

Επισκόπηση Χρήσης Μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης ως εργαλείο υποβοήθησης του λήπτη απόφασης

Δρ Χαρίσιος Αχιλλας, Μηχανολόγος Μηχανικός
Δρ Γεώργιος Μπανιάς, Μηχανολόγος Μηχανικός

Εργαλεία για την μέτρηση απόδοσης στις επιχειρήσεις

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΘΕΜΑ	ΕΝΑΡΞΗ	ΛΗΞΗ	ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΣ
ΔΕΥΤΕΡΑ 29-10-2012	Εργαλεία στη μέτρηση απόδοσης επιχειρηματιών διαδικασιών. Εισαγωγή στο σύστημα μέτρησης απόδοσης διαδικασιών. Βασικές έννοιες και αρχές στη διαχείριση επιχειρηματιών διαδικασιών. Απόδοση κινητών από διαδικασιακή μοντελοποίηση, σχεδιασμός, εκτέλεση, μέτρηση απόδοσης, ανάλυση αποτελεσμάτων διαδικασιών. Εργαλεία και τις τεχνικές διαχείρισης διαδικασιών (πιο κλάσ μοντελοποίησης, δείκτες απόδοσης κλπ).	17:00	22:00	ΦΩΤΙΝΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΤΡΙΤΗ 30-10-2012	Μέθοδοι Προβλέψεων. Εργαλείο για τις εταιρείες κλάσ Λογισμικού excel για υλοποίηση προβλέψεων.	17:00	22:00	ΑΗΣΟΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΤΕΤΑΡΤΗ 31-10-2012	Κρίσιμα Δείκτες Απόδοσης. Μέθοδοι ανανέωσης παραδοσιακού και νέου κλάσ των κοσμημάτων Κοσμημάτων Δείκτων Απόδοσης (Key Performance Indicators, KPIs). Μελέτες περίπτωσης και εξέταση παρεδωκέντων κλάσ επιχειρήσεων και δραστηριοτήτων.	17:00	22:00	ΚΕΡΑΜΥΔΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΠΕΜΠΤΗ 1-11-2012	Διοίκηση Ολικής Ποιότητας. Εισαγωγή στο σύστημα KPIs στη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας. Διαφορές μεταξύ Επιχειρησιακής Κλάσς (Balanced Scorecard) στο κοσμηματοπλά KPIs. Ανάλυση Δείκτων σε Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας ISO 9001:2008.	17:00	22:00	ΑΗΣΟΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 2-11-2012	Πολυκριτηριακή Ανάλυση ως εργαλείο υποβοήθησης του λήπτη απόφασης. Μεθοδολογία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Παρουσίαση της μεθόδου ELECTRE III. Μελέτη Περίπτωσης: ELECTRE.	17:00	19:30 19:30 22:00	ΑΧΙΛΛΑΣ ΧΑΡΙΣΙΟΣ ΜΠΑΝΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 1/27

- Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί μία εφαρμογή της Επιχειρησιακής Έρευνας που επιχειρεί να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων που πραγματοποιούνται από τη Διοίκηση ενός οργανισμού, δημόσιου ή ιδιωτικού.
- Σημαντικές αποφάσεις που λαμβάνονται σε έναν οργανισμό δεν στηρίζονται σε σαφώς καθορισμένες μεθόδους και δεν μπορούν να περιγραφούν με ακριβή ποσοτικά μοντέλα που τεκμηριώνουν πλήρως τον τρόπο με τον οποίο επιλέχθηκε κάποια συγκεκριμένη δράση.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 2/27

- Εφαρμογή της Επιχειρησιακής Έρευνας στη λήψη αποφάσεων από τη Διοίκηση ενός οργανισμού, δημόσιου ή ιδιωτικού.
- Συστηματική και μαθηματικά τυποποιημένη προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων που προκύπτουν από αντικρουόμενους στόχους.
- Η ικανοποίηση των στόχων αυτών δεν μπορεί να είναι πλήρης.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 3/27

- Οι διαθέσιμες επιλογές σε ένα τέτοιο πρόβλημα παρουσιάζουν άριστη επίδοση μόνο ως προς έναν ή περισσότερους, αλλά ποτέ ως προς όλους τους στόχους.
- Η επιλογή που θα ικανοποιούσε μια τέτοια συνθήκη θα ήταν η άριστη (και δε θα υπήρχε πρόβλημα απόφασης).
- Είναι αναγκαίος λοιπόν ένας συμβιβασμός μεταξύ των αλληλοσυγκρουόμενων στόχων.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 4/27

«Ο κύριος στόχος δεν είναι να ανακαλύψουμε μια λύση αλλά να δημιουργήσουμε ή να κατασκευάσουμε κάτι το οποίο να θεωρείται ικανό να βοηθήσει κάποιον ενδιαφερόμενο να λάβει μέρος στη διαδικασία λήψης της απόφασης, άλλοτε για να διαμορφώσει και άλλοτε για να μεταβάλλει τις προτιμήσεις του ή να αποφασίσει σε συμφωνία με τους τελικούς του στόχους»

Roy (1994)

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5/27

- Διευκολύνει την αναπαράσταση πολυδιάστατων προβλημάτων.
- Είναι ιδιαίτερα ευέλικτη και επιτρέπει τη διαφορετική επίδραση των παραγόντων στο τελικό αποτέλεσμα.
- Απλοποιεί τη διαδικασία όταν είναι αναγκαία η αξιολόγηση μη μετρήσιμων μεγεθών (π.χ. περιβαλλοντικών ή κοινωνικών επιπτώσεων).

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

6/27

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Διευκολύνει την αναπαράσταση πολυδιάστατων προβλημάτων.
- Είναι ιδιαίτερα ευέλικτη και επιτρέπει τη διαφορετική επίδραση των παραγόντων στο τελικό αποτέλεσμα.
- Απλοποιεί τη διαδικασία όταν είναι αναγκαία η αξιολόγηση μη μετρήσιμων μεγεθών (π.χ. περιβαλλοντικών ή κοινωνικών επιπτώσεων).

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

7/27

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Οι συντελεστές βαρύτητας συχνά αποφασίζονται από ένα άτομο ή ένα ενδιαφερόμενο φορέα
- Συχνά η βαθμολόγηση των παραμέτρων και των συντελεστών βαρύτητας καθίσταται πολύπλοκη
- Αδυνατίζει την επίδραση του παράγοντα «χρόνου»
- Δεν οδηγεί σε βέλτιστες λύσεις, αλλά σε «συμβιβαστικές»

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

8/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Έστω ότι έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ τριών εναλλακτικών σχεδίων αποκατάστασης ενός λατομείου Α, Β, και Γ.
- Το σχέδιο Α προτείνει την εγκατάσταση φυσικής αναψυχής, το σχέδιο Β την εγκατάσταση αθλητικών χρήσεων και το Γ εγκατάσταση βιομηχανικών χρήσεων.
- Για τα σχέδια Β και Γ ως υποθέσουμε ότι καταβάλλεται αντίτιμο για την χρησιμοποίησή τους από τους ενδιαφερόμενους.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

9/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Οι εμπλεκόμενοι φορείς αποφασίζουν να αξιολογήσουν τα τρία αυτά σχέδια με βάση τρία κριτήρια:
 - Οικονομικό (Ο), έστω σε χιλ. ευρώ. ως Καθαρά Παρούσα Αξία της "επένδυσης"
 - Περιβαλλοντικό (Π), έστω ότι εκφράζεται σε μια κλίμακα από -5 έως 5 (μικρότερη τιμή σημαίνει δυσμενέστερη περιβαλλοντική επίπτωση)
 - Κοινωνική αποδοχή (Κ), σε μια αυθαίρετη κλίμακα 0 έως 100 (0 αδιάφορο και 100 πολύ επιθυμητό)

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

10/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Δίνεται ότι τα σχέδια αξιολογήθηκαν με τους ακόλουθους βαθμούς ανά κριτήριο:

	Ο	Π	Κ
Α	-10.000	5	100
Β	200.000	3	60
Γ	500.000	-2	20

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

11/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Για την επιλογή της πλέον ελκυστικής λύσης θα ακολουθηθεί μια από τις απλούστερες διακριτές μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης:
 - Η *βαρύνουσα άθροιση (weighted summation)*.
- Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια γραμμική εξίσωση εκτίμησης (value function) V_i για κάθε εναλλακτικό σχέδιο i .

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

12/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Οι αναλύσεις αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν δύο ειδών δεδομένα:
 - (α) μία μήτρα αποτίμησης (καλούμενη πολλές φορές και μήτρα επιπτώσεων)
 - (β) μια λίστα συντελεστών βαρύτητας, οι οποίοι επιδρούν στην βαθμολογία κάθε κριτηρίου που χρησιμοποιείται στη μήτρα.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

13/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Η μήτρα επιπτώσεων που συμβολίζεται ως P , διαθέτει p_{ij} στοιχεία, τα οποία αναπαριστούν μία μέτρηση για την ποιότητα του εναλλακτικού i ($i = 1, \dots, I$) για το κριτήριο j ($j = 1, \dots, J$), π.χ. το αποτέλεσμα του εναλλακτικού σχεδίου i στο κριτήριο (παράγοντα) αξιολόγησης j :

$$P = \begin{matrix} & p_{11} & \dots & p_{1J} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ & p_{I1} & \dots & p_{IJ} \end{matrix}$$

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

14/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Στις παραδοσιακές μεθόδους εκτίμησης τα στοιχεία p_{ij} μετρούνται ποσοτικά.
- Στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχει ποιοτική εκτίμηση δεδομένων, μπορούν να μετρηθούν σε κλίμακα ονομαστική (nominal) ή αριθμητική (ordinal).

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

15/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Η λίστα των συντελεστών βαρύτητας γ_j παρέχουν πληροφορίες για τη σχετική σημασία που δίνεται στα αποτελέσματα των επιλεγέντων κριτηρίων J και συμβολίζεται με γ .

$$\underline{\gamma} = (\gamma_1, \dots, \gamma_J)'$$

- Για τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας υπάρχουν αρκετές μέθοδοι (διελκυστίνας - tradeoff, κατάταξης - rating, βαθμονόμησης - ranking, σύγκριση κατά ζεύγη - paired comparisons, κ.λπ.).

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

16/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Βήμα 1ο: Κατασκευή της μήτρας επιπτώσεων

(Πολυκριτηριακός Πίνακας)

	-10.000	5	100
$P =$	200.000	3	60
	500.000	-2	20

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

17/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- **Βήμα 2ο : Αναγωγή των μεγεθών σε κοινή βάση (standardisation)**
- Επειδή οι τιμές που δίνονται σε κάθε εναλλακτικό σχέδιο για κάθε κριτήριο εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες και σε άλλες τάξεις μεγέθους είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί αναγωγή αυτών των δεδομένων σε μια κοινή βάση.
- Για τον σκοπό αυτό υπάρχουν διάφορες μέθοδοι.
- Στο παράδειγμα χρησιμοποιείται η καλούμενη ως μέθοδος κατάταξης (Rating Method).

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

18/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- **Βήμα 2ο : Αναγωγή των μεγεθών σε κοινή βάση (standardisation)**
- Στην μέθοδο αυτή η αναγωγή της βαθμονόμησης των παραγόντων σε ένα κοινό επίπεδο επιτυγχάνεται με έναν από τους ακόλουθους τύπους:

$$a_j = x_j / \max x_j$$

$$\beta_j = (x_j - \min x_j) / (\max x_j - \min x_j)$$

- όπου : τα $\max x_j$ και $\min x_j$ αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή που παρατηρείται για τον παράγοντα j μεταξύ όλων των εναλλακτικών.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

19/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- **Βήμα 2ο : Αναγωγή των μεγεθών σε κοινή βάση (standardisation)**

	Αρχικά δεδομένα			Αναγωγή 1			Αναγωγή 2		
	Ο	Π	Κ	Ο	Π	Κ	Ο	Π	Κ
Ε1	-10000	5	100	-0.02	1.0	1	0.0	1	1
Ε2	200000	3	60	0.4	0.6	0.6	0.41	0.71	0.5
Ε3	500000	-2	20	1.0	-0.4	0.2	1	0.0	0

- Όπως φαίνεται η πρώτη μέθοδος αναγωγής δίνει και αρνητικά αποτελέσματα, ενώ η δεύτερη δίνει τιμές μεταξύ 0 και 1.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

20/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- **Βήμα 3ο : Προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας**
- Για τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας υπάρχουν, επίσης, αρκετές μεθοδολογίες.
- Στο παράδειγμα θα χρησιμοποιηθεί η σύγκριση κατά ζεύγη (paired comparisons), αναφέροντας τις βασικές αρχές λειτουργίας της.
- Για όλα τα ζεύγη κριτηρίων j, j^* , όπου το κριτήριο j θεωρείται πιο σημαντικό από το j^* , ζητείται να προσδιοριστεί ο βαθμός διαφορικής σημασίας του ενός ως προς το άλλο (που συμβολίζεται ως bi_j^*) σε μια κλίμακα μεταξύ 1 και 9, όπως δίνεται στον ακόλουθο πίνακα

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

21/27

Ένταση της σχετικής σημασίας	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίσας σημασίας	Γα δύο σχέδια συνεισφέρουν ισάδια στο κριτήριο
3	Ασθενής προτίμηση του ενός ως προς το άλλο	Η εμπειρία και η κρίση δίνουν ελαφρά προτίμηση στο ένα σχέδιο
5	Αισθητή ή δυνατή σημασία	Η εμπειρία και η κρίση δίνουν ισχυρή προτίμηση στο ένα σχέδιο
7	Πολύ δυνατή σημασία	Το ένα σχέδιο είναι ισχυρά επιθυμητό και η διαφορά του αποδεικνύεται στην πράξη
9	Απόλυτη σημασία	Η προφανής προτίμηση του ενός σχεδίου επιβεβαιώνεται σωφώς
2, 4, 6, 8	Ενδιάμεσες τιμές μεταξύ των δύο κρίσεων	Όταν απαιτείται συμβιβασμός κρίσεων
Αντίστροφοι αριθμοί	Θετικοί	Αν το σχέδιο i έχει έναν από τους παραπάνω αριθμούς όταν συγκρίνεται με το σχέδιο j , τότε το σχέδιο j έχει τον αντίστροφο αριθμό όταν συγκρίνεται με το i .

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

22/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- **Βήμα 3ο : Προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας**
- Κατασκευάζεται μία μήτρα B όπου το στοιχείο bi_j^* υποδηλώνει το αποτέλεσμα της σύγκρισης μεταξύ των κριτηρίων i και j^* . Ισχύει επίσης ότι $bi_j^* = 1/bi_j^*$ και ότι $bi_j = 1$ για $i=j$.
- Για τον υπολογισμό του συντελεστών βαρύτητας v_j χρησιμοποιείται ο γεωμετρικός μέσος για κάθε γραμμή της μήτρας B :
$$v_j = \left(\prod_i bi_j^* \right)^{1/n}$$
- Στο παράδειγμα που δίνεται, έστω ότι το περιβαλλοντικό κριτήριο (v_2) θεωρείται πολύ υψηλής σημασίας σε σχέση με το οικονομικό (v_1), και ότι το οικονομικό έχει μικρότερη σημασία από το κοινωνικό. Επίσης, το περιβάλλον έχει μικρό προβάδισμα έναντι του κοινωνικού κριτηρίου.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

23/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Βήμα 3ο : Προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας
- Επίσης συμφωνείται ότι το περιβάλλον έχει μικρό προβάδισμα έναντι του κοινωνικού κριτηρίου.
- Επομένως η μήτρα θα είναι ως εξής:

	Ο	Π	Κ
Ο	1	1/7	1/4
Π	7	1	3
Κ	4	1/3	1

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

24/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Βήμα 3ο : Προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας
- Έτσι, οι συντελεστών βαρύτητας υπολογίζονται ίσοι προς:

$$\gamma_1 = (1 \cdot 1/7 \cdot 1/4)^{1/3} = 0.33$$

$$\gamma_2 = (7 \cdot 1 \cdot 3)^{1/3} = 2.76$$

$$\gamma_3 = (4 \cdot 1/3 \cdot 1)^{1/3} = 1.1$$

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

25/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Βήμα 4ο : Προσδιορισμός της τιμής της εξίσωσης εκτίμησης για κάθε σχέδιο
- Επομένως, η εξίσωση εκτίμησης για κάθε εναλλακτικό Ε1, Ε2, και Ε3, θα είναι:

$$V_1 = \gamma_1 O_1 + \gamma_2 \Pi_1 + \gamma_3 K_1$$

$$V_2 = \gamma_1 O_2 + \gamma_2 \Pi_2 + \gamma_3 K_2$$

$$V_3 = \gamma_1 O_3 + \gamma_2 \Pi_3 + \gamma_3 K_3$$

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

26/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Βήμα 4ο : Προσδιορισμός της τιμής της εξίσωσης εκτίμησης για κάθε σχέδιο

με την πρώτη μέθοδο κανονικοποίησης

$$V_1 = 0.33 \cdot (-0.02) + 2.76 \cdot 1 + 1.1 \cdot 1 = 3.8534$$

$$V_2 = 0.33 \cdot 0.4 + 2.76 \cdot 0.6 + 1.1 \cdot 0.6 = 2.448$$

$$V_3 = 0.33 \cdot 1 + 2.76 \cdot (-0.4) + 1.1 \cdot 0.2 = -0.554$$

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

27/27

Παράδειγμα απλής μεθόδου

- Βήμα 4ο : Προσδιορισμός της τιμής της εξίσωσης εκτίμησης για κάθε σχέδιο

με τη δεύτερη μέθοδο κανονικοποίησης

$$V_1' = 0.33 \cdot 0 + 2.76 \cdot 1 + 1.1 \cdot 1 = 3.86$$

$$V_2' = 0.33 \cdot 0.41 + 2.76 \cdot 0.71 + 1.1 \cdot 0.5 = 2.6449$$

$$V_3' = 0.33 \cdot 1 + 2.76 \cdot 0 + 1.1 \cdot 0 = 0.33$$

ΜΟΡΦΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

- **Πολυκριτηριακή ιεράρχηση επιλογών**
Εφαρμόζεται σε προβλήματα που εξετάζουν ένα πεπερασμένο σύνολο διακριτών επιλογών.
- **Πολυκριτηριακός μαθηματικός προγραμματισμός**
Εφαρμόζεται σε προβλήματα με συνεχές σύνολο άπειρου αριθμού επιλογών.
- **Πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας**
Εφαρμόζεται σε συνεχές και σε διακριτό σύνολο επιλογών. Στηρίζεται στη λογική της αναγωγής του πολυκριτηριακού σε μονοκριτηριακό πρόβλημα.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ^{1/3}

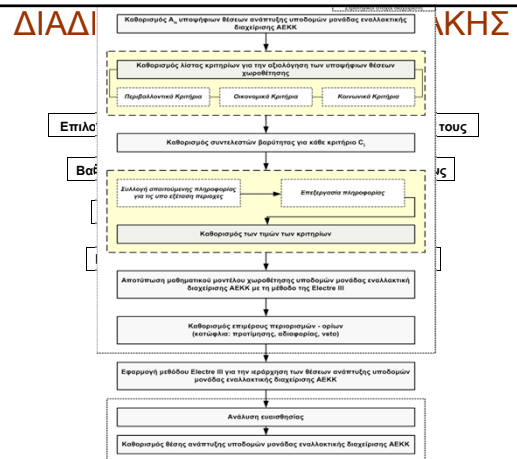
- Κάθε πρόβλημα προσδιορίζεται από ορισμένα δομικά χαρακτηριστικά, που απορρέουν είτε από τη φύση του προβλήματος είτε από τις απόψεις και τις προτιμήσεις του λήπτη απόφασης.
- Η ταυτοποίηση του αντικειμένου της πολυκριτηριακής ανάλυσης ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελεί το πρώτο στάδιο της αναλυτικής διαδικασίας.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ^{2/3}

- Δόμηση του προβλήματος:
 - Καθορισμός του προβλήματος και επιλογή πιθανών εναλλακτικών σεναρίων.
 - Επιλογή κριτηρίων.
 - Μέτρηση επιδόσεων και ταξινόμηση των κριτηρίων.
 - Εκτίμηση βαρύτητας κάθε κριτηρίου.
 - Δημιουργία του μοντέλου αξιολόγησης.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ^{3/3}

- Καθορισμός πιθανών περιοριστικών παραμέτρων ανάλογα με το αντικείμενο του εξεταζόμενου προβλήματος.
- Τελική ταξινόμηση εξεταζόμενων σεναρίων κατά σειρά βαθμολογίας με βάση τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που θα επιλεγεί (το σενάριο με την υψηλότερη βαθμολογία αντιστοιχεί στην ευνοϊκότερη περίπτωση).
- Ανάλυση αποτελεσμάτων:
 - Ανάλυση ευαισθησίας της λύσης
 - Προσδιορισμός της σύγκρουσης των κριτηρίων



ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ^{1/3}

- Analytic hierarchy process (AHP)
- Analytic network process (ANP)
- Inner product of vectors (IPV)
- Multi-attribute value theory (MAVT)
- Multi-attribute utility theory (MAUT)
- Multi-Attribute Global Inference of Quality (MAGIQ)
- Goal programming

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ^{2/3}

- ELECTRE (Outranking)
- PROMETHÉE (Outranking)
- Data envelopment analysis
- The evidential reasoning approach
- Dominance-based Rough Set Approach (DRSA)
- Aggregated Indices Randomization Method (AIRM)
- Nonstructural Fuzzy Decision Support System (NSFDSS)

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ^{3/3}

- Grey relational analysis (GRA)
- Superiority and inferiority ranking method (SIR method)
- Potentially All Pairwise Rankings of all possible Alternatives (PAPRIKA)
- Value Engineering (VE)
- Value analysis (VA)

ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΧΗΣ ^{1/3}

Σχέσεις υπεροχής (Outranking Methods):

- Βασίζεται στην ανά ζεύγη σύγκριση των επιλογών σε κάθε μεμονωμένο κριτήριο με βάση τις επιδόσεις τους και τις ενδοκριτηριακές προτιμήσεις του λήπτη απόφασης.
- Σύγκριση στην αρχική κλίμακα μέτρησης των επιδόσεων (ποσοτική ή ποιοτική) χωρίς αναγωγή στο διάστημα [0,1].

ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΧΗΣ ^{2/3}

- Ο δείκτης που προκύπτει από τη σύγκριση συντίθεται σε ένα συνολικό δυαδικό δείκτη λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.
- Οι δυαδικοί δείκτες χαρακτηρίζουν ζεύγη επιλογών (α, b) και προσδιορίζουν στο διάστημα [0,1] το βαθμό στον οποίο ισχύει η υπόθεση: «η λύση α είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η λύση b».

ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΧΗΣ ^{3/3}

- Ανάλογα με τη μέθοδο και τον τρόπο υπολογισμού τους, οι δείκτες διακρίνονται σε δείκτες προτίμησης ή δείκτες συμφωνίας (ως προς την υπόθεση).
- Επεξεργασία των δεικτών ώστε να προκύψουν σχέσεις υπεροχής και η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.
- Γνωστές μέθοδοι υπεροχής: *ELECTRE* και *PROMETHEE*.

MULTIATTRIBUTE UTILITY & VALUE THEORIES ^{1/3}

Multiattribute Utility and Value Theories (MAUT)

- Σε κάθε πράξη αποδίδεται μία βοηθητική μεταβλητή, η οποία αναπαριστά την προτίμηση (preferability) της εκάστοτε πράξης
- Αρκετά απλή μέθοδος και χρησιμοποιείται ακόμα και για να υπολογιστεί ο σταθμικός μέσος ενός συνόλου

MULTIATTRIBUTE UTILITY & VALUE THEORIES ^{2/3}

Παραδείγματα διαδικασιών που στηρίζονται στην λογική της MAUT:

- UTA method: έχει ως βάση φιλοσοφίας τη συγκέντρωση και το διαχωρισμό (aggregation-disaggregation) και το γραμμικό προγραμματισμό
- AHP (Analytic Hierarchy Process): χρησιμοποιεί τη σύγκριση κατά ζεύγη και την κρίση του ατόμου για να καταγράψει τα κριτήρια

MULTIATTRIBUTE UTILITY & VALUE THEORIES ^{3/3}

- ANP (Analytic Network Process): σχηματίζει λόγους προτεραιότητας (priority ratio) από τους μεμονωμένους λόγους των στοιχείων που επηρεάζουν τα κριτήρια
- MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique): απαιτεί ποιοτικές κρίσεις πάνω στις διαφορές των τιμών ελκυστικότητας των πράξεων μεταξύ τους

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑ ^{1/5}

Τα λογισμικά MCDA έχουν κατηγοριοποιηθεί σε 7 ομάδες με κριτήριο τον τύπο του προβλήματος στο οποίο αυτά χρησιμοποιούνται:

- Qualitative Problem Structuring: χρησιμοποιείται στα αρχικά στάδια της ανάλυσης και έχει ως στόχο τη διερεύνηση και το σχηματισμό του προς επίλυση προβλήματος

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑ ^{2/5}

- Multiple Attribute Decision Making: χρησιμοποιείται όταν ο D.M. έχει να επιλέξει τη βέλτιστη απόφαση μέσα από ένα σύνολο πεπερασμένων αποφάσεων.
- Multiple Objective Decision Making: χρησιμοποιείται όταν ο D.M. έχει στόχο τη βελτιστοποίηση μίας αντικειμενικής συνάρτησης.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑ ^{3/5}

- Multiple Criteria Sorting Problems.
- Portfolio Analysis: χρησιμοποιείται όταν στόχος είναι η εύρεση μίας λύσης χωρίς αυτή να είναι απαραίτητη βέλτιστη.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑ ^{4/5}

- Group Decision Support: χρησιμοποιείται όταν ο αριθμός των DMs είναι μεγαλύτερος από ένας.
- Application Specific Software: αποτελούν λογισμικά για συγκεκριμένα προς επίλυση προβλήματα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑ ^{5/5}

Κατηγορία	Λογισμικό
Qualitative Problem Structuring	Decision Explorer
Multiple Attribute Decision Making	Criterion Decision Plus, Decision Lab, ELECCALC, ELECTRE IS, ELECTRE III-IV, Equity, Expert Choice, HVIEW, Logical Decisions, MACBETH, M&P MacModel, MIIDAS, MINORA, MUSTARD, NAIADE, OnBalance, VISA, WebHIPRE, WINPRE
Multiple Objective Decision Making	ADBASE, Feasible Goals Method, Feasible Set in Criterion Space, MOMHLib++, MultiGen, SOLVEX, TOMMIX, TRIMAP, Multistat Optimizer
Multiple Criteria Sorting Problems	ELECTRE TRI, IRIS, PREFDIS, PROAFTN, TOMASO
Portfolio Analysis	HiPriority
Group Decision Support	AGAP, , CTLite, GMCR, Joint Gains, MEDIATOR, SCDS, WINGDSS
Application Specific Software	ACADEA, AgentAllocator, AutoMan, BANKADVISOR, CASTART, CGX, DIDASN++, DIMITRA, Electrical Power Districting, ESY, FINCLAS, FINEVA, INVEX, MARKEK, MEDICS, MOIRA, SANEX, Skills Evaluator, Steel Mill Scheduling, TELOS, Water Quality Plan

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

1/27

- Σύγκριση ELECTRE, PROMETHEE και AHP.
- Επιλογή κατάλληλων κατασκευαστικών έργων που θα έχουν ως σκοπό τη συγκοινωνιακή αποσυμφόρηση της Θεσσαλονίκης.

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

2/27

Έργα:

- Υπόγειο μέσο σταθερής τροχιάς (Μετρό).
- Επιφανειακό μέσο σταθερής τροχιάς (Τραμ).
- Υποδομές παράκτιας αστικής συγκοινωνίας.
- Νότια παράκαμψη (ως υποθαλάσσια ή αλλιώς).
- Εξωτερική περιφερειακή οδός.

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

3/27

	Αποτελεσματικότητα (επιλογή - τιμολόγηση)	Κόστος υλοποίησης (τιμολόγηση - τιμολόγηση)	Κοινωνική αποδοχή (επιλογή - τιμολόγηση)
Λειτουργία υπόγειου μέσου σταθερής τροχιάς (Μετρό)	8	2	10
Κατασκευή επιφανειακού μέσου σταθερής τροχιάς (Τραμ)	5	3	7
Ανάπτυξη υποδομών παράκτιας αστικής συγκοινωνίας	5	4	9
Κατασκευή νότιας παράκαμψης (ως υποθαλάσσια ή αλλιώς)	7	1	5
Κατασκευή εξωτερικής περιφερειακής οδού	6	3	7
Συντελεστές Βαρύτητας Κριτηρίων:	42	33	25
Συντελεστές αδιαφορίας (indifference):	1	1	1
Συντελεστές προτίμησης (preference):	3	3	3
Συντελεστές άρνησης (veto):	-	1	5

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

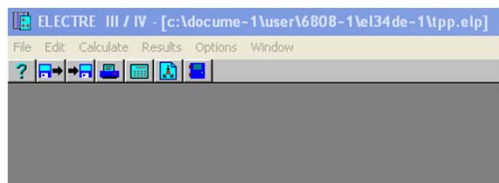
4/27



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

5/27

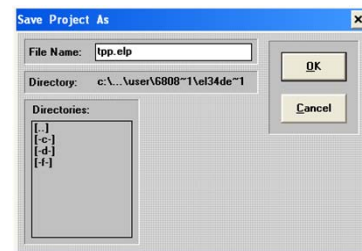
Αρχική φόρμα εφαρμογής



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

6/27

Διαδικασία αποθήκευσης



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

7/27

Καταχώρηση κριτηρίων επιλογής

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

8/27

Καθορισμός εναλλακτικών λύσεων

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

9/27

Εισαγωγή βαθμολογίας

	C#01	C#02	C#03
A0001	8	2	10
A0002	5	3	7
A0003	5	4	9
A0004	7	1	5
A0005	6	3	7

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

10/27

Καταχώρηση συντελεστών

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

11/27

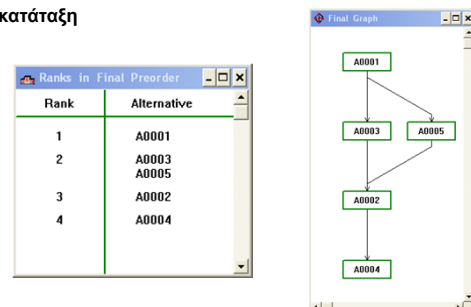
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

	Αποτελεσματικότητα (τιμή/αριθμ. - τιμή/αριθμ.)	Κόστος υλοποίησης (τιμή/αριθμ. - τιμή/αριθμ.)	Κοινωνική απόδοση (τιμή/αριθμ. - τιμή/αριθμ.)
Λειτουργία υπόγειου μέσου σταθερής τροχιάς (Μετρό)	8	2	10
Κατασκευή επιφανειακού μέσου σταθερής τροχιάς (Τραμ)	5	3	7
Ανάπτυξη υποδομών παράκτιας αστικής συγκοινωνίας	5	4	9
Κατασκευή νέιας παράκαμψης (ως υποθαλάσσια ή αλλιώς)	7	1	5
Κατασκευή εξωτερικής περιφερειακής οδού	6	3	7
Συντελεστές Βαρύτητας Κριτηρίων:	42	33	25
Συντελεστές αδιαφορίας (indifference):	1	1	1
Συντελεστές προτίμησης (preference):	3	3	3
Συντελεστές άρνησης (veto):	-	1	5

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

12/27

Από την ανάλυση αποτελεσμάτων εξάγεται η τελική κατάταξη



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ELECTRE

13/27

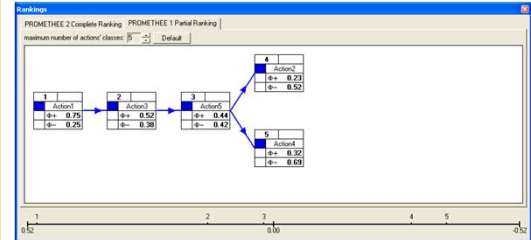
- ✓ Η εφαρμογή συστήνει ως καλύτερη εναλλακτική λύση τη λειτουργία υπόγειου μέσου σταθερής τροχιάς (Μετρό)

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

14/27

Decision Lab - PROMETHEE

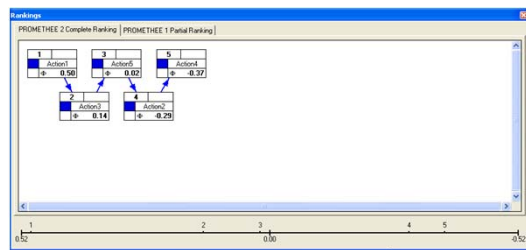
Μεθοδολογία μερικής κατάταξης PROMETHEE I



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

15/27

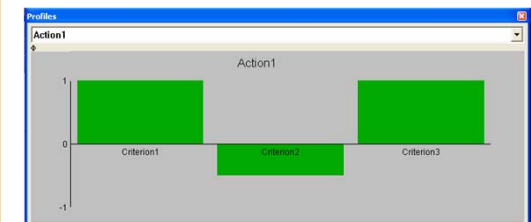
Μεθοδολογία ολικής κατάταξης PROMETHEE II



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

16/27

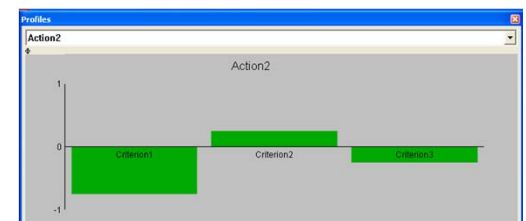
Προφίλ κάθε εναλλακτικής για τα 3 κριτήρια



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

17/27

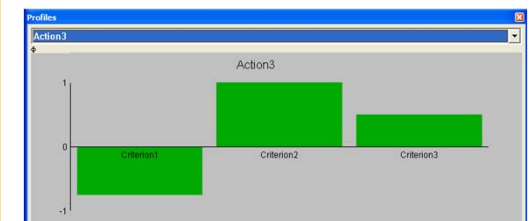
Προφίλ κάθε εναλλακτικής για τα 3 κριτήρια



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

18/27

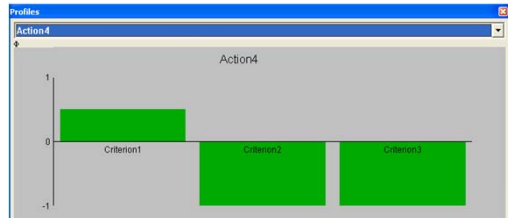
Προφίλ κάθε εναλλακτικής για τα 3 κριτήρια



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

19/27

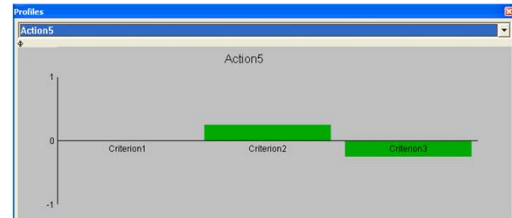
Προφίλ κάθε εναλλακτικής για τα 3 κριτήρια



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

20/27

Προφίλ κάθε εναλλακτικής για τα 3 κριτήρια



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

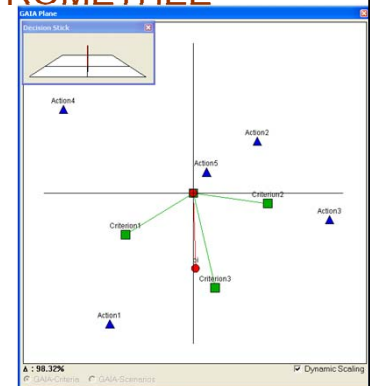
21/27

- ✓ Από τις αναλύσεις PROMETHEE I και II προκύπτει πως η εναλλακτική 1 έχει το μεγαλύτερο δυνατό φ+ και το μικρότερο δυνατό φ- (ροές υπεροχής), οπότε υπερέρχει όλων των υπόλοιπων εναλλακτικών

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

22/27

Επίπεδο GAIA



ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: PROMETHEE

23/27

- ✓ Το πρόγραμμα συνιστά σε κάθε περίπτωση την εφαρμογή της πρώτης εναλλακτικής (κατασκευή Μετρό). Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα και στο προηγούμενο σχήμα όπου η Action1 είναι τοποθετημένη στην ίδια κατεύθυνση με δύο από τους άξονες.
- ✓ Αυτή η λύση θα οδηγήσει σε μεγιστοποίηση όλων των κριτηρίων του προβλήματος

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: AHP

24/27

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Βαθμολόγηση των κριτηρίων του προβλήματος στην κλίμακα Saaty - εισάγονται στο AHP

Κριτήρια	Αποτελεσματικότητα	Κόστος	Αποδοχή
Αποτελεσματικότητα	1	2	6
Κόστος	1/2	1	5
Αποδοχή	1/6	1/5	1

25/27

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΑΗΡ

Το πρόγραμμα παράγει τα βάρη του κάθε κριτηρίου

Κριτήρια	Συντελεστές βαρύτητας
Αποτελεσματικότητα	0,5770
Κόστος	0,3420
Αποδοχή	0,0810

26/27

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΑΗΡ

Τελική κατάταξη μεθόδου ΑΗΡ

	Αποτελεσματικότητα (επίλυση - βελτισμική)	Κόστος υλοποίησης (επιμνηστικό - βελτισμικό)	Κοινωνική αποδοχή (επίλυση - βελτισμική)	Βαθμολογία κάθε σεναρίου με τους συντελεστές ΑΗΡ
Λειτουργία υπόγειου μέσου σταθερής τροχιάς (Μετρό)	8	2	10	6,11
Κατασκευή επιφανειακού μέσου σταθερής τροχιάς (Τραμ)	5	3	7	4,48
Ανάπτυξη υποδομών παράκτιας αστικής συγκοινωνίας	5	4	9	4,98
Κατασκευή νότιας παράκαμψης (ως υποθαλάσσια ή αλλιώς)	7	1	5	4,79
Κατασκευή εξωτερικής περιφερειακής οδού	6	3	7	5,06

27/27

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

- ✓ Και οι 3 μέθοδοι ανέδειξαν ως καλύτερη λύση για την αποσυμφόρηση του κυκλοφοριακού τη κατασκευή Μετρό
- ✓ Το κριτήριο της αποτελεσματικότητας είχε τον υψηλότερο συντελεστή και στις 3 μεθόδους

1/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Building and Environment 45 (2010) 2317–2326

Contents lists available at ScienceDirect

Building and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/buildenv

Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste management facility

Georgios Banias*, Charisios Achillas, Christos Vlachokostas, Nicolas Moussiopoulos, Sokratis Tarsenis

Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University Thessaloniki, Box 483, 54124 Thessaloniki, Greece

ARTICLE INFO **ABSTRACT**

Article history:
Received 18 December 2009
Received in revised form
21 April 2010
Accepted 23 April 2010

Construction industry is the most significant fields on a global scale, with respect to its economic, technological, and environmental impact. Its rapid growth over the last decades has resulted in an enormous increase of the produced construction and demolition waste, thus provoking a considerable burden on the environment. The proposed methodological framework is aiming towards optimal location of units of alternative construction and demolition waste management and it is following the path of multicriteria analysis. For the problem under study, ELECTRE III technique is adopted. The decision process presented requires the adoption of a number of logical steps mainly, clarification of the decision criteria for selecting the optimal location (economical, environmental and social), the definition of their relative significance and data assembly. The approach allows a robust parameter analysis in order to evaluate and compare in detail all available alternatives. On top of that, sensitivity analysis is also available, since parameter values in real life applications originate from estimations which are sometimes more or less reliable. This paper presents an effort to interface local acceptance, financial viability and level of environmental quality which represents a vital issue for the particular waste stream's management efficiency. The methodology is implemented and demonstrated for the case of the Region of Central Macedonia, Greece and can be employed either by private investors or public authorities in other areas internationally.

2/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

ARTICLE INFO

Article history:
Received 18 December 2009
Received in revised form
21 April 2010
Accepted 23 April 2010

Keywords:
Construction and demolition waste
Building sector
End-of-life management
Multicriteria analysis
Sustainable development

ABSTRACT

Construction industry is the most significant fields on a global scale, with respect to its economic, technological, and environmental impact. Its rapid growth over the last decades has resulted in an enormous increase of the produced construction and demolition waste, thus provoking a considerable burden on the environment. The proposed methodological framework is aiming towards optimal location of units of alternative construction and demolition waste management and it is following the path of multicriteria analysis. For the problem under study, ELECTRE III technique is adopted. The decision process presented requires the adoption of a number of logical steps mainly, clarification of the decision criteria for selecting the optimal location (economical, environmental and social), the definition of their relative significance and data assembly. The approach allows a robust parameter analysis in order to evaluate and compare in detail all available alternatives. On top of that, sensitivity analysis is also available, since parameter values in real life applications originate from estimations which are sometimes more or less reliable. This paper presents an effort to interface local acceptance, financial viability and level of environmental quality which represents a vital issue for the particular waste stream's management efficiency. The methodology is implemented and demonstrated for the case of the Region of Central Macedonia, Greece and can be employed either by private investors or public authorities in other areas internationally.

© 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.

3/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Alternative site locations
- Prefecture Capital
- Existing UAM

$$p_i = \frac{1}{n} (V_i^{\max} - V_i^{\min})$$

$$q_i = 0.3 \cdot p_i$$

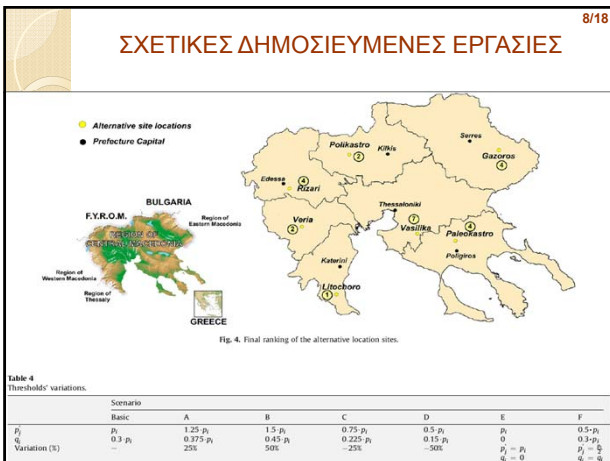
Criteria	Unit of measurement	Description
C1	1-10 scale (qualitative)	Indicator for the ecological effects of the proposed location site. Establishing and operating a UAM/A1/8
C2	1-10 scale (qualitative)	Indicator for the ecological effects of the proposed location site. Establishing and operating a UAM/A1/8
C3	1-10 scale (qualitative)	Indicator for the ecological effects of the proposed location site. Establishing and operating a UAM/A1/8
C4	Distance from CDWW sources	Indicator for the distance between demolition sites and the alternative site for the development of the UAM. Criterion C4 takes into account the minimization of transportation costs, which constitutes a significant percentage of any more logistic network (L3).
C5	Demand for secondary building materials	Indicator for the economic activity created by the use of end-of-life building materials in the secondary market. The use of building wastes as a secondary raw material avoids the importation of natural building materials and prevents a critical parameter for the funding of the proposed facility.
C6	Distance from existing UAMs	Indicator for competitiveness and viability of the proposed investment. Market competition is one of the first aspects to be considered before proceeding to the required capital investment and the same happens for the case of the development of a UAM. Existence of a nearby competitor would decrease market demand for the proposed facility or would increase the price charged for the provided services.
C7	Distance from sanitary landfill	Indicator for the absorption rate of the UAMs' products as a daily cover in landfills. It is very common that landfills are in great need of inert material for municipal waste coverings. The need for a covering material may be covered by UAMs' end products, making landfills potential stable sites for secondary market development UAMs. The presence of a nearby sanitary landfill would increase the UAM's viability, since such investment is a great benefit from having stable recipients.
C8	Land Value	Indicator for the development cost since all other cost elements (e.g. energy prices, personnel salaries, equipment prices) are not differentiable significantly in a national level.
C9	Subsidies	Indicator for the development cost. Criterion C9 takes explicitly into consideration an upgrade the initial capital investment to integrate the UAM development into a public development program. Such an option is relatively common in the EU for the development of facilities like the one discussed here, since the latter present great benefits to the local environment and therefore it is for the public's profit to require for the facility's viability. The road network is probably the most crucial infrastructure for the smooth operation of a UAM, since CDWW most often results the facility, as well as end products are sent to secondary markets, with the use of lorries. The existing road network is categorized in three classes, namely: (i) primary national network, (ii) secondary national network and (iii) motorway.
C10	Type of road network	Indicator for the facility's accessibility. The road network is probably the most crucial infrastructure for the smooth operation of a UAM, since CDWW most often results the facility, as well as end products are sent to secondary markets, with the use of lorries. The existing road network is categorized in three classes, namely: (i) primary national network, (ii) secondary national network and (iii) motorway.
C11	Distance from railway station	Indicator for the facility's accessibility. The road network is probably the most crucial infrastructure for the smooth operation of a UAM, since CDWW most often results the facility, as well as end products are sent to secondary markets, with the use of lorries. The existing road network is categorized in three classes, namely: (i) primary national network, (ii) secondary national network and (iii) motorway.
C12	Necessity for new roads or improvement of existing ones	Indicator for the facility's accessibility. The road network is probably the most crucial infrastructure for the smooth operation of a UAM, since CDWW most often results the facility, as well as end products are sent to secondary markets, with the use of lorries. The existing road network is categorized in three classes, namely: (i) primary national network, (ii) secondary national network and (iii) motorway.
C13	Distance from decision making centres	Indicator for the facility's accessibility. The road network is probably the most crucial infrastructure for the smooth operation of a UAM, since CDWW most often results the facility, as well as end products are sent to secondary markets, with the use of lorries. The existing road network is categorized in three classes, namely: (i) primary national network, (ii) secondary national network and (iii) motorway.
C14	Existence of operational infrastructure	Indicator for the facility's accessibility. The road network is probably the most crucial infrastructure for the smooth operation of a UAM, since CDWW most often results the facility, as well as end products are sent to secondary markets, with the use of lorries. The existing road network is categorized in three classes, namely: (i) primary national network, (ii) secondary national network and (iii) motorway.
C15	Land value degradation	Indicator for the economic damage due to land degradation. UAMs are facilities of high distance to the local environment, both as regards aesthetics, as well as air pollution. In that sense, the development of a UAM results in the indirect economic degradation of the local area. In that sense, the development of a UAM results in the indirect economic degradation of the local area. In that sense, the development of a UAM results in the indirect economic degradation of the local area.
C16	Traffic burden	Indicator for the local traffic conditions and expected consequences from the development of a UAM in the area.
C17	Landscape insight	Indicator for the aesthetics degradation of the local environment.
C18	Noise pollution affected population	Indicator for noise nuisance arising from the process taking place during the operational phase of the proposed UAM.
C19	Unemployed population	Indicator for both available workforce and social acceptance for the development of a UAM.

ΣΧΗΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Criteria	Unit of measurement	Performances (%)								Preference direction
		Litochoro		Gazoros		Polikastro		Vasilika		
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
C1	1-10 scale	1	10	5	8	10	10	10	10	-
C2	1-10 scale	10	8	10	3	8	3	3	3	+
C3	Demolition permits	25	48	13	650	38	12	48	4	+
C4	Km	17	22.5	27	28	4	7	9	9	-
C5	Building permits	725	630	421	3718	554	642	1149	642	+
C6	Km	84	108	47	38	65	58	69	69	-
C7	Km	1	24	30	45	6	11	1.5	1.5	-
C8	€/acre	44,000	3,200	10,000	26,000	14,000	3,600	8,400	8,400	-
C9	%	45	45	40	33	44	40	40	40	+
C10	1-10 scale	10	5	8	3	10	5	3	3	+
C11	Km	3.5	2	4	28	1	5.5	5.5	5.5	-
C12	Km	0	0.05	0.8	0.07	0.35	0.05	0.2	0.2	-
C13	Km	2	22.5	3	28	4	7	9	9	-
C14	1-10 scale	10	1	3	10	8	5	5	5	+
C15	Population	6700	11,000	12,700	9300	47,400	1800	350	350	-
C16	1-10 scale	3	5	3	10	3	5	10	10	-
C17	1-10 scale	1	5	3	10	3	5	5	5	-
C18	Population	6700	11,000	12,700	9300	47,400	1800	350	350	-
C19	%	9.2	5	15.1	8.8	12.9	8.9	6	6	+

ΣΧΗΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Criteria	Weighting factor (%)	Preference (p)	Indifference (q)	Veto (v)
C1	12.4	1.3	0.4	-
C2	8.1	1.0	0.3	-
C3	7.4	91.0	27.3	-
C4	5.7	3.4	1.0	50
C5	9.2	471.0	141.3	-
C6	5.9	10.0	3.0	-
C7	4.3	6.3	1.9	-
C8	7.6	5828.6	1748.6	-
C9	11.3	1.7	0.5	-
C10	2.9	1.0	0.3	-
C11	1.0	7.7	2.3	-
C12	1.8	0.1	0.03	-
C13	1.2	3.7	1.1	-
C14	2.2	1.2	0.4	-
C15	4.3	6721.4	2016.4	-
C16	2.1	1.0	0.3	-
C17	3.8	1.3	0.4	-
C18	3.5	6721.4	2016.4	-
C19	5.5	1.4	0.4	-



ΣΧΗΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Thresholds' sensitivity analysis.

Scenarios	Ranking						
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th
Basic scenario	Litochoro	Veria and Polikastro			Gazoros, Rizari and Paleokastro		Vasilika
A	Litochoro	Veria and Polikastro			Gazoros, Rizari and Paleokastro		Vasilika
B	Litochoro	Veria	Polikastro		Gazoros	Rizari, Paleokastro and Vasilika	
C	Litochoro	Veria, Polikastro and Paleokastro			Rizari and Gazoros		Vasilika
D	Litochoro	Veria, Polikastro and Paleokastro			Rizari and Gazoros		Vasilika
E	Litochoro	Veria, Polikastro and Paleokastro			Rizari and Gazoros		Vasilika
F	Litochoro	Veria and Polikastro	Paleokastro		Rizari and Gazoros		Vasilika

10/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Waste Management 30 (2010) 870–879

Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: A case study in Greece

Ch. Achillas*, Ch. Vlachokostas, N. Moussiopoulos, G. Banias

Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Aristotle University, Thessaloniki, Box 483, 54124 Thessaloniki, Greece

ARTICLE INFO **ABSTRACT**

Article history:
Accepted 30 November 2009
Available online 23 December 2009

Environmentally sound end-of-life management of Electrical and Electronic Equipment has been realised as a top priority issue internationally, both due to the waste stream's continuously increasing quantities, as well as its content in valuable and also hazardous materials. In an effort to manage Waste Electrical

11/18

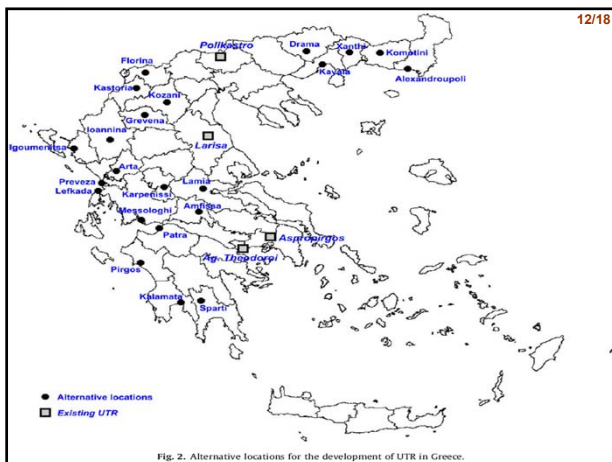
ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

ARTICLE INFO ABSTRACT

Article history:
Accepted 30 November 2009
Available online 23 December 2009

Environmentally sound end-of-life management of Electrical and Electronic Equipment has been realised as a top priority issue internationally, both due to the waste stream's continuously increasing quantities, as well as its content in valuable and also hazardous materials. In an effort to manage Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), adequate infrastructure in treatment and recycling facilities is considered a prerequisite. A critical number of such plants are mandatory to be installed in order: (i) to accommodate legislative needs, (ii) decrease transportation cost, and (iii) expand reverse logistics network and cover more areas. However, WEEE recycling infrastructures require high expenditures and therefore the decision maker need to be most precautions. In this context, special care should be given on the viability of infrastructure which is heavily dependent on facilities' location. To this end, a methodology aiming towards optimal location of Units of Treatment and Recycling is developed, taking into consideration economical together with social criteria, in an effort to interface local acceptance and financial viability. For the decision support system's needs, ELECTRE III is adopted as a multicriteria analysis technique. The methodology's applicability is demonstrated with a real-world case study in Greece.

© 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.



13/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Performances of the alternative locations for the selected criteria.

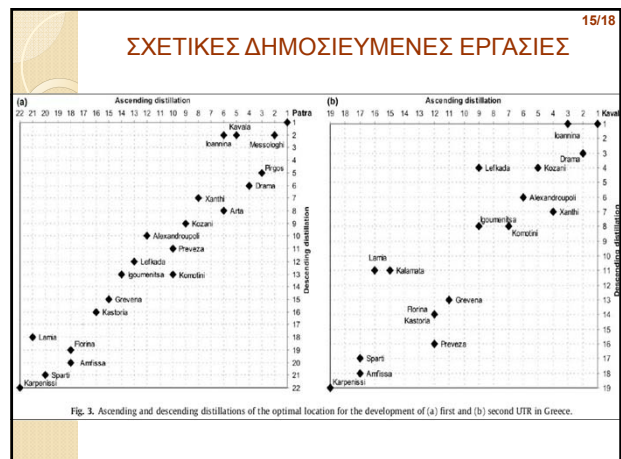
Alternative location	Local population (residents)	Population served (residents)	Distance from existing UTR (km)	Land value (€/ha)	Unemployed population (number)	Land connection (yes/no)	Financial status of local population (GDP/capita)	Distance from the capital of the region (km)	Distance from nearest port (km)
Messolochi	218,154	1,188,001	179	4600	10,671	Yes	9806	60	60
Arta	71,219	733,985	276	5900	3186	Yes	11,342	75	48
Patra	338,648	1,130,597	147	20,000	20,439	Yes	12,964	0	0
Grevena	31,520	718,856	165	3000	1668	Yes	9510	165	165
Drama	100,620	796,222	146	5000	7022	Yes	10,892	36	36
Alexandroupoli	148,928	506,585	314	2500	4072	Yes	11,314	153	0
Karpenisi	19,620	475,749	222	2000	857	Yes	11,081	288	157
Pirgos	180,097	1,092,443	247	8200	12,005	Yes	10,023	97	47
Igoumenitsa	42,685	496,211	288	3500	2005	Yes	10,347	86	0
Alexandroupoli	177,212	527,731	201	15,000	7948	Yes	12,806	0	86
Kavala	140,238	607,205	162	4000	6607	Yes	11,255	0	0
Kastoria	53,741	790,075	198	4000	5319	Yes	9626	198	198
Kozani	154,349	790,075	124	3500	8535	Yes	13,003	124	124
Sparta	61,855	526,565	153	6400	2792	Yes	9372	275	43
Lefkada	22,291	733,985	304	14,000	752	Yes	11,188	133	0
Kalamata	164,581	437,833	185	4000	7070	Yes	10,704	214	0
Xanthi	106,144	607,205	214	5500	5669	Yes	10,780	52	52
Preveza	57,404	714,365	310	2000	3901	Yes	10,894	104	0
Konitsini	111,275	506,585	259	3000	4310	Yes	10,213	98	57
Lamia	166,756	224,175	222	3500	6921	Yes	11,616	214	17
Florina	54,254	639,161	196	2500	2709	Yes	11,039	196	196
Anfissa	37,789	548,221	156	2600	1707	Yes	11,892	203	29

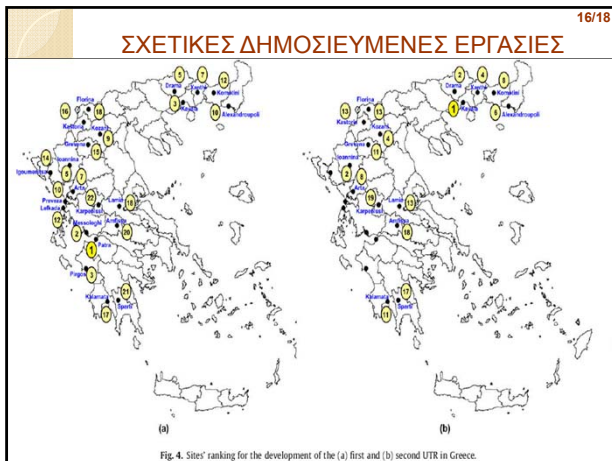
14/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Weighting factors and thresholds for the development of a UTR in Greece.

	Local population (residents)	Population served (residents)	Distance from existing UTR (km)	Land value (€/m ²)	Unemployed population (number)	Land connection (yes/no)	Financial status of local population (GDP/capita)	Distance from the capital of the region (km)	Distance from nearest port (km)
Weighting factor (%)	20	30	12	2	2	0	1	30	3
Threshold of negligence	30,000	100,000	50	0.2	4000	-	1000	0	0
Threshold of preference	80,000	250,000	100	0.5	10,000	-	2000	25	25
Veto threshold	-	-	100	-	-	No	-	-	-





17/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Thresholds' sensitivity analysis for the development of the first UTR

Scenario	First	Second	Third	Fourth	Fifth
Base-case scenario	Patra	Messologhi	Pirgos, Kavala		Ioannina, Drama
+5%	Patra	Messologhi	Pirgos, Kavala		Ioannina, Drama
+10%	Patra	Messologhi	Kavala	Pirgos, Ioannina, Drama	
+20%	Patra	Messologhi, Kavala		Pirgos, Ioannina, Drama	
+30%	Patra	Messologhi, Kavala		Pirgos, Ioannina, Drama	
+40%	Patra	Messologhi, Kavala		Pirgos, Ioannina, Drama	
+50%	Patra	Messologhi, Kavala		Pirgos, Ioannina, Drama	
-5%	Patra	Messologhi	Kavala, Pirgos, Drama		
-10%	Patra	Messologhi	Kavala, Pirgos, Drama		
-20%	Patra	Messologhi	Kavala, Pirgos, Drama		
-30%	Patra	Messologhi	Kavala, Pirgos, Drama		
-40%	Patra	Messologhi	Kavala, Pirgos, Drama		
-50%	Patra	Messologhi	Kavala, Pirgos, Drama		

18/18

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Elsevier Editorial System(tm) for Atmospheric Environment
Manuscript Draft

Manuscript Number: ATMENV-D-11-00259R1

Title: MULTICRITERIA METHODOLOGICAL APPROACH TO MANAGE URBAN AIR POLLUTION

Article Type: Research Paper

Keywords: Air pollution; multicriteria analysis; decision-making; control options; experts.

Corresponding Author: Dr. Christos Georgios Vlachokostas, Ph.D.

Corresponding Author's Institution: Aristotle University Thessaloniki

First Author: Christos Georgios Vlachokostas, Ph.D.

Order of Authors: Christos Georgios Vlachokostas, Ph.D.; Charisios Achillas, Ph.D; Nicolas Moussiopoulos, Prof; Georgios Banias, Ph.D

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ευχαριστώ για την προσοχή σας