

Πολυκριτήρια Ανάλυση και Λήψη Αποφάσεων

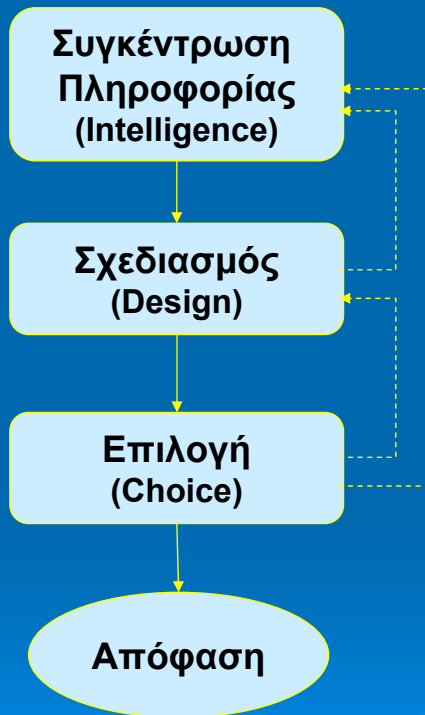
Χριστίνα Ευαγγέλου, Νίκος Καρακαπιλίδης

Industrial Management & Information Systems Lab
MEAD, University of Patras, Greece
{chriseva, nikos}@mech.upatras.gr

Διάρθρωση ενότητας

- **Ανάλυση Αποφάσεων με Πολλαπλά Κριτήρια**
 - Βασικές Έννοιες
 - Ερευνητικές Προσεγγίσεις
 - Μέθοδοι, Μοντέλα και Τεχνικές
- **Υλοποιημένες Προσεγγίσεις**
 - Παραδείγματα χρήσης

Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων



Πηγή: Simon (1960)

> 1^ο Στάδιο – Συγκέντρωση Πληροφορίας

Αναγνώριση των προβλημάτων ή ευκαιριών και συγκέντρωση των απαραίτητων δεδομένων για το υπό εξέταση θέμα

> 2^ο Στάδιο - Σχεδιασμός

Οι λήπτες αποφάσεων θεωρούν συνολικά τα δεδομένα του προβλήματος και επιλέγουν τη μέθοδο και τα κριτήρια βάσει των οποίων θα γίνει η λήψη της τελικής απόφασης

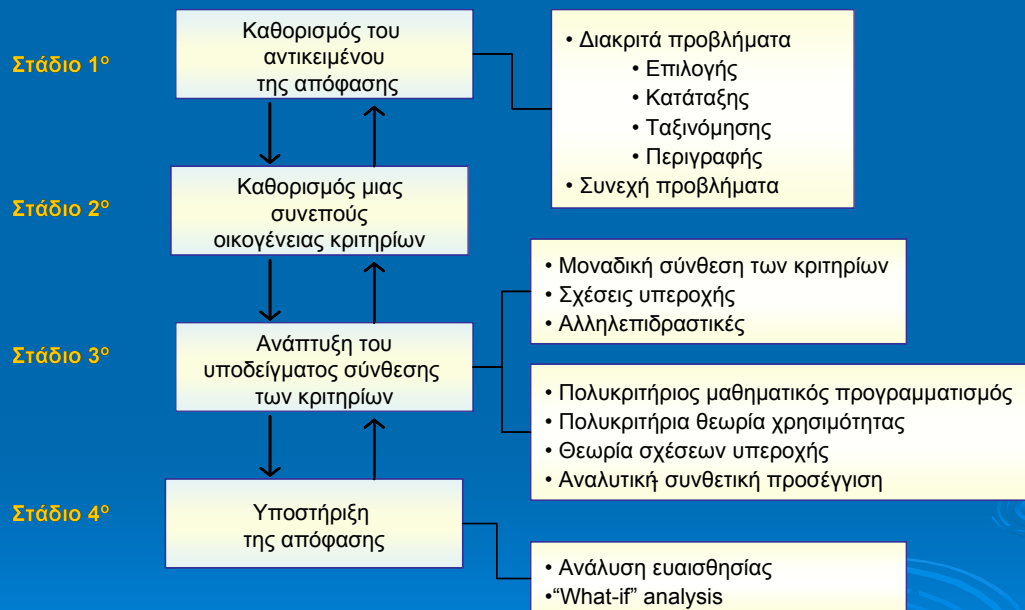
> 3^ο Στάδιο - Επιλογή

Επιλογή κάποιας λύσης. Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πλειάδα μεθόδων οι οποίες προέρχονται από την Επιχειρησιακή Έρευνα και την Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων

Θεωρητικές τάσεις/ρεύματα

- > **Συστήματα Αξιών (Value Systems)** - Αμερικάνικη Σχολή. Στοχεύει στην κατασκευή ενός συστήματος αξίας το οποίο προκύπτει από τη σύνθεση των προτιμήσεων των ληπτών αποφάσεων σε ότι αφορά τα κριτήρια.
- > **Σχέσεις Υπεροχής (Outranking Relations)** - Γαλλική ή Ευρωπαϊκή Σχολή. Στοχεύει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της μη-συγκρισιμότητας μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων.
- > **Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση (Aggregation-Disaggregation Approach).** Στοχεύει στην ανάλυση της συμπεριφοράς του λήπτη αποφάσεων και τον τρόπο αντίληψής του. Με τη χρήση επαναληπτικών διαδικασιών, αναλύονται και στη συνέχεια συντίθενται σε ένα σύστημα αξιών όλες οι παράμετροι του προβλήματος και η μέθοδος κρίσης του λήπτη αποφάσεων.
- > **Πολυκριτήρια Βελτιστοποίηση (Multicriteria Optimization).** Αποτελεί μια επέκταση του Μαθηματικού Προγραμματισμού. Στοχεύει στην επίλυση προβλημάτων όπου δεν υπάρχουν διακριτές εναλλακτικές επιλογές και οι στόχοι είναι περισσότεροι του ενός.

Στάδια Λήψης Αποφάσεων



Πηγή: Roy (1985)

Διακριτά Προβλήματα

- **Επιλογής (choice)**, όπου επιλέγεται η καλύτερη μεταξύ των εναλλακτικών δράσεων. Βασίζεται στην πραγματοποίηση σχετικών συγκρίσεων.
- **Κατάταξης (ranking)**, όπου οι εναλλακτικές δράσεις κατατάσσονται από την καλύτερη προς την χειρότερη. Βασίζεται στην πραγματοποίηση σχετικών συγκρίσεων. Με αυτό τον τρόπο, η επιλογή καθορίζεται από το σύνολο των υπάρχοντων εναλλακτικών.
- **Ταξινόμησης (sorting, classification, discrimination)**, όπου οι εναλλακτικές δράσεις τοποθετούνται σε προκαθορισμένες κατηγορίες. Βασίζεται στην πραγματοποίηση απόλυτων συγκρίσεων. Κάθε εναλλακτική κατατάσσεται με βάση συγκεκριμένους κανόνες και πρότυπα τα οποία διαχωρίζουν τις κατηγορίες. Με αυτό τον τρόπο η ταξινόμηση καθορίζεται από τα προδιαγεγραμμένα πρότυπα, κι όχι από το σύνολο των διατιθέμενων εναλλακτικών.
- **Περιγραφής (description)**, όπου καταγράφονται τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε εναλλακτικής δράσης.

Διάκριση Τεχνικών Επίλυσης

- Τεχνικές βελτιστοποίησης (optimization techniques). Επιδιώκουν την εύρεση της βέλτιστης (καλύτερης δυνατής) λύσης ενός προβλήματος
- Προσεγγιστικές / Ευρετικές τεχνικές (heuristic techniques). Επιδιώκουν την εύρεση της καλύτερης δυνατής λύσης κάτω από κάποιες προϋποθέσεις. Βασίζονται συνήθως σε παραδοχές με στόχο την “απλούστευση” του προβλήματος

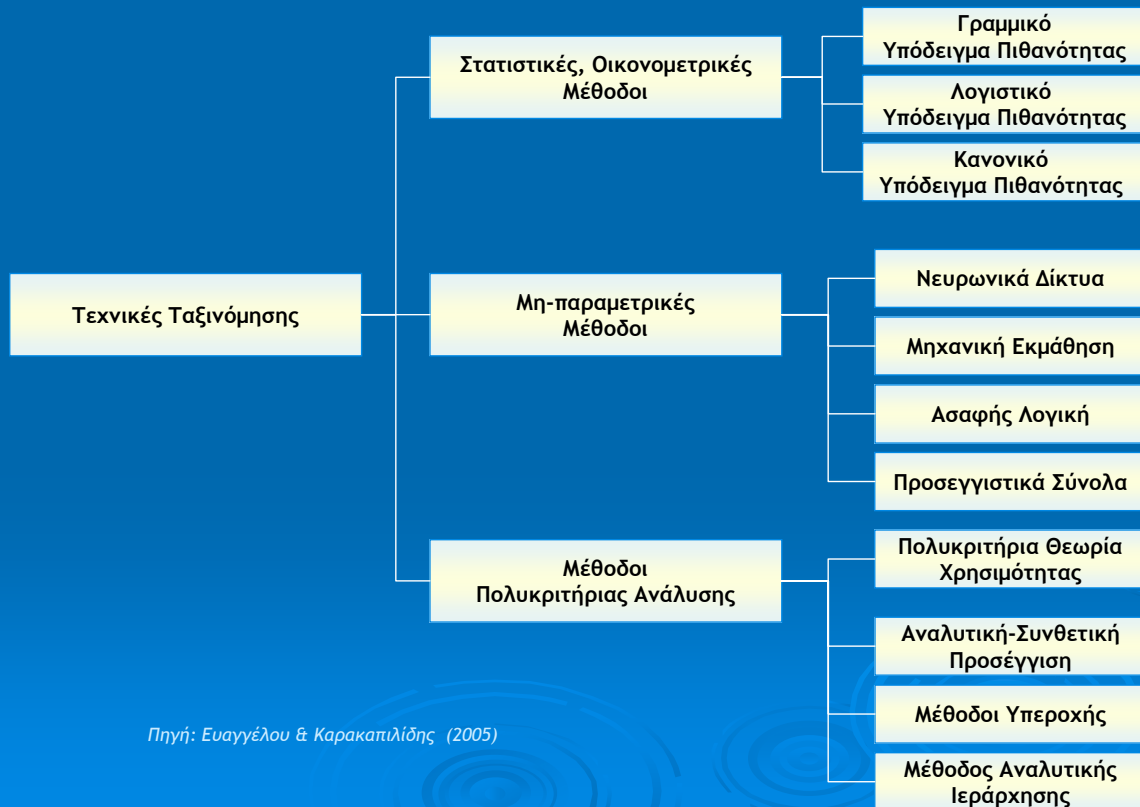
Επιλογή Κριτηρίων

- Καθορισμός μιας **συνεπούς “οικογένειας” κριτηρίων**: αφορά στον εντοπισμό όλων εκείνων των παραγόντων που επιδρούν στο αποτέλεσμα της ανάλυσης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων. Αυτοί εξαρτώνται από το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο (knowledge domain) του προβλήματος υπό θεώρηση. Κάθε τέτοιος παράγοντας έχει τη μορφή κριτηρίου.
- Ως **κριτήριο** ορίζεται κάθε πραγματική συνάρτηση g η οποία αποτυπώνει τη συμπεριφορά των εναλλακτικών δραστηριοτήτων σε ένα πραγματικό αριθμό, ώστε για δύο οποιεσδήποτε εναλλακτικές δραστηριότητες x και x' να ισχύουν:

$$g(x) > g(x') \Leftrightarrow x > x': \text{ η } x \text{ προτιμάται της } x'$$

$$g(x) = g(x') \Leftrightarrow x \sim x': \text{ η } x \text{ είναι ισοδύναμη της } x'$$

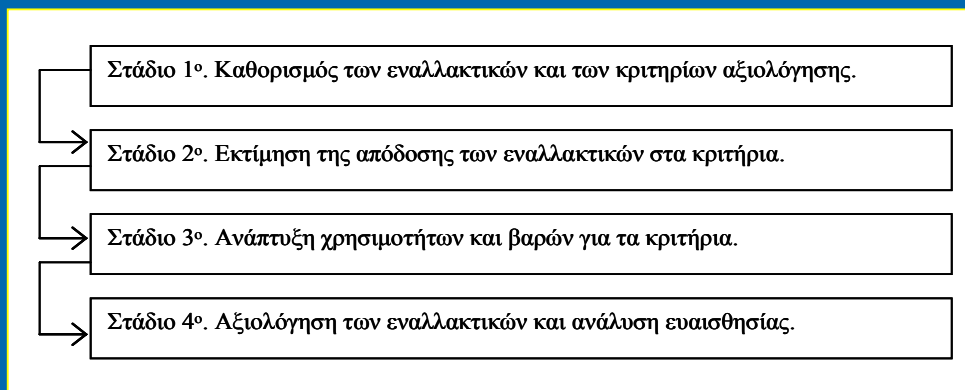
Τεχνικές Ταξινόμησης



Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας (Keeney & Raiffa, 1976)

- Στοχεύει στην αναπαράσταση του **συστήματος αξιών** που συνειδητά ή ασυνείδητα ακολουθεί ο αποφασίζων
- Η αναπαράσταση αυτή γίνεται με την χρήση μιας κατάλληλης **συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας**
- Ζητούμενο είναι ο προσδιορισμός των επιμέρους και της συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας και των ιδιοτήτων τους
- Εφαρμόζεται για την επίλυση προβλημάτων με **διακριτές εναλλακτικές λύσεις**, και ειδικότερα για προβλήματα επιλογής. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου επιθυμείται κατάταξη ή ταξινόμηση των εναλλακτικών σε προκαθορισμένες κατηγορίες

Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας (2)



Η πλέον διαδεδομένη μορφή συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας είναι η προσθετική, η οποία εκφράζεται από τη σχέση:

$$U(g) = p_1 u_1(g_1) + p_2 u_2(g_2) + \dots + p_n u_n(g_n)$$

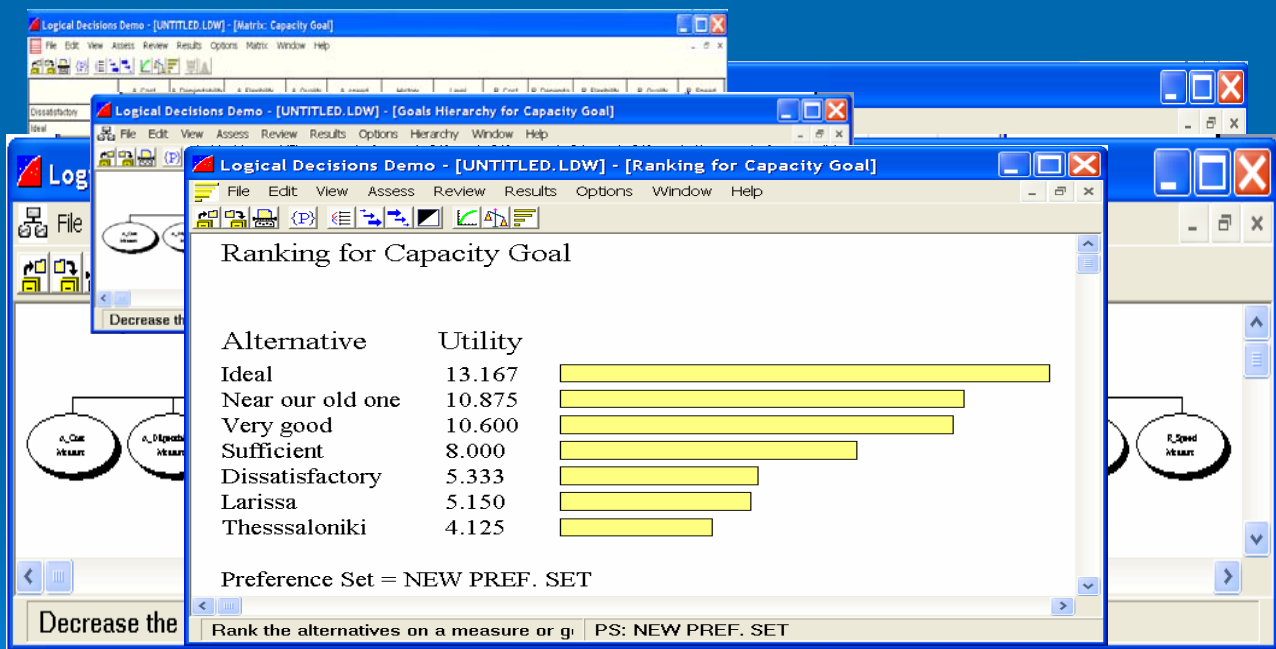
όπου,

- u_i οι συναρτήσεις μερικών χρησιμοτήτων των κριτηρίων g_i ,
- $u_i g_i$ οι συναρτήσεις μερικής χρησιμότητας που καθορίζουν την χρησιμότητα των εναλλακτικών δράσεων βάσει των επιδόσεων τους στο κριτήριο g_i και,
- p_i οι σταθερές (βάρη) που υποδηλώνουν τη σημαντικότητα των κριτηρίων.

Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας (3)

Λέξεις κλειδιά	Συστήματα επίλυσης μέσω Η/Υ
<ul style="list-style-type: none">▪ Κριτήρια▪ Συνάρτηση χρησιμότητας▪ Βάρη▪ Σημαντικότητα▪ Παραχωρήσεις μεταξύ κριτηρίων (trade-offs)▪ Προτιμησιακή ανεξαρτησία	<ul style="list-style-type: none">▪ Logical Decisions▪ Criterium Decision Plus

Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας (4)



Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση

- Χρησιμοποιεί **συναρτήσεις χρησιμότητας** για τη μοντελοποίηση και αναπαράσταση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα, ώστε να γίνει επιλογή, κατάταξη ή ταξινόμηση των διακριτών εναλλακτικών λύσεων
- Η διαφορά με την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας έγκειται στη διαδικασία της ανάπτυξης της συνάρτησης χρησιμότητας
- Η **ανάλυση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα** γίνεται μέσα σε ένα περιορισμένο σύνολο εναλλακτικών ενεργειών, το **σύνολο αναφοράς**
- Ο αποφασίζων εκφράζει τις συνολικές του προτιμήσεις για τις εναλλακτικές ενέργειες του συνόλου αναφοράς ανάλογα με τη μορφή που πρέπει να έχει το αποτέλεσμα της αξιολόγησης ή καθορίζοντας μια ταξινόμηση σε προκαθορισμένες ομάδες
- Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται τεχνικές παλινδρόμησης που βασίζονται στον **Μαθηματικό Προγραμματισμό**, από όπου προκύπτει η συνάρτηση χρησιμότητας η οποία “αναπαράγει” τις αποφάσεις του αποφασίζοντα όπως αυτές εκφράστηκαν στο σύνολο αναφοράς

Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση (2)

Λέξεις κλειδιά	Συστήματα επίλυσης μέσω Η/Υ
<ul style="list-style-type: none">▪ Συναρτήσεις χρησιμότητας▪ Εναλλακτικές ενέργειες▪ Σύνολο αναφοράς▪ Παλινδρόμηση	<ul style="list-style-type: none">▪ UTA (Jacquet-Lagrèze & Siskos, 1982)▪ UTA Plus▪ UTADIS (Devaud <i>et al.</i>, 1980)

<http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html#el3.log>

Η Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση (3)

The screenshot displays the UTA+ software interface. The main window, titled 'Ranking of all alternatives', shows the following results:

r. 1.	U=0.884	Ideal
r. 2.	U=0.758	Near our old one
r. 3.	U=0.694	Very Good
r. 4.	U=0.484	Sufficient
r. 5.	U=0.348	Larissa
r. 6.	U=0.268	Thessaloniki
r. 7.	U=0.230	Dissatisfactory

Other visible windows include 'Near our old one', 'UTA+ - Ordinal regression', and 'User's ranking of reference alternatives'. The 'Ranking of all alternatives' window also features buttons for 'Save', 'Load', 'Print', 'OK', 'Save as text', and 'Help'.

Σχέσεις Υπεροχής

(Roy, 1985)

- Οι Σχέσεις Υπεροχής χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων σε προκαθορισμένες κατηγορίες προβαίνοντας σε **σχετικές συγκρίσεις** με προκαθορισμένα πρότυπα, όταν πληρούνται μια σειρά από προϋποθέσεις
- Η κύρια απαίτηση Μεθόδων Πολυκριτήριας Ανάλυσης είναι η ύπαρξη ενός **μέτρου σύγκρισης** με βάση το οποίο θα συγκρίνονται όλες οι εναλλακτικές. Σε περίπτωση όπου δεν υπάρχει αυτό το μέτρο σύγκρισης, τότε απλά οι εναλλακτικές είναι μη συγκρίσιμες
- Η ειδική μεθοδολογία των μεθόδων **Electre** μπορεί να δώσει λύση σε περιπτώσεις όπου τα κριτήρια δεν έχουν κοινό μέτρο σύγκρισης ή ακόμη κι όταν αυτά δεν είναι ποσοτικά προσδιορίσιμα (μέσα από δύο στάδια εφαρμογής)

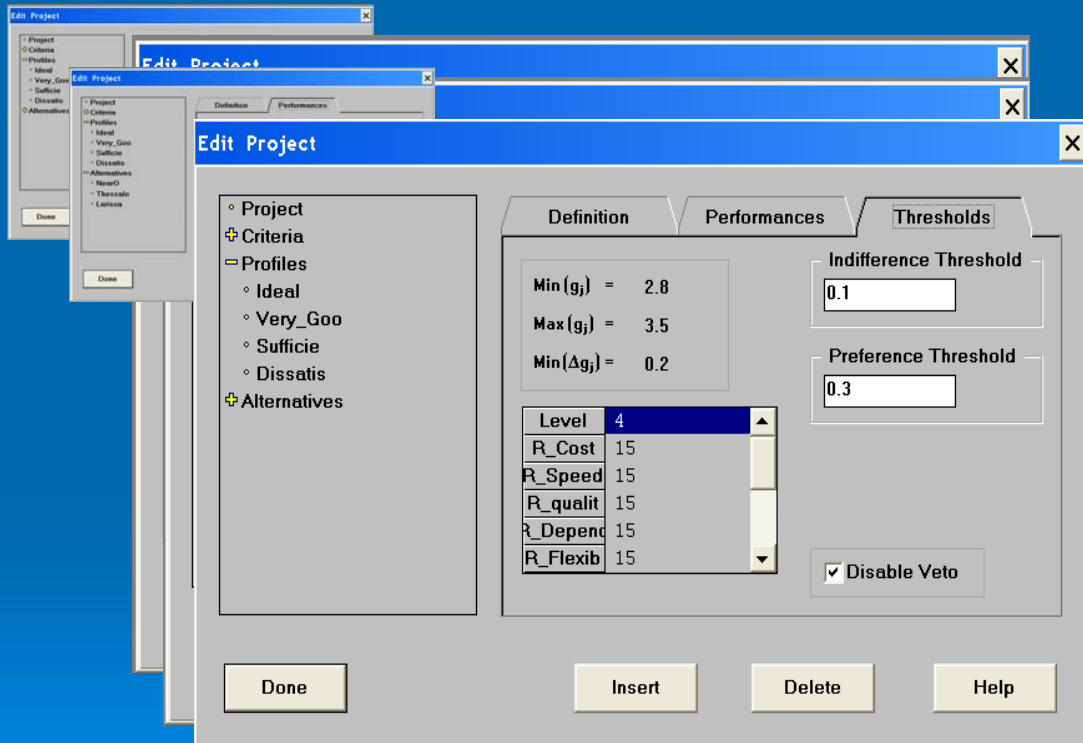
Σχέσεις Υπεροχής (2)

Λέξεις κλειδιά	Συστήματα επίλυσης μέσω ΗΥ
<ul style="list-style-type: none">▪ Εναλλακτικές▪ Κατώφλια (προτίμηση, βέτο, ισοτιμία)▪ Κριτήρια▪ Κλίμακα κριτηρίου▪ Βαθμός σημαντικότητας▪ Περιορισμοί	<ul style="list-style-type: none">▪ Electre TRI Assistant▪ Electre III/ IV▪ Electre Is▪ EVAMIX

<http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html#el3.log>

<http://www.frw.rug.nl/persons/voogd/evamix.htm>

Σχέσεις Υπεροχής (3)



Σχέσεις Υπεροχής (4)

Assignment by Alternative

Alternative Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
Near old	rank4	rank2
Thessalo	rank5	rank4
Larissa	rank5	rank3

Cutting Level: 0.76

Performances of Alternatives

	Level	R cost	R speed	R ualit	R depend	R flexib	History	A cost	A speed	A ualit	A deen	A flexib
Near old	3.5	19	6	15	24	0	4	15	6	9	24	15
Thessalo	3	0	12	6	3	3	1.5	0	-3	6	12	6
Larissa	2.8	-3	12	6	9	9	2	21	15	6	-6	-9

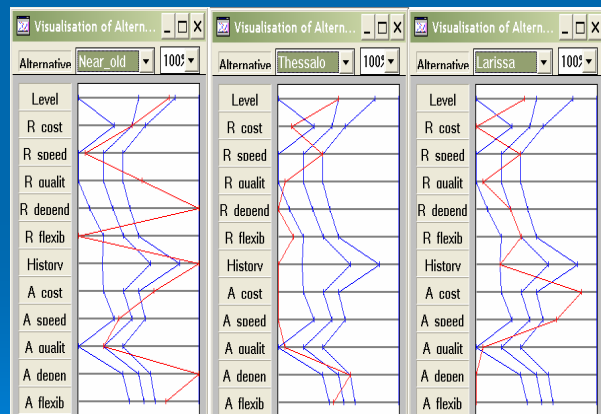
Degrees of Credibility

	Dissatis	Sufficie	VervGood	Ideal
Near old	0.917	0.750	0.583	0.250
Thessalo	0.250	0.417	0.500	1.000
Larissa	0.750	0.833	1.000	1.000

Statistics of Assignment

Category Name	Pessimistic Assignm	Optimistic Assignm
rank1	0% (0 of 3)	0% (0 of 3)
rank2	0% (0 of 3)	33% (1 of 3)
rank3	0% (0 of 3)	33% (1 of 3)
rank4	33% (1 of 3)	33% (1 of 3)
rank5	67% (2 of 3)	0% (0 of 3)

Cutting Level: 0.76

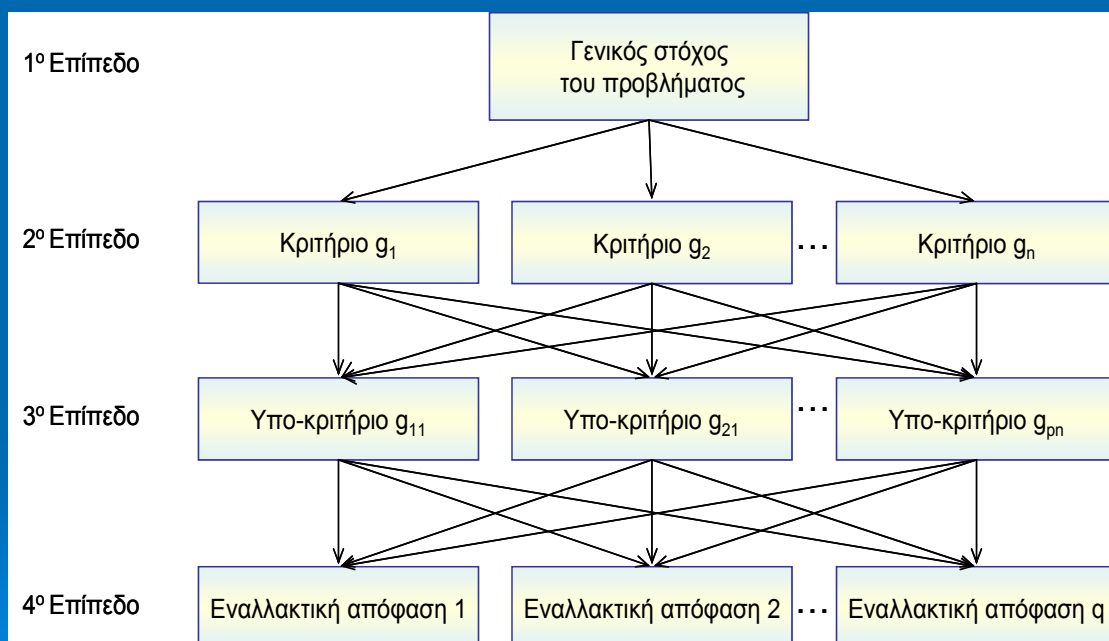


Η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης

(Saaty, 1980)

- Αντιμετωπίζει το πρόβλημα της κατανομής των βαρών (weights) σε ένα σύνολο από δραστηριότητες, σύμφωνα με το βαθμό σημαντικότητάς τους
- Για το σκοπό αυτό πραγματοποιούνται δυαδικές συγκρίσεις και αναπτύσσεται μια κλίμακα προτίμησης μεταξύ των δραστηριοτήτων με βάση τις εκτιμήσεις των αποφασιζόντων. Αυτή η διαδικασία καταλήγει στη δημιουργία ενός πίνακα βαρών κι ενός πίνακα εκτιμήσεων για κάθε κριτήριο
- Το αρχικό πρόβλημα διασπάται σε επιμέρους τμήματα ή μεταβλητές, οι μεταβλητές ταξινομούνται ιεραρχικά δίνοντας αριθμητικές τιμές στις εκτιμήσεις της σχετικής σημαντικότητας και τέλος, γίνεται η σύνθεση των εκτιμήσεων προκειμένου να προσδιοριστεί ποια μεταβλητή έχει τη μεγαλύτερη προτεραιότητα/επιρροή στο αποτέλεσμα

Η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (2)



Η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (3)

Λέξεις κλειδιά	Συστήματα επίλυσης μέσω HIY
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Δυαδική σύγκριση ▪ (προσωπική) Εκτίμηση ▪ Επίπεδο ιεράρχησης ▪ Κλίμακα σχετικής σημαντικότητας 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Προτεραιότητες ▪ Κύριο ιδιοδιάνυσμα ▪ Αξιοπιστία ▪ Συνέπεια, ασυνέπεια, βαθμός ασυνέπειας
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expert Choice¹ ▪ HIPRE 3+²

[1] <http://www.expertchoice.com/>

[2] <http://www.sal.hut.fi/Downloadables/hpdemo.html>

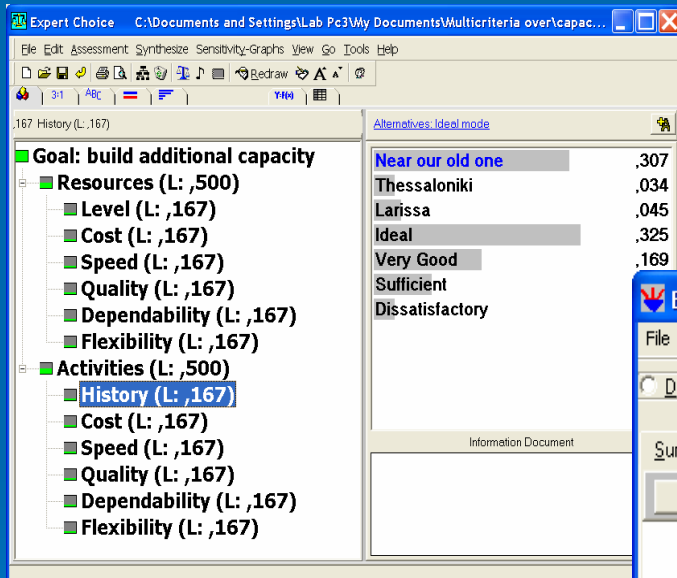
Η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (4)

The screenshot displays the Expert Choice software interface. The main window shows a comparison between two alternatives: "Near our old one" and "Thessaloniki". The criterion being compared is "Resources \ Cost". A slider is positioned at 7.0 on a scale from 1 to 9. Below the slider is a comparison table.

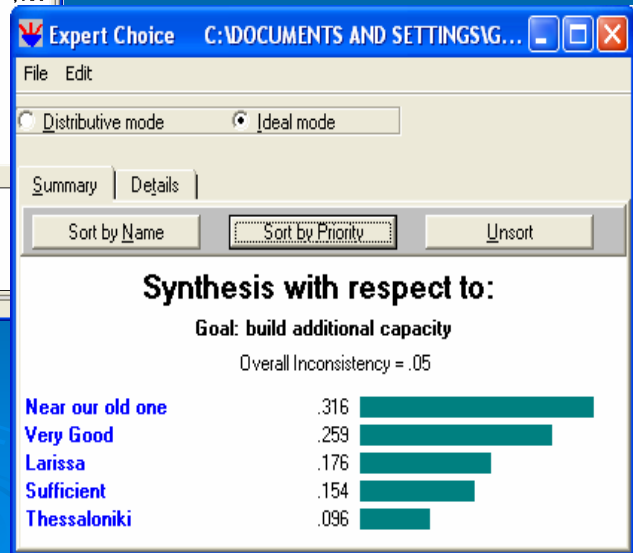
	Near our ol	Thessaloni	Larissa	Ideal	Very Good	Sufficient	Dissatisfac
Near our old on		7,0	9,0	5,0	3,0	1,0	3,0
Thessaloniki			3,0	9,0	9,0	7,0	5,0
Larissa				9,0	9,0	9,0	7,0
Ideal					3,0	5,0	9,0
Very Good						3,0	7,0
Sufficient							5,0
Dissatisfactory							

At the bottom of the table, it indicates "Incon: 0,11".

Η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (5)



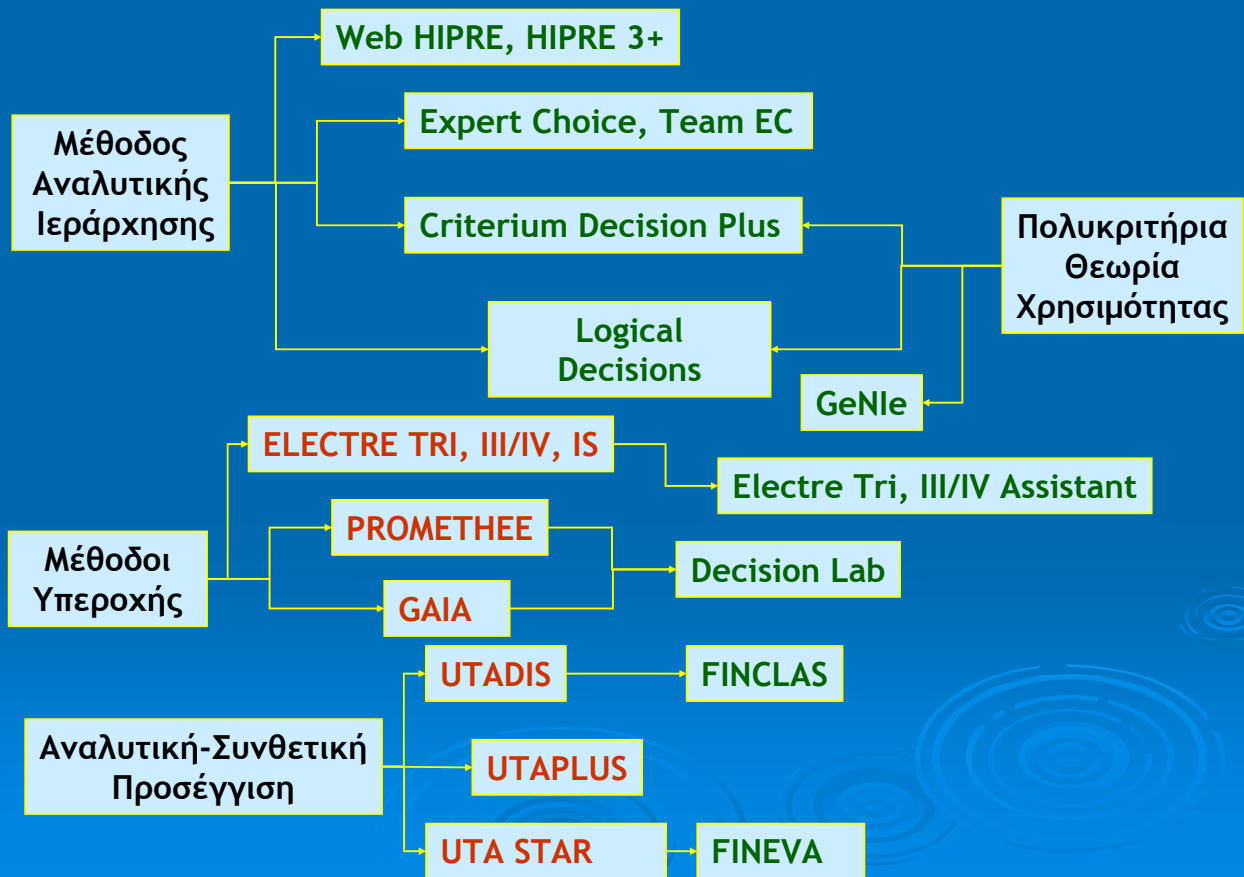
Expert Choice



Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας	<ul style="list-style-type: none"> Αναπαράσταση ποιοτικών παραγόντων Αποτύπωση της λογικής του αποφασίζοντα Επαναχρησιμοποίηση του μοντέλου απόφασης 	<ul style="list-style-type: none"> Κατανόηση του μοντέλου απόφασης Παραχωρήσεις μεταξύ κριτηρίων Αβεβαιότητα των εκτιμήσεων
Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση	<ul style="list-style-type: none"> Αποτύπωση της λογικής του αποφασίζοντα Επαναχρησιμοποίηση των αποφάσεων Ταξινόμηση σε σαφώς ορισμένες κατηγορίες 	<ul style="list-style-type: none"> Κατανόηση του μοντέλου απόφασης Εισαγωγή των δεδομένων Υποκειμενικές κρίσεις
Σχέσεις Υπεροχής	<ul style="list-style-type: none"> Εναλλακτικές Προφίλ Κατώφλια κριτηρίων Κλίμακα κριτηρίων Συνασπισμοί "συμφωνίας" και "διαφωνίας" 	<ul style="list-style-type: none"> Μοντελοποίηση του προβλήματος Ονομαστική ταξινόμηση Αισιόδοξη κι απαισιόδοξη πρόβλεψη
Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης	<ul style="list-style-type: none"> Μοντελοποίηση του προβλήματος Αναπαράσταση ποιοτικών παραγόντων Κατανόηση μοντέλου απόφασης 	<ul style="list-style-type: none"> Μεγάλος αριθμός σχετικών συγκρίσεων Δύσκολη η επαναχρησιμοποίηση του μοντέλου Φαινόμενα της αναστροφής των αξιολογήσεων

Εργαλεία Επίλυσης με Η/Υ



Το πρόβλημα

Στόχος	Κριτήρια	Υποκριτήρια	Εναλλακτικές
Αύξηση της δυναμικότητας	1. Πόροι 2. Δραστηριότητες	1. Επίπεδο/ Ιστορία 2. Κόστος 3. Ταχύτητα 4. Ποιότητα 5. Αξιοπιστία 6. Ευελιξία	1. Κοντά στις παλιές εγκαταστάσεις 2. Θεσσαλονίκη 3. Λάρισα

Πίνακας 1: Οι παράμετροι του προβλήματος

Το πρόβλημα (2)

Κριτήριο / Υποκριτήριο	Κλίμακα μέτρησης	Επιτρεπτές τιμές
Πόροι, Δραστηριότητες	Αριθμητική	Πραγματικοί αριθμοί
Επίπεδο	Λεκτική	Εκτελούμενη, Καινούργια
Ιστορία	Λεκτική	Ανύπαρκτη, Αναπτυσσόμενη, Επαρκής, Υπερβολική
Κόστος, Ταχύτητα, Ποιότητα, Αξιοπιστία, Ευελιξία	Λεκτική	Πολύ αρνητικό, Αρνητικό, Θετικό, Πολύ θετικό

Πίνακας 2: Κλίμακα μέτρησης και επιτρεπτές τιμές των αποδόσεων στα κριτήρια αξιολόγησης

Λεκτικός όρος	Αριθμητική τιμή	Λεκτικός όρος	Αριθμητική τιμή
Πολύ αρνητικό	-6	Εκτελούμενη	1
Αρνητικό	-3	Ανύπαρκτη	0.5
Θετικό	3	Αναπτυσσόμενη	0.7
Πολύ θετικό	6	Επαρκής	0.9
Καινούργιο	0.5	Υπερβολική	1

Πίνακας 3: Αντιστοιχία λεκτικών όρων και αριθμητικών τιμών

Το πρόβλημα (3)

Αποδόσεις Εναλλακτικών

	Κριτήρια	Κοντά στις παλ. εγκ.	Θεσ/νίκη	Λάρισα	Ιδανική	Πολύ Καλή	Επαρκής	Μη-ικανοποιητική
Πόροι	Επίπεδο	3,5	3	2,8	4	3,6	3	2
	Κόστος	9	0	-3	15	12	9	6
	Ταχύτητα	6	12	12	15	12	9	6
	Ποιότητα	15	6	6	15	12	9	6
	Αξιοπιστία	24	3	9	15	12	9	6
	Ευελιξία	0	3	9	15	12	9	6
Δραστηριότητες	Ιστορία	4	1,5	2	4	3,6	3	2
	Κόστος	15	0	18	15	12	9	6
	Ταχύτητα	6	-3	15	15	12	9	6
	Ποιότητα	9	6	6	15	12	9	6
	Αξιοπιστία	24	12	-6	15	12	9	6
	Ευελιξία	15	6	-9	15	12	9	6

Πίνακας 4: Αποδόσεις όλων των εναλλακτικών στα κριτήρια