

The background is a solid dark blue color. On the left side, there is a vertical strip of colorful, pixelated gears in shades of orange, yellow, and white. Overlaid on the blue background are several large, semi-transparent gears in various shades of blue and grey, arranged in a cluster. The text "Εργασία μαθήματος" is centered in the middle of the page in a yellow, sans-serif font.

# Εργασία μαθήματος

## Εισαγωγή (1/2)

- Η άσκηση απαιτεί τη χρήση του λογισμικού Web-HIPRE
  - <http://www.hipre.hut.fi/>
- Η εισαγωγή βασίζεται στο υποστηρικτικό υλικό:
  - eLearning resources / MCDA team
    - Director Prof. Raimo P. Hämmäläinen  
Helsinki University of Technology  
Systems Analysis Laboratory  
<http://www.mcda.hut.fi>

## Εισαγωγή (2/2)

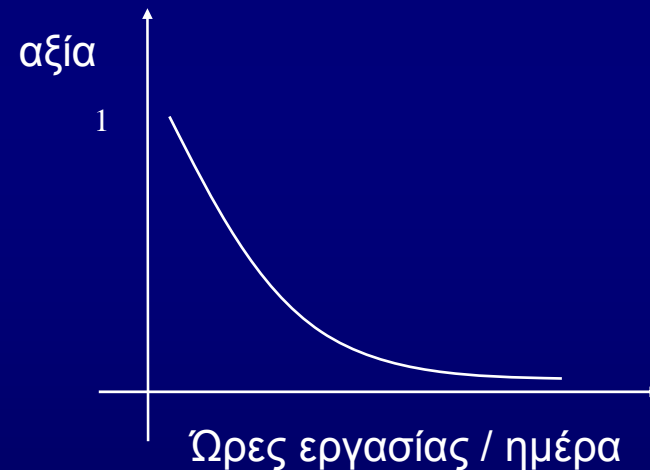
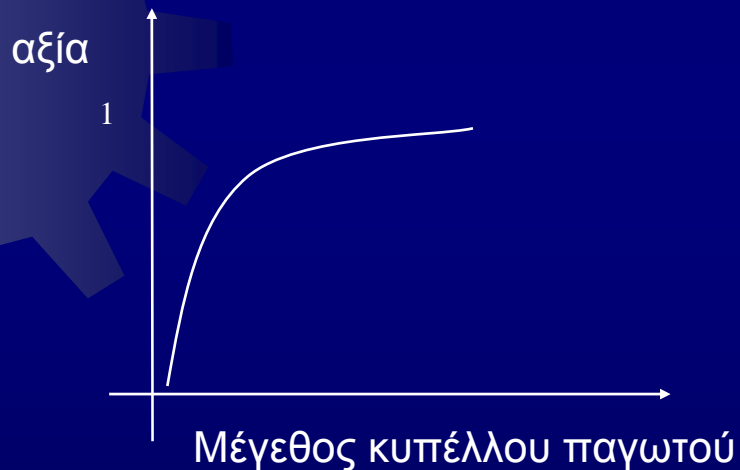
- Η παρούσα αποτελεί συνοπτική εισαγωγή στην ανάλυση λήψης απόφασης πολλαπλών κριτηρίων (multiple criteria decision analysis) και συγκεκριμένα στην ιεραρχική ανάλυση αποφάσεων (value tree analysis).
- Η εισαγωγή αποσκοπεί στην κατανόηση:
  - των βασικών εννοιών της ιεραρχικής ανάλυσης αποφάσεων
  - του τρόπου δημιουργίας της ιεραρχικής δομής
  - της χρήσης του λογισμικού Web-HIPRE για την υποστήριξη της συλλογικής λήψης απόφασης σε περιπτώσεις απλών προβλημάτων

## Βασικές έννοιες

- Στόχος
  - είναι «αυτό» που κάποιος επιθυμεί να επιτύχει
  - π.χ. «μεγαλύτερες αποδοχές»
- Επιμέρους στόχοι, ιδιότητες ή κριτήρια
  - δείχνουν το βαθμό επίτευξης ενός στόχου για μια δεδομένη εναλλακτική απόφαση
  - π.χ. επιλέγοντας μια συγκεκριμένη θέση εργασίας μπορεί κάποιος να κερδίζει 3000 €/μήνα
- Εναλλακτικές αποφάσεις
  - οι επιλογές που είναι διαθέσιμες
    - π.χ. ιδιωτικός ή δημόσιος υπάλληλος
  - συνήθως είναι διακριτές αλλά μπορεί να είναι και συνεχείς

## Συνάρτηση αξίας (Value Function)

- Η συνάρτηση αξίας (value function)  $v(x)$  ορίζει μια τιμή (μία αξία), για κάθε τιμή ιδιότητας (κριτηρίου)  $x$
- Η αξία περιγράφει πόσο υποκειμενικά επιθυμητή είναι η αντίστοιχη τιμή ιδιότητας
- Για παράδειγμα:



- Στην πράξη είναι συχνά δυνατό να εκτιμήσουμε μόνο σχέσεις προτίμησης:
  - $g(a) > g(b)$  ( $a$  προτιμάται από την  $b$  ως προς το κριτήριο  $g$ )
  - $g(a) = g(b)$  ( $a$  είναι ισοδύναμη με την  $b$  ως προς το κριτήριο  $g$ )

## Δένδρο αξιών (Value Tree)

- Σε ένα δένδρο αξιών οι στόχοι οργανώνονται ιεραρχικά

Βασικός στόχος

Επιμέρους στόχοι

Ιδιότητες  
(Κριτήρια)

Εναλλακτικές επιλογές



- Κάθε στόχος καθορίζεται από τους επιμέρους στόχους και τις ιδιότητες
- Μπορεί να υπάρχουν διάφορα επίπεδα στόχων
- Οι ιδιότητες προστίθενται κάτω από το χαμηλότερο επίπεδο στόχων
- Οι εναλλακτικές αποφάσεις συνδέονται με τις ιδιότητες

# Φάσεις ανάλυσης δένδρου αξιών

- Η δομή προβλήματος στοχεύει στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος
- Το πλαίσιο απόφασης είναι το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνεται μια απόφαση
- Στον καθορισμό προτιμήσεων οι προτιμήσεις του αρμοδίου για τη λήψη της απόφασης εκτιμούνται και μετρούνται με βάση το σύνολο των στόχων
- Η ανάλυση ευαισθησίας εξετάζει πως οι μεταβολές στο μοντέλο επηρεάζουν την προτεινόμενη απόφαση

## Φάσεις ανάλυσης δένδρου αξιών



### Σημείωση:

Περισσότερες πληροφορίες για τα επιμέρους βήματα υπάρχει στο Παράρτημα της εκφώνησης της εργασίας

## Παράδειγμα προβλήματος: επιλογή εργασίας

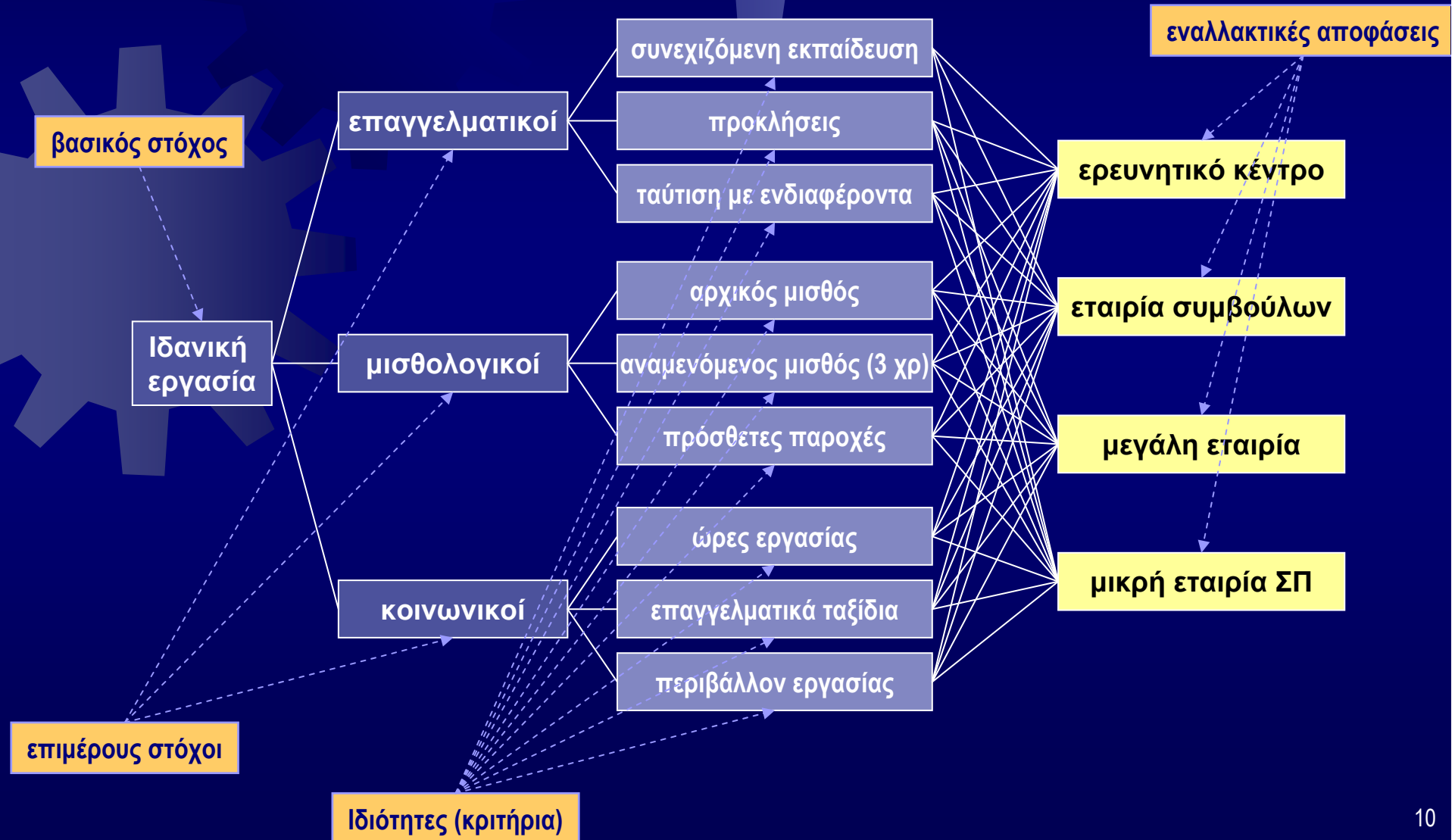
- Υποθέστε ότι έχετε τέσσερις προσφορές εργασίας και πρέπει να επιλέξετε μεταξύ:
  - θέσης ερευνητή σε ένα κρατικό ερευνητικό κέντρο
  - θέσης συμβούλου σε πολυεθνική εταιρία συμβούλων επιχειρήσεων
  - θέσης αναλυτή αποφάσεων σε μεγάλη εθνική εταιρία
  - θέσης εργασίας σε μία μικρή εταιρία συστημάτων πληροφορικής (ΣΠ)



## Ιεραρχική οργάνωση στόχων

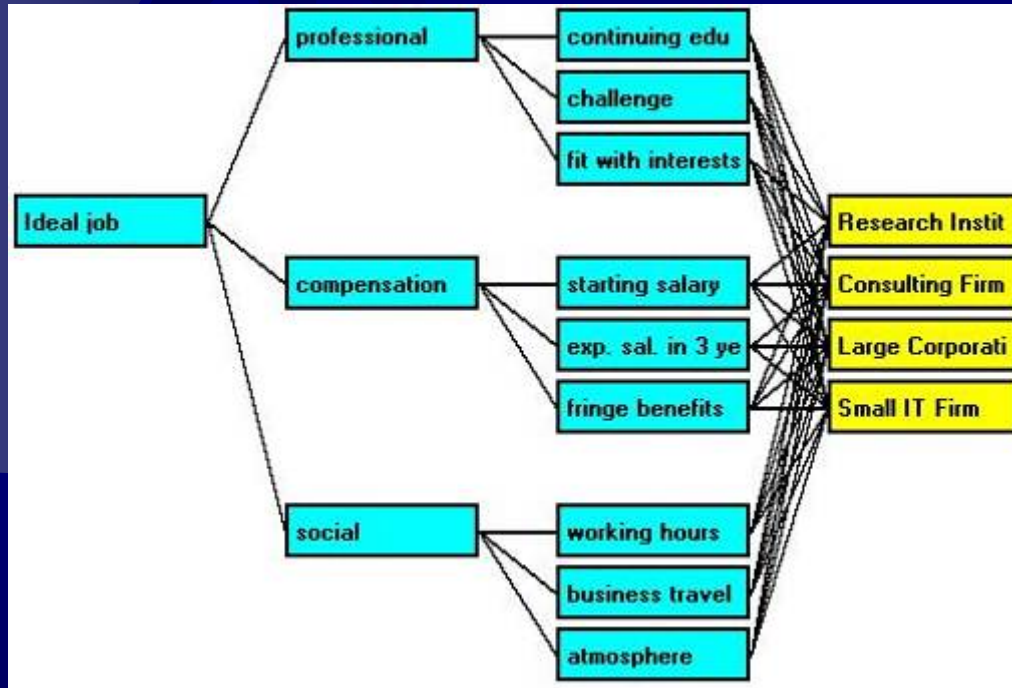
1. Προσδιορισμός του βασικού στόχου
2. Αποσαφήνισή του με τον προσδιορισμό επιμέρους στόχων  
Προσθήκη των επιμέρους στόχων στο επόμενο επίπεδο της ιεραρχίας
3. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου μια ιδιότητα (κριτήριο) μπορεί να συνδεθεί με κάθε επιμέρους στόχο του χαμηλότερου επιπέδου
4. Προσδιορισμός των εναλλακτικών αποφάσεων και σύνδεσή τους με τις ιδιότητες (κριτήρια)
5. Επανάληψη των βημάτων 1- 4, μέχρι να προκύψει μια ικανοποιητική δομή

# Ιεραρχία στόχων: το παράδειγμα της επιλογής εργασίας (1/2)



# Ιεραρχία στόχων: το παράδειγμα της επιλογής εργασίας (2/2)

- Δημιουργία δένδρου αξιών με χρήση του Web-HIPRE:



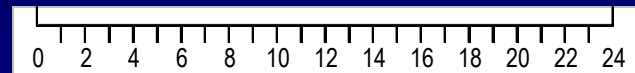
Video Clip: Structuring a value tree in Web-HIPRE

1  
2

# Ορισμός του εύρους τιμών των ιδιοτήτων (κριτηρίων)

- Η ανάλυση χρησιμοποιείται για τη σύγκριση μόνο των υπαρχουσών εναλλακτικών λύσεων
- όλες οι τιμές ιδιοτήτων πρέπει να βρίσκονται εντός του εύρους
- το μεγάλο εύρος δυσχεραίνει τη διάκριση των εναλλακτικών λύσεων
- εάν το εύρος είναι πολύ μικρό μπορεί να αποκλεισθούν εναλλακτικές λύσεις

Πιθανό εύρος της ιδιότητας "ώρες εργασίας/ημ."



πραγματικό

αποδεκτό

διαθέσιμο

θεωρητικά εφικτό

	ερευνητικό κέντρο	εταιρία συμβούλων	μεγάλη εταιρία	μικρή εταιρία ΣΠ	Εύρος
συνεχιζόμενη εκπαίδευση	3	3	1	2	1 - 3
αρχικός μισθός (€)	1900	2700	2200	2300	1900 - 2700
αναμενόμενος μισθός (σε 3 χρ)	2500	3500	2800	3000	2500 - 3500
ώρες εργασίας (ώρες/εβδ)	37,5	55	40	42,5	37,5 - 55
περιβάλλον εργασίας	3,2	2,5	3,7	4,5	2,5 - 4,5
επαγγελματικά ταξίδια (ημ/χρ)	20	160	100	30	20 - 160

# Αποτίμηση ιδιοτήτων για κάθε εναλλακτική απόφαση

	ερευνητικό κέντρο	εταιρία συμβούλων	μεγάλη εταιρία	μικρή εταιρία ΣΠ
συνεχιζόμενη εκπαίδευση	3	3	1	2
αρχικός μισθός (€)	1900	2700	2200	2300
αναμενόμενος μισθός (σε 3 χρ)	2500	3500	2800	3000
ώρες εργασίας (ώρες/εβδ)	37,5	55	40	42,5
περιβάλλον εργασίας	3,2	2,5	3,7	4,5
επαγγελματικά ταξίδια (ημ/χρ)	20	160	100	30

Video Clip: Entering the consequences of the alternatives in Web-HIPRE

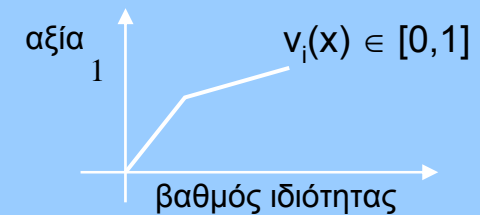
1

# Καθορισμός προτιμήσεων

- Μέτρηση της προτίμησης κάθε στόχου

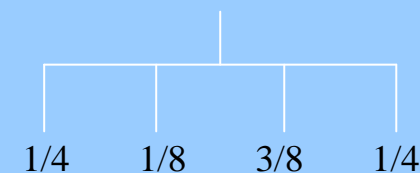
## Καθορισμός αξίας

Αρχικά προσδιορίζονται οι συναρτήσεις αξίας  $v_i$  για κάθε ιδιότητα (κριτήριο)  $x_i$



## Καθορισμός βαρύτητας

Στη συνέχεια προσδιορίζεται η σχετική βαρύτητα των ιδιοτήτων (κριτηρίων)  $w_i$



Τέλος, υπολογίζεται η συνολική αξία μιας εναλλακτικής λύσης  $a$  με ιδιότητες  $X_i(a)=x_i$  ( $i=1..n$ ) με τη μέθοδο του ολικού κριτηρίου (σταθμισμένος μέσος)

$$V(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_i)$$

## Συνάρτηση αξίας ενός κριτηρίου

- Δύο κατηγορίες μεθόδων προσδιορισμού συνάρτησης αξίας
- 1. Μέθοδοι αριθμητικού προσδιορισμού (numerical methods)
  - Δίνεται στον DM μία κλίμακα τιμών, κάποιο σημείο αναφοράς για μία ιδιότητα και του ζητείται να εκτιμήσει αριθμητικά πόσο προτιμότερη είναι μία άλλη ιδιότητα σε σχέση με το σημείο αναφοράς
  - Direct rating
  - Ratio estimation
  - Προσδιορισμός της μορφής της συνάρτησης αξίας
- 2. Μέθοδοι εκτίμησης βαθμού αδιαφορίας (indifference methods)
  - Ο DM συγκρίνει ζεύγη προς εκτίμηση αντικειμένων (ιδιότητες, στόχους ή εναλλακτικές)
  - Difference standard sequence
  - Bisection

## Άμεση εκτίμηση (Direct rating)

1. Ταξινομήστε τις εναλλακτικές λύσεις
2. Βαθμολογήστε με 1 βαθμούς την καλύτερη εναλλακτική λύση για μία συγκεκριμένη ιδιότητα (κριτήριο)
3. Βαθμολογήστε με 0 βαθμούς τη χειρότερη εναλλακτική λύση για την ίδια ιδιότητα (κριτήριο)
4. Βαθμολογήστε τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις μεταξύ 0 και 100

Job offer	Working hours a week
Small IT firm	42.5
Large Corp.	40
Consulting firm	55
Research Inst	37.5

Job offer	Rating	Progress Bar
Small IT Firm	0.67	[Green bar]
Large Corporat	0.000	[Empty bar]
Consulting firm	0.335	[Green bar]
Research Instit	1	[Green bar]

**Σημείωση:** Η μέθοδος της άμεση εκτίμησης

- είναι αποδεκτή όταν τα επίπεδα απόδοσης μιας ιδιότητας μπορούν να κριθούν μόνο με υποκειμενικά μέτρα
- δεν υπάρχει κοινά αποδεκτή κλίμακα μέτρησης κριτηρίου

Video Clip: Using direct rating in Web-HIPRE

1



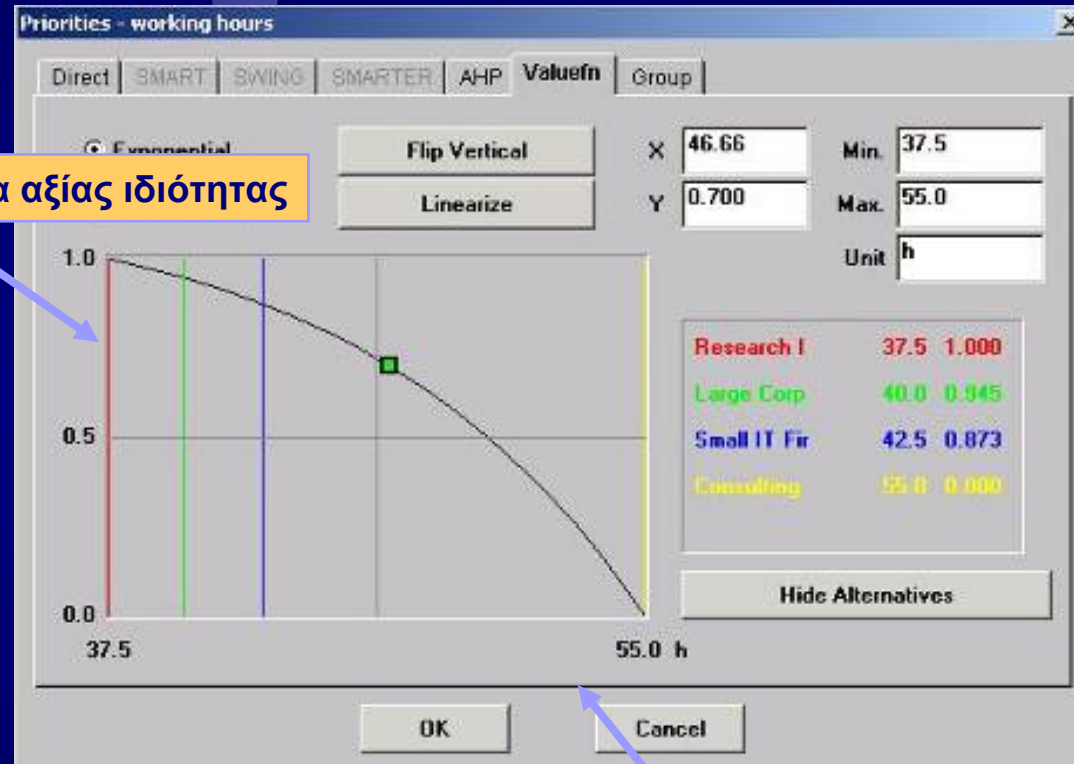
## Ratio estimation

- Μία τιμή κριτηρίου παρουσιάζεται ως αναφορά και ο DM καλείται να συγκρίνει άλλες τιμές με την αναφορά
- Για παράδειγμα "42 weekly working hours is 1.5 times less preferable than the standard 37.5 hours per week"

# Προσδιορισμός της μορφής της συνάρτησης αξίας

Είναι η συνάρτηση αξίας

- αύξουσα
  - ή φθίνουσα;
- γραμμική
  - ή μη
  - π.χ. μια αύξηση στο τέλος της κλίμακας των ιδιοτήτων είναι σημαντικότερη από την ίδια αύξηση στην αρχή της κλίμακας;

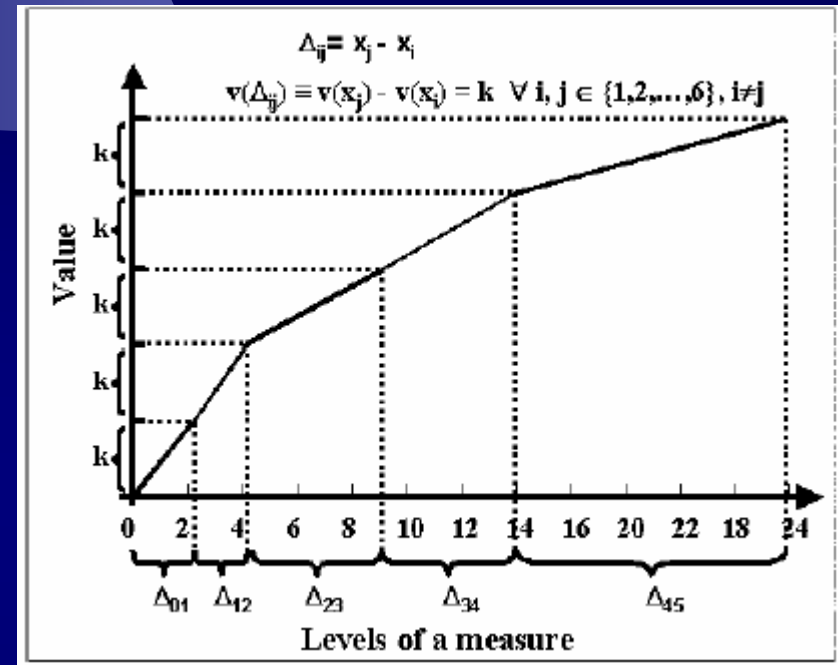


κλίμακα αξίας ιδιότητας

κλίμακα τιμών ιδιότητας

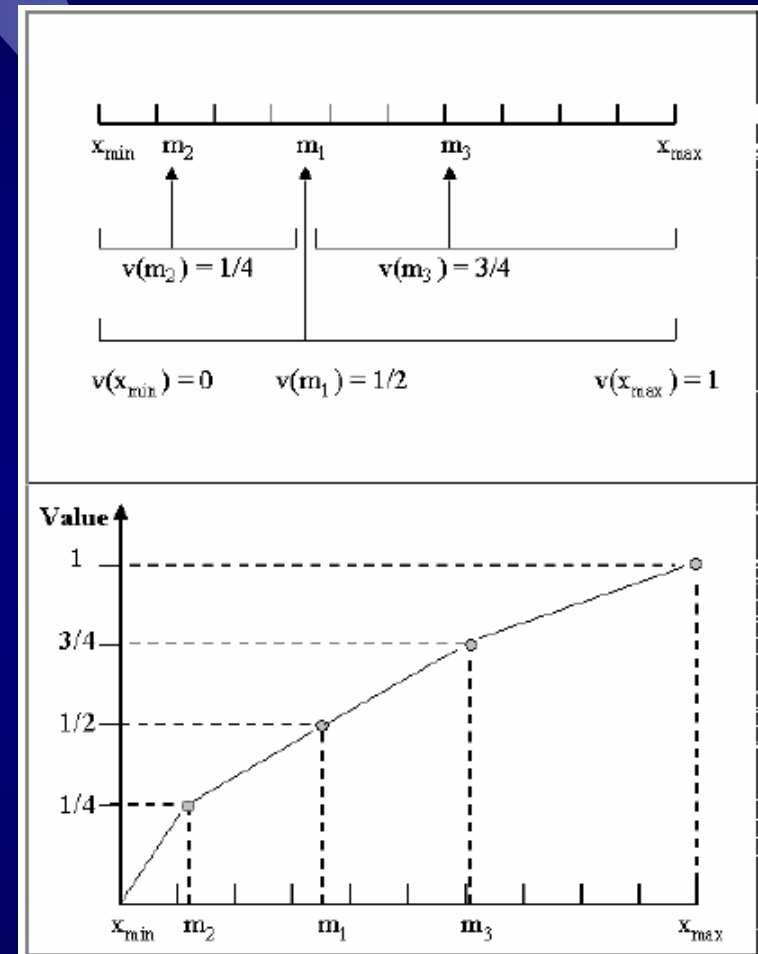
# Difference standard sequence

- Στην difference standard sequence μέθοδο, ο DM ορίζει τιμές της ιδιότητας  $x_1, x_2, \dots, x_N$  έτσι ώστε η αξία μετάβασης από την τιμή  $x_i$  στη  $x_{i+1}$  να είναι η ίδια για όλα τα  $i = 0, \dots, n-1$



# Bisection

- Για μεγαλύτερη απλούστευση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος διαμερισμού (*Bisection method*)
- Στο video clip η μέθοδος διαμερισμού χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό ενός σημείου της καμπύλης αξίας
- Το λογισμικό Web-HIPRE χρησιμοποιεί εκθετική προσέγγιση για τον υπολογισμό της υπόλοιπης συνάρτησης

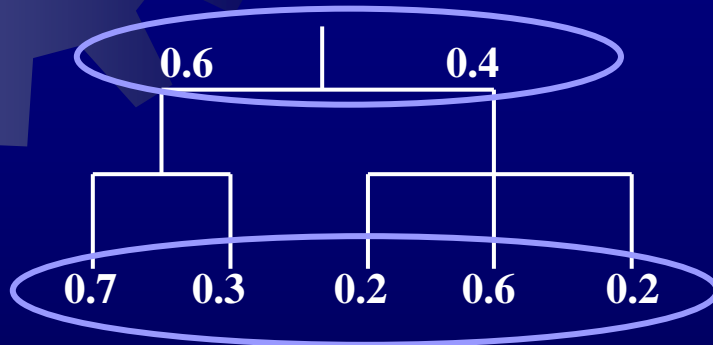


Video Clip: Assessing the form of the value function with bisection method in Web-HIPRE

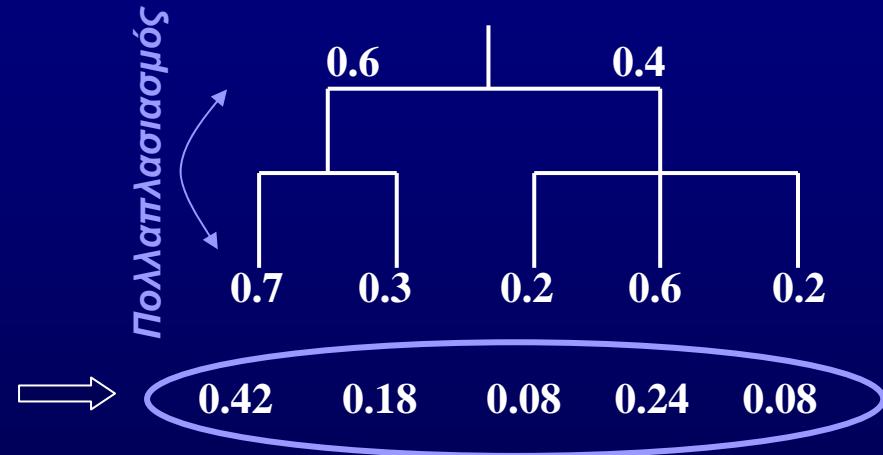
# Καθορισμός βαρύτητας

## ■ Καθορισμός βαρύτητας βάσει ιεραρχίας

1) προσδιορίζεται η βαρύτητα κάθε επιπέδου της ιεραρχίας...



2) ...και γίνονται οι απαιτούμενοι πολλαπλασιασμοί ώστε να προκύψουν οι συντελεστές βαρύτητας του κατώτερου επιπέδου

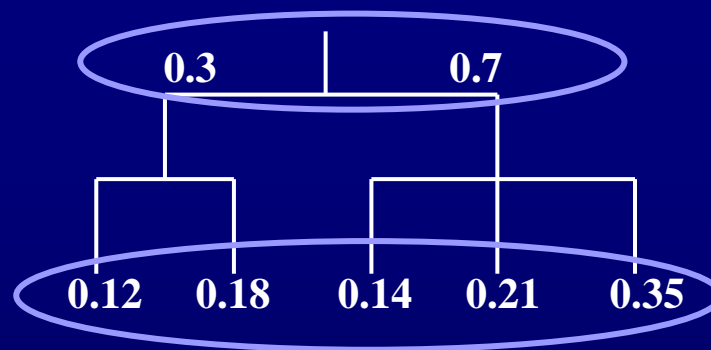


Στη συνέχεια παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι για τον καθορισμό της βαρύτητας...

## Καθορισμός βαρύτητας

- Μη ιεραρχικός καθορισμός βαρύτητας

Προσδιορίζεται η βαρύτητα στο χαμηλό μόνο επιπέδου της ιεραρχίας...



...στη συνέχεια οι βαρύτητες των υψηλότερων επιπέδων προκύπτουν από την άθροιση των βαρυτήτων των χαμηλότερων επιπέδων.

# SMART (Simple MultiAttribute Rating Technique)

1. Βαθμολογήστε με 10 βαθμούς τη λιγότερο σημαντική ιδιότητα (στόχο)

□  $w_{least} = 10$

2. Συγκρίνετε τις άλλες ιδιότητες με το  $x_{least}$  και βαθμολογείστε τες ανάλογα

□  $w_i > 10, i \neq least$

3. Κανονικοποιήστε τις βαρύτητες

□

$$w'_k = \frac{w_k}{\sum_i w_i}$$

όπου  $i = 1 \dots n$ ,

$n = \text{αριθμός ιδιοτήτων (επιμέρους στόχων)}$

Video Clip: Using SMART in Web-HIPRE

1

## AHP (Analytic Hierarchy Process)

1. Συγκρίνετε τους επιμέρους στόχους ή ιδιότητες που βρίσκονται κάτω από ένα στόχο
2. Αποθηκεύστε τις αναλογίες προτίμησης (*preference ratios*) σε έναν πίνακα
  - για κάθε  $i$  και  $j$  ορίστε την αναλογία προτίμησης  $r_{ij} = w_i / w_j$  μεταξύ του  $i$  και  $j$  στόχου (ή ιδιότητας ή εναλλακτικής)

- Ορίστε  $A(i,j) = r_{ij}$

$$A = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix}$$

### 3. Έλεγχος συνέπειας

- Εάν ιδιότητα 1 προτιμότερη από ιδ. 2 και εξίσου προτιμότερη της ιδ. 3, τότε πρέπει να θεωρεί ισάξιες την 2 με τη 3
- *consistency measure – CM*

$$CM = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} \frac{\bar{r}(i,j) - \bar{r}(i,j)^{-1}}{[1 + \bar{r}(i,j)][1 + \bar{r}(i,j)^{-1}]}$$

where

$$\bar{r}(i,j) = \max_k a(i,k)a(k,j)$$

Video Clip: Using AHP in Web-HIPRE

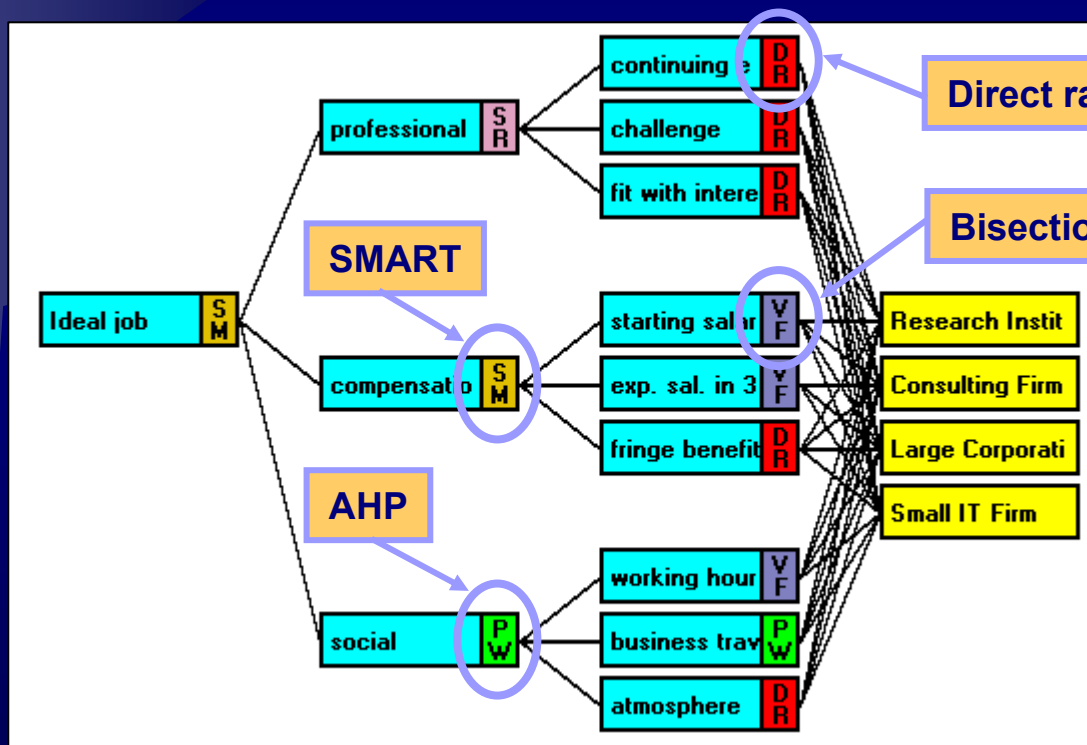
1

- Αν ιδ. 1 προτιμότερη από ιδ. 2 κατά  $r=3$  και ιδ. 2 προτιμότερη από ιδ. 3= κατά  $r=5$  τότε πρέπει να είναι ιδ. 1 προτιμότερη από ιδ. 3 κατά  $r=3 \times 5 = 15$  πράγμα όμως αδύνατο αφού η χρησιμοποιούμενη κλίμακα είναι φραγμένη με σύνηθες πάνω όριο το 9.



# Μέθοδοι καθορισμού προτιμήσεων που χρησιμοποιήθηκαν

- Το δένδρο αξιών του παραδείγματος επιλογής εργασίας και οι μέθοδοι καθορισμού προτιμήσεων που χρησιμοποιήθηκαν όπως παρουσιάζονται στο Web-HIPRE:

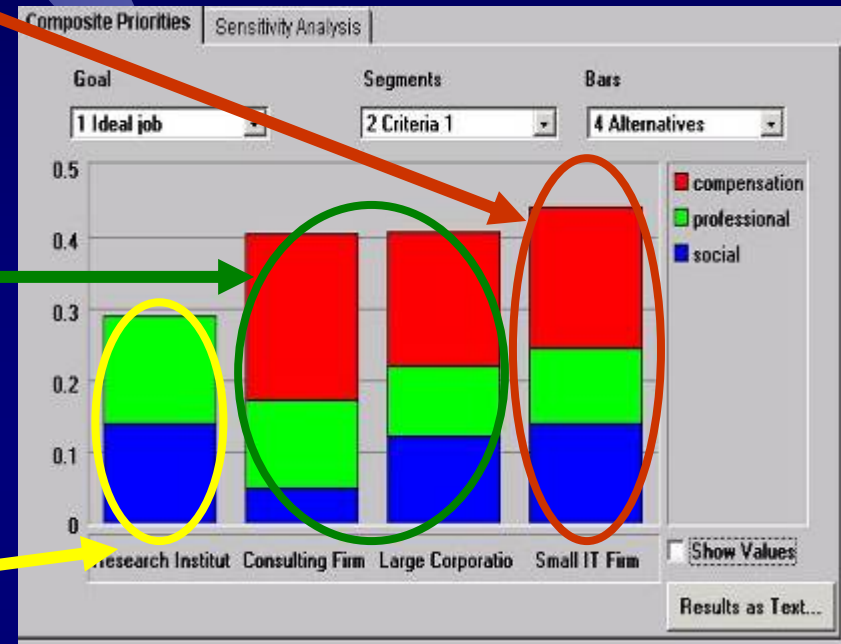


## Σημείωση:

Σε αυτήν την εισαγωγή καλύπτονται μόνο οι μέθοδοι με την επισήμανση

## Προτεινόμενη απόφαση

- Η μικρή εταιρία ΣΠ είναι η προτεινόμενη εναλλακτική λύση με την υψηλότερη συνολική αξία (0.442)
- Η μεγάλη εταιρία και η εταιρία συμβούλων συγκεντρώνουν σχεδόν την ίδια προτίμηση (συνολικές αξίες 0.407 και 0.405 αντίστοιχα)
- Το ερευνητικό κέντρο είναι καθαρά η εναλλακτική με την μικρότερη προτίμηση (συνολική αξία 0.290)



Η λύση του προβλήματος επιλογής εργασίας όπως παρουσιάζεται στο Web-HIPRE. Παρουσιάζεται μόνο το πρώτο επίπεδο στόχων.

Video Clip: Viewing the results in Web-HIPRE

[1](#)

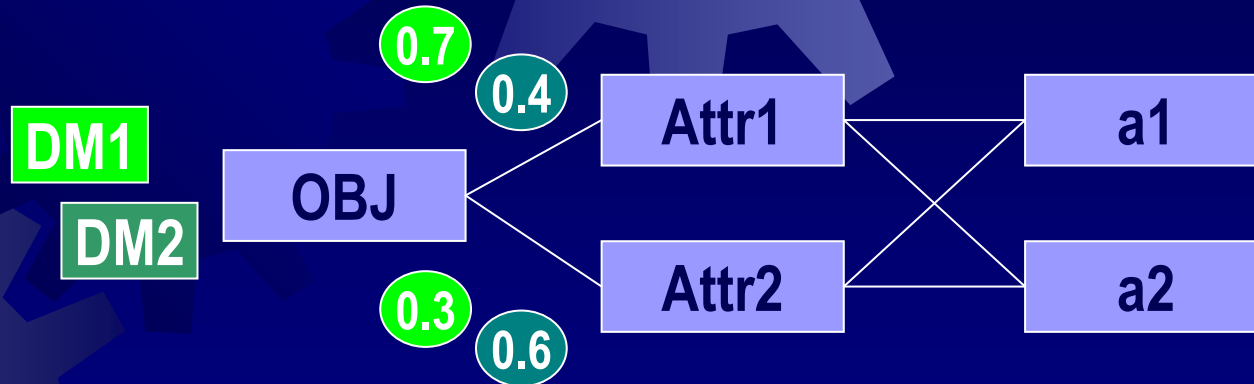
## Μονόδρομη ανάλυση ευαισθησίας (One-way sensitivity analysis)

- Τι συμβαίνει στη λύση του προβλήματος επιλογής εργασίας εάν αλλάξει κάποια παραμέτρος που την επηρεάζει;
  - Τι θα συμβεί εάν για παράδειγμα οι ώρες εργασίας/εβδ. στη μικρή εταιρία ΣΠ ανέλθουν στις 50 ή ο μισθός στο ερευνητικό κέντρο αυξηθεί στα 2900 €/μήνα;
  - Με άλλα λόγια, πόσο ευαίσθητη είναι η λύση στις αλλαγές της βαρύτητας των στόχων, στις συναρτήσεις αξίας μοναδικού κριτηρίου ή στη βαθμολογία των ιδιοτήτων;
- Στην μονόδρομη ανάλυση ευαισθησίας (one-way sensitivity analysis) μια παράμετρος μεταβάλεται στο χρόνο.
- Οι συνολικές αξίες των εναλλακτικών αποφάσεων απεικονίζονται ως συνάρτηση της παραμέτρου αυτής.
- Στη συνέχεια η μονόδρομη ανάλυση ευαισθησίας εφαρμόζεται στο πρόβλημα επιλογής εργασίας.

Video Clip: Sensitivity analysis in Web-HIPRE

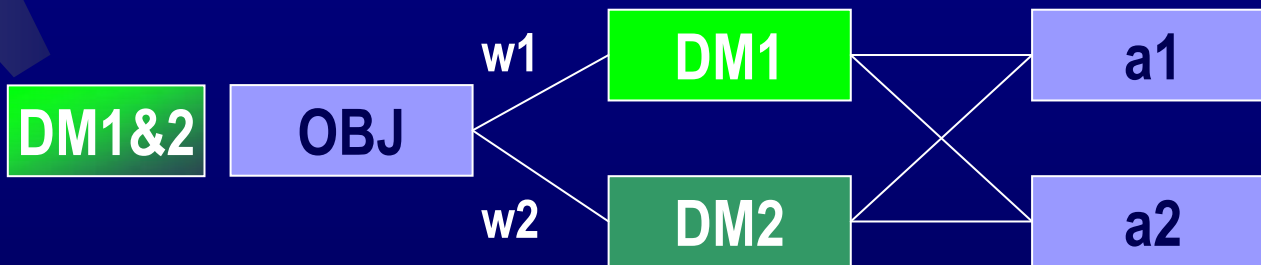
1

# Λήψη συλλογικών αποφάσεων: μέθοδος σταθμισμένου αριθμητικού μέσου



**DM1:**  $v_1(a_1) = 0.7 \text{Attr1}_{\text{DM1}}(a_1) + 0.3 \text{Attr2}_{\text{DM1}}(a_1)$

**DM2:**  $v_2(a_1) = 0.4 \text{Attr1}_{\text{DM2}}(a_1) + 0.6 \text{Attr2}_{\text{DM2}}(a_1)$



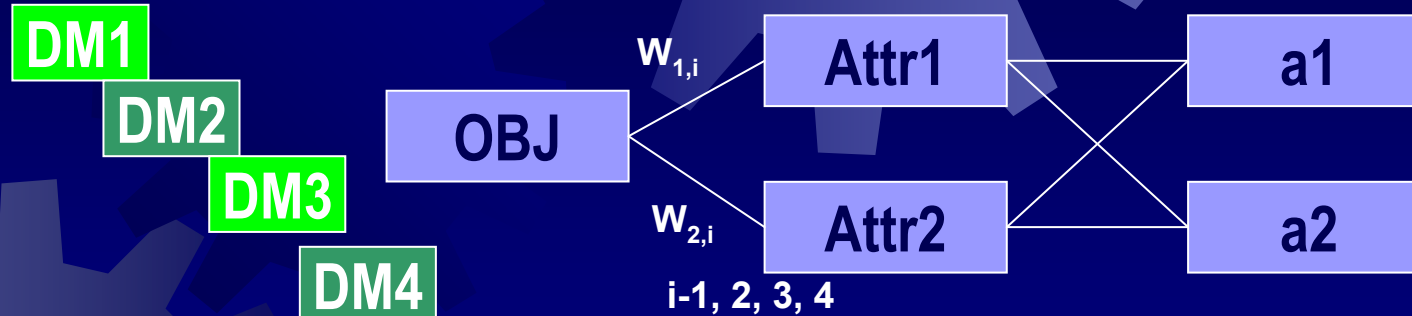
**DM1&2:**  $v_{1\&2}(a_1) = w_1 v_1(a_1) + w_2 v_2(a_1)$

(ομοίως για  $a_2$ )

Video Clip: Group decision making

1

# Λήψη συλλογικών αποφάσεων: μέθοδος imprecise preference statements



DM1	$w_1=0.2$	$w_2=0.8$
DM2	$w_1=0.3$	$w_2=0.7$
DM3	$w_1=0.4$	$w_2=0.6$
DM4	$w_1=0.25$	$w_2=0.75$

---

**Group**  $w_1=[0.2, 0.4]$   $w_2=[0.6, 0.8]$

- The result is unambiguous only if an alternative dominates the other alternatives in absolute sense. That is, the alternative gives the highest value, and the value interval does not overlap with others.
- If no alternative dominates the others in absolute sense, the recommended solution should be selected among the nondominated solutions.
- It may be that the DM's preference statements need to be refined to reduce the set of the nondominated alternatives<sub>29</sub>

## Διαθέσιμες μέθοδοι στο WebHIPRE

- Υπολογισμός της συνάρτησης
- Άμεση εκτίμηση (Direct rating)
- Διαμερισμό (Bisection)
- Difference standard sequence
- Category estimation
- Ratio estimation
- AHP