quad E_i \geq a_i$$

### 2.8.1 Μεθοδολογία ανάλυσης προβλημάτων αποφάσεων πολλαπλών στόχων (πολυκριτηριακών)

Η μεθοδολογία ανάλυσης προβλημάτων αποφάσεων πολλαπλών στόχων (πολυκριτηριακών αποφάσεων) παρουσιάζεται με την βοήθεια του παρακάτω παραδείγματος

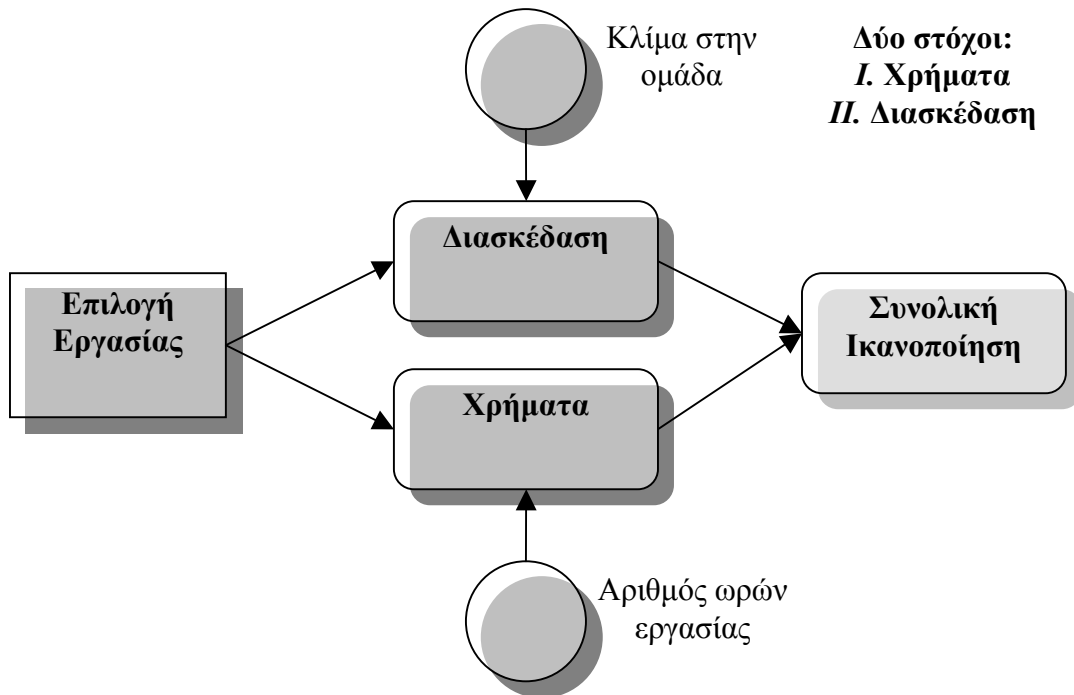
**Παράδειγμα:** Έχουμε δυο εναλλακτικές επιλογές καλοκαιρινής εργασίας:

A) Βοηθός σε μία μικρή επιχείρηση σε μία πόλη, με αμοιβή 5,25€/ώρα, εργασία 30 έως 40 ώρες εβδομαδιαίως για 13 εβδομάδες και μέτρια ευχάριστο περιβάλλον

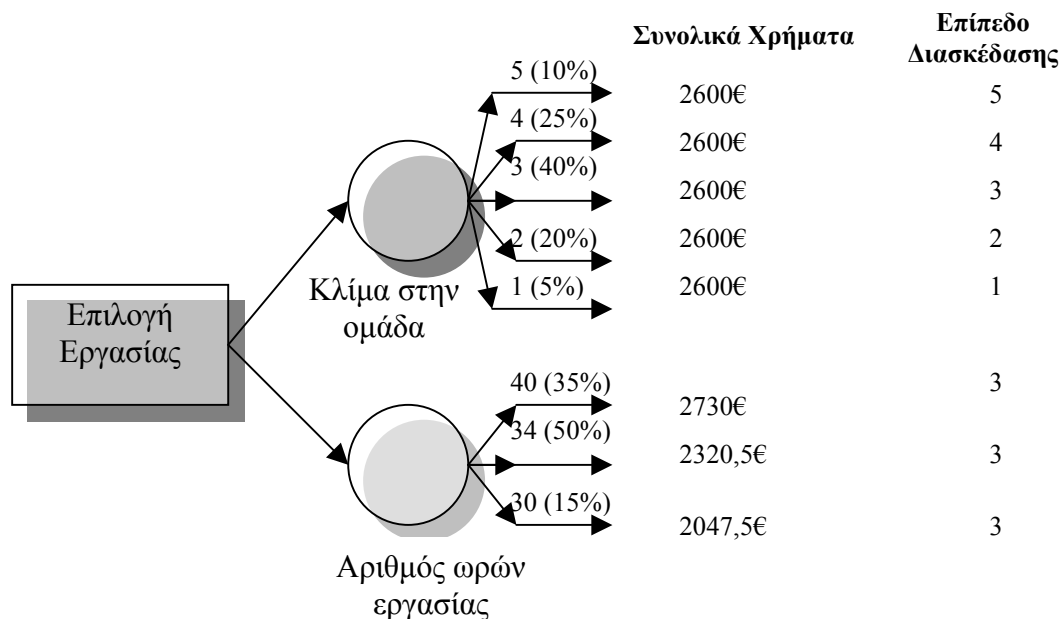
B) Συμμετοχή σε μία ομάδα δασικής εργασίας, με αμοιβή 6.50€/ώρα, εργασία 40 ώρες εβδομαδιαίως για 10 εβδομάδες - όλη η ομάδα θα είναι συνεχώς μαζί συνεπώς το επίπεδο διασκέδασης θα εξαρτηθεί σημαντικά από το κλίμα που θα δημιουργηθεί στην ομάδα

Η επιλογή μίας από τις παραπάνω εναλλακτικές επιλογές αποτελεί μία πολυκριτηριακή απόφαση, η οποία βασίζεται σε δύο κριτήρια: τα χρήματα τα οποία συνολικά θα κερδίσει ο αποφασίζων και το επίπεδο διασκέδασής του.

Διάγραμμα Επιρροής



Δένδρο Απόφασης



Ο πρώτος στόχος “χρήματα” εκφράζεται με το ποσοτικό μέγεθος “συνολικό χρηματικό ποσό από όλη τη χρονική περίοδο της εργασίας”. Ο δεύτερος στόχος “διασκέδαση” εκφράζεται με αντίστοιχο ποιοτικό μέγεθος “Επίπεδο Διασκέδασης”, το οποίο αποφασίσθηκε να μετράται με την παρακάτω πενταβάθμια κλίμακα:

- 5 = πολύ καλό και ευχάριστο κλίμα στην ομάδα – πολλές φιλίες δημιουργούνται
- 4 = καλό κλίμα στην ομάδα – κάποιες φιλίες δημιουργούνται
- 3 = μέτριο κλίμα στην ομάδα – δεν δημιουργούνται φιλίες – μέτρια διασκέδαση
- 2 = δύσκολη και κουραστική εργασία – αρνητικό κλίμα – περιορισμένη διασκέδαση
- 1 = πολύ δύσκολη και κουραστική εργασία – έντονα αρνητικό κλίμα και πολλά παράπονα, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα τριβές – ελάχιστη διασκέδαση

Γενικά ακολουθούμε τα εξής βήματα:

A. Αρχικά κάθε στόχος εξειδικεύεται σε έναν αριθμό υποστόχων, για κάθε έναν από τους οποίους ορίζουμε ένα μέγεθος (ποσοτικό ή ποιοτικό) μέτρο. Ο καθορισμός στόχων, υποστόχων και μεγεθών – μέτρων είναι πολύ σημαντικός για την πολυκριτηριακή (multi-objective, multi-criteria) λήψη αποφάσεων: πρέπει να χαρακτηρίζονται από πληρότητα, λειτουργικότητα, λογικό μέγεθος και επίσης πρέπει να μην υπάρχουν επικαλύψεις μεταξύ τους.

B. Στην συνέχεια πραγματοποιούμε για κάθε στόχο αντίστοιχη μονοκριτηριακή ανάλυση με σκοπό τον προσδιορισμό της βέλτιστης εναλλακτικής επιλογής όσον αφορά τον συγκεκριμένο στόχο (δηλ. την εναλλακτική επιλογή που μεγιστοποιεί ή ελεχιαστοποιεί το αντίστοιχο ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος).

Γ. Εάν όλες οι παραπάνω μονοκριτηριακές αναλύσεις οδηγήσουν στην ίδια εναλλακτική επιλογή (δηλαδή μία από τις εναλλακτικές επιλογές είναι η βέλτιστη ως προς όλους τους στόχους), τότε σταματάμε: η εναλλακτική αυτή επιλογή προφανώς πρέπει να επιλεγεί.

Δ. Σε αντίθετη περίπτωση (πράγμα το οποίο συμβαίνει συνήθως στην πράξη: για κάθε στόχο συνήθως είναι διαφορετική η βέλτιστη εναλλακτική λύση ως προς τον

στόχο αυτό) προχωράμε σε πολυκριτηριακή ανάλυση. Σε αυτήν ορίζουμε ένα μέγεθος  $I$  ‘συνολικής ικανοποίησης’ (το οποίο αποτυπώνει την συνολική μας ικανοποίηση από μία εναλλακτική λύση λαμβανομένων υπ’ όψιν όλων των στόχων): συνήθως είναι γραμμικός συνδυασμός των παραπάνω ποιοτικών - ποσοτικών μεγεθών  $M_1, M_2, \dots, M_n$  που αντιστοιχούν στους διάφορους στόχους:

$$I = \kappa_1 x M_1 + \kappa_2 x M_2 + \dots \kappa_n x M_n$$

Τα ειδικά βάρη  $\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_n$  υπολογίζονται βάσει της σχετικής σημασίας των αντίστοιχων στόχων, με μία μεθοδολογία που παρουσιάζεται στην συνέχεια. Τελικά επιλέγουμε την εναλλακτική επιλογή που βελτιστοποιεί (συνήθως μεγιστοποιεί) αυτόν τον δείκτη συνολικής ικανοποίησης.

Τα παραπάνω βήματα υλοποιούνται για το παραπάνω παράδειγμα

### I. Μονοκριτηριακή Ανάλυση ως προς τα ‘Χρήματα’

$$E(\text{Συνολικά Χρήματα/A}) = 0,35 \times 2730 + 0,50 \times 2320,5 + 0,15 \times 2047,5 = 2422,88\text{€}$$

$$E(\text{Συνολικά Χρήματα/B}) = 2600\text{€}$$

Αρα ως προς το συνολικό χρηματικό ποσό που θα προκύψει από όλη τη χρονική περίοδο της εργασίας (λαμβανομένων υπ’ όψιν και των προφίλ κινδύνου των δύο εναλλακτικών επιλογών) βέλτιστη επιλογή είναι η B (στην ομάδα δασικής εργασίας)

### II. Μονοκριτηριακή Ανάλυση ως προς το ‘Επίπεδο Διασκέδασης’

Εδώ δεν έχει νόημα ο υπολογισμός αναμενόμενης τιμής του “επιπέδου διασκέδασης”: οι τιμές του είναι ποιοτικής φύσεως και όχι αριθμητικής (π.χ. η διαφορά διασκέδασης μεταξύ 1 και 2 δεν είναι κατ’ ανάγκη ίση με την διαφορά μεταξύ 2 και 3 κ.ο.κ.). Συνεπώς είναι απαραίτητη η ποσοτικοποίηση των 5 αυτών ποσοτικών επιπέδων: για κάθε ένα από αυτά θα πρέπει να εκτιμήσει ο αποφασίζων την αξία που έχουν για αυτόν → βαθμολογία (rating) των επιπέδων αυτών στην κλίμακα 0 έως 100 ως προς την αξία τους για τον αποφασίζοντα. Συνήθως ζητάμε από τον αποφασίζοντα να συγκρίνει τις διαφορές μεταξύ αυτών των επιπέδων, βάσει των απαντήσεών του υπολογίζουμε μία αρχική βαθμολογία, την οποία στην συνέχεια

παρουσιάζουμε στον αποφασίζοντα. Αυτός μπορεί να κάνει κάποιες τροποποιήσεις τους και τελικά να οριστικοποιήσει τις βαθμολογίες των επιπέδων αυτών.

Στο παράδειγμά μας ας υποθέσουμε ότι οι βαθμολογίες των 5 επιπέδων διασκέδασης ως προς την αξία τους για τον αποφασίζοντα, τις οποίες ονομάζουμε ‘μονάδες διασκέδασης’, προέκυψε ότι είναι οι εξής:

<i>π.χ.</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	← <u>Επίπεδα Διασκέδασης</u>
	↓	↓	↓	↓	↓	
	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	← <u>Μονάδες Διασκέδασης</u>

Με βάση αυτές τις βαθμολογίες (που είναι πλέον ‘ποσοτικής φύσεως’), προχωρώ στην μοκκριτηριακή ανάλυση ως προς το ‘Επίπεδο Διασκέδασης’:

$$E(\text{Μονάδες Διασκέδασης/A}) = 60$$

$$E(\text{Μονάδες Διασκέδασης/B}) = 0,1 \times 100 + 0,25 \times 90 + 0,40 \times 60 + 0,20 \times 25 + 0,05 \times 0 = 61,5, \text{ δηλαδή λίγο χαμηλότερο σε σύγκριση με το A, όμως με κίνδυνο (ενώ το A δεν παρουσιάζει κανένα κίνδυνο).}$$

Άρα ως προς τον στόχο “διασκέδαση” οι δύο επιλογές έχουν περίπου ίσες αναμενόμενες τιμές, όμως η επιλογή B έχει υψηλό κίνδυνο (πιθανότητα 30% να έχουμε τα ‘χαμηλά’ επίπεδα διασκέδασης: 5% να έχουμε επίπεδο 1 και 25% να έχουμε επίπεδο 2), ενώ η επιλογή A δεν έχει καθόλου κίνδυνο (πλήρης βεβαιότητας). Άρα ως προς τον στόχο “διασκέδαση” βέλτιστη επιλογή είναι η A (βοηθός σε μία μικρή επιχείρηση στην πόλη).

### III. Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Συνεπώς, εφ’ όσον από τις δύο αυτές μονοκριτηριακές αναλύσεις προκύπτουν διαφορετικές βέλτιστες επιλογές (δηλ. όλοι οι στόχοι δεν οδηγούν στην ίδια επιλογή), είναι απαραίτητο να προχωρήσουμε σε πολυκριτηριακή ανάλυση. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως θα πρέπει να ορισθεί ένα μέγεθος συνολικής ικανοποίησης, η οποία είναι γραμμική συνάρτηση των “χρημάτων” και του “επιπέδου διασκέδασης”:



$$I = K_X \times X + K_\Delta \times \Delta, \quad K_X, K_\Delta: \text{ειδικά βάρη κριτηρίων } K_X + K_\Delta = 1$$

Βήματα Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

1) Γιά κάθε μέγεθος-στόχο(κριτήριο) εκφράζω όλες τις τιμές του στο συγκεκριμένο πρόβλημα αποφάσεων στην κλίμακα 0=100. Αυτό έχει ήδη γίνει προηγουμένως για το “επίπεδο διασκέδασης”, οπότε προχωρώ στην αναγωγή όλων των τιμών του μεγέθους “χρήματα” συγκεκριμένο πρόβλημα αποφάσεων στην κλίμακα 0=100. Η χειρότερη τιμή  $\rightarrow 0$ , η καλύτερη τιμή  $\rightarrow 100$ , ενώ για τις υπόλοιπες τιμές η αναγωγή τους στην κλίμακα 0=100 γίνεται αναλογικά μέσω γραμμικής παρεμβολής:

$$\begin{aligned} 2730 &\rightarrow 100 \\ 2047,5 &\rightarrow 0 \\ 2320 &\rightarrow ((2320-2047,5)/(2730-2047,5)) \times 100 = 40 \\ 2600 &\rightarrow ((2600-2047,5)/(2730-2047,5)) \times 100 = 81 \end{aligned}$$

2) Εκτιμώ τα ειδικά βάρη  $K_X$  και  $K_\Delta$  των δύο κριτηρίων  $X$  και  $\Delta$ , τα οποία αποτελούν μοντελοποίηση των υποκειμενικών προτιμήσεων του αποφασίζοντος όσον αφορά την σχετικής σημασίας των αντίστοιχων στόχων-κριτηρίων. Η μεθοδολογία την οποία ακολουθούμε για τον προσδιορισμό των ειδικών αυτών βαρών αποτελείται από δύο βήματα:

A) Υποθέτουμε ότι ευρισκόμεθα και ως προς τα δύο κριτήρια στις δυσμενέστερες τιμές τους στο συγκεκριμένο πρόβλημα αποφάσεων, δηλαδή ως προς τα χρήματα στο 2047,5€ και ως προς την διασκέδαση στο 1. Θέτουμε στον αποφασίζοντα τηνερώτηση: εάν υποθέσουμε ότι ένα μόνο κριτήριο θα μπορούσε να αλλάξει και από την χειρότερη να πάρει την καλύτερη τιμή του (είτε το 2047,5€  $\rightarrow$  2730€ είτε 1  $\rightarrow$  5), ποίο θα επέλεγε κατά προτεραιότητα; Στην περίπτωση μας ας υποθέσουμε ότι τελικά επιλέγει κατά προτεραιότητα την αλλαγή των χρημάτων από 2047,5 €  $\rightarrow$  2730 €, προτιμώντας την από την αλλαγή της διασκέδασης από 1  $\rightarrow$  5.

Γενικότερα εάν είχαμε 7 κριτήρια  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  και  $K_7$  και όλα είχαν τις δυσμενέστερες τιμές τους στο συγκεκριμένο πρόβλημα αποφάσεων, θα έπρεπε να ζητήσουμε απο τον αποφασίζοντα να επιλέξει ποιό από αυτά θα ήθελε κατά προτεραιότητα να πάρει την καλύτερη τιμή του; Εάν τώρα μπορούσε να επιλέξει και

και ένα δεύτερο κριτήριο να πάρει την καλύτερη τιμή του ποιά θα επέλεγε; Ομοίως και ένα τρίτο, και ένα τέταρτο, κοκ. Με αυτόν τον τρόπο ο αποφασίζων μας δίνει την εξής σειρά κριτηρίων: K3 – K7 – K1 – K4 – K2 – K5 – K6 (δηλ. ως σημαντικότερη θεωρεί την αλλαγή του κριτηρίου K3 από την χειρότερη στην καλύτερη τιμή του, ακτόπιν αυτήν του K7, κοκ.).

B) Ζητάμε από τον αποφασίζοντα να εκτιμήσει πόσο σημαντική είναι η αλλαγή  $1 \rightarrow 5$  σε σχέση με την αλλαγή  $2047,5 \text{ €} \rightarrow 2730 \text{ €}$ .

Π.χ. εάν η αλλαγή  $2047,5 \text{ €} \rightarrow 2730 \text{ €}$  είναι τριπλάσια σημαντική από την αλλαγή  $1 \rightarrow 5$ , ή η αλλαγή  $1 \rightarrow 5$  είναι ισοδύναμη με το  $1/3$  της αλλαγής  $2047,5 \text{ €} \rightarrow 2275 \text{ €}$ , τότε έχουμε:

$$\begin{array}{l} \text{Άρα} \quad K_X = 3 K_\Delta \\ \quad \quad K_X + K_\Delta = 1 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} K_X = 3 K_\Delta \\ K_X + K_\Delta = 1 \end{array}} \right\} \begin{array}{l} K_X = 0,75 \\ K_\Delta = 0,25 \end{array}$$

Ζητάμε από τον χρήστη να επιβεβαιώσει τις παραπάνω τιμές των κριτηρίων  $K_X$  και  $K_\Delta$ , και επίσης να κάνει όποιες τελικές μικρορυθμίσεις του θέλει. Ας υποθέσουμε τελικά ότι τελικά  $K_X = 0,6$  και  $K_\Delta = 0,4$ .

3) Υπολογίζουμε για κάθε περίπτωση (τελικό κλάδο) το I (με βάση τα παραπάνω ειδικά βάρη των δύο κριτηρίων, καθώς επίσης τις κανονικοποιημένες τιμές (στην κλίμακα  $0=100$ ) για κάθε μέγεθος-στόχο(κριτήριο))

	X	Δ	$I = 0,6X + 0,4\Delta$
Κλίμα στην ομάδα	81	100	88.6
	81	90	84.6
	81	60	72.6
	81	25	58.6
	81	0	48.6
Αριθμός ωρών εργασίας	100	60	84.0
	40	60	48.0
	0	60	24.0

4) Επιλύουμε το Δένδρο Απόφασης βάσει του I

$$E(I/A) = 0,35*84 + 0,50*48 + 0,15*24 = 57$$

$$E(I/B) = 0,10*88,6 + 0,25*84,6 + 0,40*72,6 + 0,20*58,6 + 0,05*48,6 = 73,2$$

5) Κατασκευάζουμε τα απλά και αθροιστικά προφίλ κινδύνου κάθε εναλλακτικής επιλογής

6) Εξαγωγή τελικού συμπεράσματος: Τελικά η επιλογή B δίδει υψηλότερη μέση αναμενόμενη τιμή της συνολικής ικανοποίησης, και παράλληλα έχει χαμηλότερο κίνδυνο: από τα αθροιστικά προφίλ κινδύνου των εναλλακτικών επιλογών προκύπτει ότι η B στοχαστικά υπερέχει της A (δηλαδή ευρίσκεται δεξιάτερα της A:  $\forall$  επίπεδο ικανοποίησης η πιθανότητα να έχουμε χαμηλότερό του επίπεδο ικανοποίησης είναι υψηλότερη για την A από ότι για τη B ). Αρα η συνολικά βέλτιστη επιλογή (λαμβανομένων υπ' όψιν και των δύο στόχων) είναι η B

**Παράδειγμα:** Για μία αναπτυσσόμενη μηχανή πρέπει να επιλεγεί ο βέλτιστος μεταξύ 4 εναλλακτικών σχεδιασμών: Βασικοί στόχοι – κριτήρια: κόστος, περιβαλλοντική ρύπανση, αξιοπιστία. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε την βαθμολογία κάθε σχεδιασμού σε κάθε ένα από τα κριτήρια αυτά. Επίσης δίδεται ότι η αλλαγή 0  $\rightarrow$  100 της αξιοπιστίας είναι διπλάσια σημασία της αλλαγής 0  $\rightarrow$  100 της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Από αυτό προκύπτει ότι  $K_A = 2 K_{Π}$ ,  $K_A + K_{Π} = 1 \rightarrow K_A \approx 70\%$  ,  $K_{Π} \approx 30\%$ . Συνεπώς η πέμπτη στήλη της ‘συνολικής ποιότητας’ ισούται με 70% επί την τέταρτη στήλη (‘αξιοπιστία’) συν 30% επί την τρίτη στήλη (‘περιβαλλοντική ρύπανση’).

Σχεδιασμός	Κόστος (χιλ. €)	Περιβαλλοντική Ρύπανση	Αξιοπιστία	Συνολική Ποιότητα	Ανηγμένο Κόστος	Τελική Βαθμολογία
A	90	20	100	76	72,7	96
B	110	70	0	21	54,5	36
C	170	100	90	93	0	93
D	60	0	50	35	100	62,5

Επίσης οι μηχανικοί εκτιμούν ότι η αλλαγή του επιπέδου ρύπανσης 0 $\rightarrow$ 100 αξιολογείται από την αγορά ότι έχει οικονομική αξία της τάξης των 120 χιλ.€, συνεπώς 120 χιλ.€ ισοδυναμούν με 30 βαθμούς συνολικής ποιότητας (30% $\times$ 100)  $\rightarrow$

ένας βαθμός συνολικής ποιότητας ισοδυναμεί με 4 χιλ.€. Ομως  $170-60 = 110$  χιλ.€ ισοδυναμούν με 100 βαθμούς οικονομικού κόστους, συνεπώς ένας βαθμός οικονομικού κόστους ισοδυναμεί με 1,1 χιλ.€, άρα και με  $1,1/4=0,275$  βαθμούς ποιότητας. Συνεπώς η ‘τελική βαθμολογία’ κάθε σχεδιασμού στην τελική στήλη ισούται με την ‘βαθμολογία ποιότητάς’ του (πέμπτη στήλη) συν 0,275 επί την οικονομική βαθμολογία (ανηγμένο κόστος) (έκτη στήλη). Από την τελική αυτή στήλη προκύπτει ότι βέλτιστη επιλογή είναι ο σχεδιασμός A ο οποίος έχει την υψηλότερη τελική βαθμολογία.

### **2.9. Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (Analytic Hierachy Process – AHP)**

Η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (Analytic Hierachy Process – AHP) είναι μία άλλη μεθοδολογία ανάλυσης προβλημάτων αποφάσεων πολλαπλών στόχων (πολυκριτηριακών). Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στην ιεράρχηση:

- των κριτηρίων (→ ειδικά βάρη)
- των εναλλακτικών επιλογών ως προς τα κριτήρια αυτά

Συγκεκριμένα περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

(α) Αρχικά συγκρίνουμε (ιεραρχούμε) κάθε κριτήριο ως προς τη σημαντικότητά του σε σχέση με όλα τα άλλα κριτήρια στην κλίμακα 1-9, όπου :

9 = εξαιρετικά σημαντικότερο

7 = πολύ έντονα σημαντικότερο

5 = έντονα σημαντικότερο

3 = μέτρια σημαντικότερο

1 = όμοια σημαντικό

(β) Κατόπιν συνθέτουμε τις αξιολογήσεις αυτές και προσδιορίζουμε τα ειδικά βάρη των κριτηρίων.

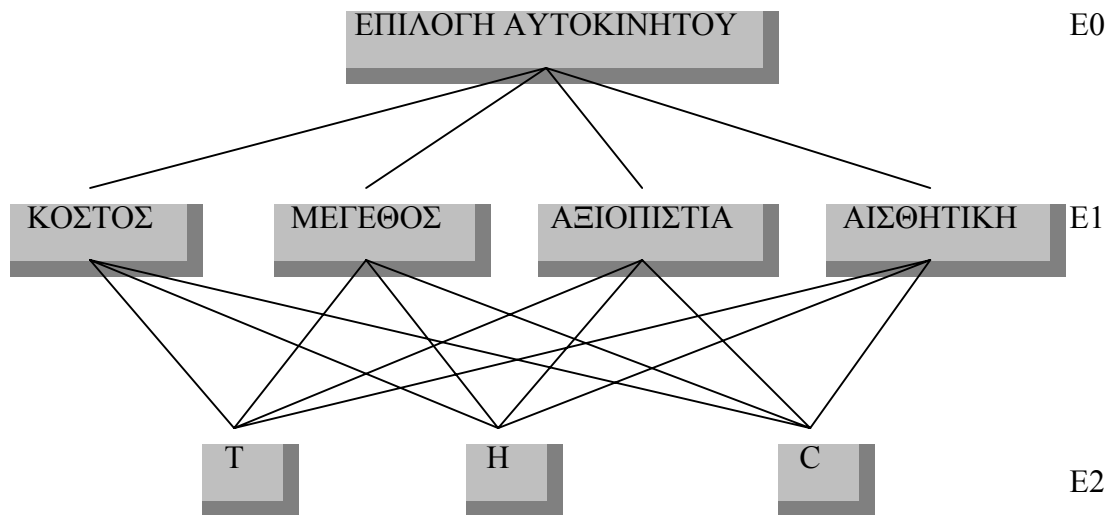
(γ) Στη συνέχεια για κάθε κριτήριο συγκρίνουμε (ιεραρχούμε) κάθε μία επιλογή με όλες τις άλλες, και κατόπιν υπολογίζουμε το ποσοστό προτεραιότητας κάθε επιλογής

ως προς το κριτήριο αυτό.

(δ) Τέλος υπολογίζουμε την συνολική προτεραιότητα κάθε επιλογής, βάσει των ποσοστών προτεραιότητός της στα διάφορα κριτήρια (βήμα γ) και των ειδικών βαρών των κριτηρίων (βήμα β):

$$P = \sum_{i=1}^m \text{ειδικό\_βάρος} * P_{ri}$$

**Παράδειγμα:** πολυκριτηριακή επιλογή αυτοκινήτου μεταξύ των τριών εναλλακτικών επιλογών με κριτήρια το κόστος, το μέγεθος, την αξιοπιστία και την αισθητική



Γενικά: Στην AHP κάθε στοιχείο του επιπέδου  $E_i$  συγκρίνεται με όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του ίδιου επιπέδου αναφορικά με κάθε στοιχείο του ανωτέρου του επιπέδου  $E_{i-1}$ . Στο παράδειγμά μας

(i) Από τις απαντήσεις του αποφασίζοντος σε μία σειρά σχετικών ερωτήσεων που του υποβλήθηκαν προέκυψε ότι το κόστος είναι όμοια προς μέτρια σημαντικότερο της αξιοπιστίας (2), μέτρια σημαντικότερο της αισθητικής (3) και μέτρια σημαντικότερο του μεγέθους (3). Με βάση τις εκτιμήσεις αυτές δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας.

	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

(ii) Στην συνέχεια προχωρούμε στην κανονικοποίηση των στηλών:

- αθροίζουμε τα στοιχεία κάθε στήλης
- διαιρούμε κάθε στοιχείο με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης

και κατόπιν υπολογίζουμε τον μέσο όρο κάθε γραμμής → ειδικό βάρος κριτηρίου

	Κόστος	Αξιοπιστία	Μέγεθος	Αισθητική	M.O.
Κόστος	0,46	0,55	0,40	0,44	0,44
Αξιοπιστία	0,23	0,27	0,40	0,31	0,31
Μέγεθος	0,15	0,09	0,07	0,11	0,10
Αισθητική	0,15	0,09	0,13	0,15	0,15
	1,00	1,00	1,00	1,00	0,15

(iii) Ακολουθώντας για κάθε κριτήριο συγκρίνουμε κάθε μία επιλογή προς όλες τις άλλες, και κατόπιν υπολογίζουμε το ποσοστό προτεραιότητά της με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω στο β):

- αθροίζουμε τα στοιχεία κάθε στήλης
- διαιρούμε κάθε στοιχείο με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης
- υπολογίζουμε τον μέσο όρο κάθε γραμμής → ποσοστό προτεραιότητας της επιλογής ως προς το συγκεκριμένο κριτήριο

### I. Κόστος

	T	H	C	ΠΡΟΤ
T	1	1	2	→ 0.41
H	1	1	1	→ 0.33
C	1/2	1	1	→ 0.26

### II. Αξιοπιστία

	T	H	C	ΠΡΟΤ
T	1	1	3	→ 0.43
H	1	1	3	→ 0.43
C	1/3	1/3	1	→ 0.14

### III. Μέγεθος

	T	H	C	ΠΡΟΤ
T	1	3	1	→ 0.43
H	1/3	1	1/3	→ 0.14
C	1	3	1	→ 0.43

### IV. Αισθητική

	T	H	C	ΠΡΟΤ
T	1	4	3	→ 0.63
H	1/4	1	2	→ 0.22
C	1/3	1/2	1	→ 0.15

(iv) Τέλος υπολογίζουμε την συνολική προτεραιότητα κάθε επιλογής με βάση τον τύπο:

$$P = \sum_{i=1}^4 \text{ειδικό\_βάρος} * P_{ri}$$

$$P_T = 0.44*0.41 + 0.31*0.43 + 0.1*0.43 + 0.15*0.63 = 0.45$$

$$P_H = 0.44*0.33 + 0.31*0.43 + 0.1*0.14 + 0.15*0.22 = 0.33$$

$$P_C = 0.44*0.26 + 0.31*0.14 + 0.1*0.43 + 0.15*0.15 = 0.22$$

Συνεπώς βέλτιστη επιλογή είναι το αυτοκίνητο T το οποίο έχει την υψηλότερη συνολική προτεραιότητα (λαμβανομένων υπ' όψιν των τεσσάρων κριτηρίων).