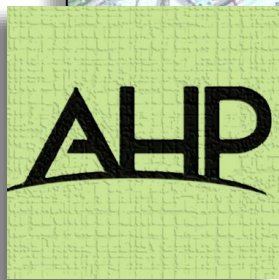
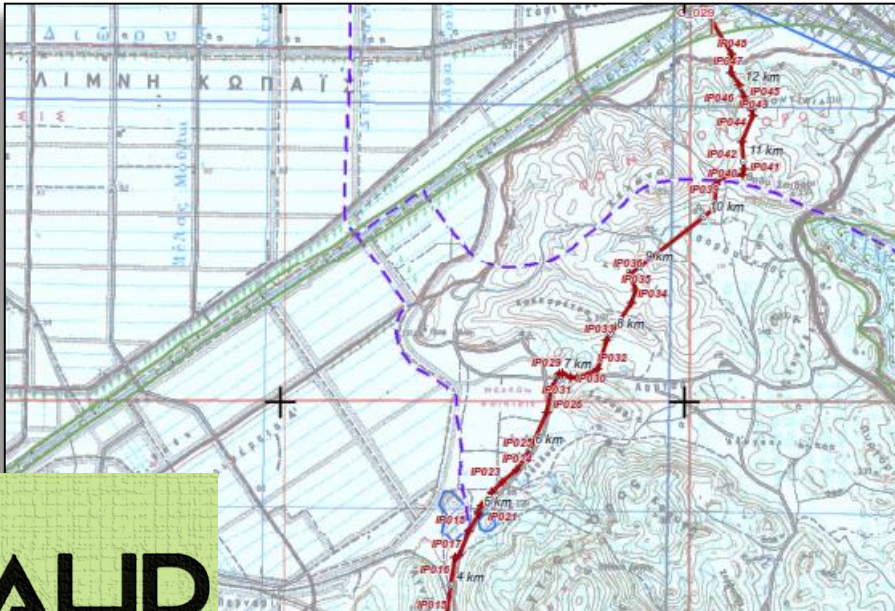


Εφαρμογή της Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης (ΔΑΙ) στην έρευνα Διαδρόμων Αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου



Δρ. Φ. Σπανίδης
Oil & Gas Project Manager
ASPROFOS Engineering S.A.

ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΑΓΩΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

- **Χερσαίοι αγωγοί:** γραμμικά έργα μεταφοράς υδρογονανθράκων σε μεγάλες αποστάσεις
- **Διάδρομοι διέλευσης (corridors of interest):** λωρίδες εδάφους, μεγάλου εύρους, εντός των οποίων μελετώνται, σχεδιάζονται και επιλέγονται οι τελικές χαράξεις των αγωγών
- **Εύρος:** εξαρτάται από τη διάμετρο και το βαθμό λεπτομέρειας της μελέτης χάραξης
- **Κρισιμότητα:** συνιστά παράγοντα βάσει του οποίου λαμβάνονται κρίσιμες επιχειρηματικές αποφάσεις για την υλοποίηση των έργων
- **Διερεύνηση:** στο προ-επενδυτικό στάδιο, παράλληλα με τον Προκαταρκτικό Σχεδιασμό (Conceptual Design) και τη Μελέτη Σκοπιμότητας (Feasibility Study) των έργων
- **Πολυπλοκότητα:** απαιτεί διαχείριση και συντονισμό δραστηριοτήτων και αποτελεσμάτων δουλειάς διεπιστημονικών ομάδων μηχανικών, περιβαλλοντολόγων, γεωλόγων, κοινωνιολόγων, κλπ
- **Συλλογή στοιχείων:** γεωγραφικοί χάρτες, τοπογραφικά διαγράμματα, δορυφορικές απεικονίσεις (MSS imagery data), γεωτεχνικοί και εδαφολογικοί άτλαντες, χρήσεις γης, υδρογραφικές μελέτες, ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DTM), σεισμικά ιστορικά αρχεία, μελέτες τεκτονικών ρηγμάτων, οικολογικοί χάρτες, νομοθεσία, κλπ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Παράγοντες Αξιολόγησης (inputs)

- Τοπογραφία - Γεωμορφολογία
- Έδαφος
- Χρήσεις Γης
- Γεωλογία
- Υδρογεωλογία
- Σεισμικότητα
- Οικοσυστήματα
- Περιβάλλον
- Ασφάλεια
- Υποδομές
- Κόστος κατασκευής
- Απόκτηση γης
- Κοινωνία – Φορείς
- Πολιτιστική κληρονομιά
- Νομοθεσία – Εγκρίσεις
- Επικινδυνότητα



Δραστηριότητες (Engineering Process)



Αποτελέσματα (outputs)

Χαρτογραφική απόδοση σε κλίμακες 1:200.000 – 1:50.000 *
Μοντέλο θεώρησης και γενικής ανάπτυξης έργου

Επεξεργασία και απόδοση σε κλίμακες 1:50.000 – 1:10.000 *
Αξιολόγηση παραγόντων (baseline evaluation)

Επεξεργασία και απόδοση σε κλίμακες 1:10.000 – 1:5.000 *
Τεχνοοικονομική αξιολόγηση και τεκμηρίωση εφικτότητας εναλλακτικών

Λήψη απόφασης επιλογής βέλτιστου διαδρόμου - Οριστική χάραξη σε κλίμακες 1:1000-1:500*

(*) ψηφιακά υπόβαθρα με γωαναφορά

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΗΘΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

- Κίνδυνος **απόρριψης** ενός βιώσιμου διαδρόμου
- Κίνδυνος **επιλογής** ενός μη βιώσιμου διαδρόμου
- Κίνδυνος **επιλογής** ενός βιώσιμου διαδρόμου, αλλά μη βέλτιστου
- **Υπερεκτίμηση** ή **υποεκτίμηση** της βαρύτητας των παραγόντων
- **Αντικρουόμενες απόψεις** ('conflicts') μεταξύ εμπειρογνομόνων π.χ.:
 - ελάχιστο μήκος αγωγού έναντι δημιουργίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων
 - κατασκευή μέσω ομαλού εδάφους έναντι κόστους απόκτησης γης
 - κατασκευή ελάχιστου μήκους έναντι διελεύσεων από προβληματικά εδάφη, κλπ
- Δυσκολία χειρισμού της **πολυπλοκότητας** της διερεύνησης
- Δυσκολία στην συγκρισιμότητα των προτάσεων με **σαφή, κατανοητό και μετρήσιμο τρόπο**
- Συχνά, η τεκμηρίωση των εναλλακτικών κυριαρχείται από τα εξαγόμενα της χωρικής ανάλυσης έναντι των **βέλτιστων πρακτικών σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας** των αγωγών
- Η λήψη αποφάσεων είναι συχνά προϊόν **αλληλεπίδρασης** και **συναίνεσης** βάσει της αναμενόμενης **συνολικής ανταποδοτικότητας** του έργου και των **τεχνοοικονομικών** αναλύσεων της κάθε εναλλακτικής

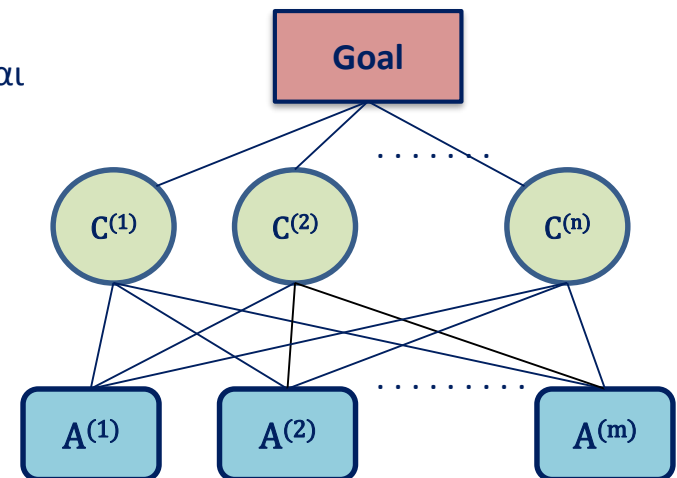
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ

- Τα πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων εφαρμόζονται με σκοπό την **ενσωμάτωση και επεξεργασία** των απόψεων των εμπειρογνομόνων στη λήψη απόφασης
- Βασίζονται σε **ομαδοποίηση** των παραγόντων υπό μορφή **κριτηρίων αξιολόγησης** δομημένων σε **υποσύνολα** με **διακριτό γνωστικό** περιεχόμενο, π.χ. τοπογραφία, γεωλογία, χρήσεις γης, κλπ
- Μετατρέπουν την **προτίμηση** των εμπειρογνομόνων σε **αριθμητικά δεδομένα**, για τα κριτήρια, αλλά και για την επίδοση των εναλλακτικών ως προς το κάθε κριτήριο
- Επεξεργάζονται με **μαθηματικά συνεπή τρόπο** τα δεδομένα, επιτυγχάνοντας **μόχλευση των προτιμήσεων** και εξαγωγή **συγκρίσιμων αποτελεσμάτων** με ανάδειξη της συνολικής επίδοσης και την τελική ιεράρχησή των εναλλακτικών (ranking of alternatives)
- Η **Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης** (Analytical Hierarchy Process-AHP) είναι πολυκριτηριακή μέθοδος (Saaty, 1980) με ευρεία εφαρμογή όπου το πρόβλημα λήψης απόφασης ιεραρχείται σε 3 διακριτά επίπεδα:

(α) *Καθορισμός στόχου (goal setting)*

(β) *Διαμόρφωση κριτηρίων (identification of selection criteria)*

(γ) *Κατάρτιση εναλλακτικών (definition of alternatives)*



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (βήματα)

1. Ιεραρχική ανάλυση προβλήματος (στόχος, κριτήρια εναλλακτικές)
2. Κατάρτιση του **Μητρώου Βαρών των Κριτηρίων** με συγκρίσεις ανά ζεύγη (Pair-wise Comparison Matrix) βάσει της κλίμακας Saaty (1980)
3. Έλεγχος του **Βαθμού Συνέπειας CR** (Consistency Ratio) του Μητρώου Βαρών μέσω ελέγχου της συνθήκης $CR < 0.10$. Αν $CR \geq 0.10$ η κατάρτιση του μητρώου επαναλαμβάνεται.
4. Κατάρτιση του **Μητρώου Επίδοσης** κάθε **Εναλλακτικής** ως προς το καθένα κριτήριο, S^b , με συγκρίσεις ανά ζεύγη βάσει της κλίμακας Saaty (1980) και εξαγωγή των μητρώων (διανυσμάτων) επίδοσης (τόσα μητρώα όσα και τα κριτήρια).
5. Ίδιο με το βήμα 3
6. Προσδιορισμός της **Συνολικής Επίδοσης** (Overall Performance) **όλων των** Εναλλακτικών S (Total Ranking of Alternatives): $S = S^b \cdot W^T$
7. Ανάδειξη Εναλλακτικής με τη **μέγιστη επίδοση/βαθμολογία** (maximum overall performance) δηλαδή $\max [S]$ και επιλογή της ως **Βέλτιστης** (Optimum) **λύσης**, S_{opt}
8. **Ανάλυση ευαισθησίας** της τελικής κατάταξης έναντι **αυξομειώσεων** των βαρών των κύριων κριτηρίων – Έλεγχος “**ευρωστίας**” (Robustness)

Κλίμακα Saaty

Υπεροχή του πρώτου έναντι του δεύτερου συγκρινόμενου στοιχείου

1: ίδια σημαντικότητα

3: μικρή υπεροχή

5: σημαντική υπεροχή

7: πολύ μεγάλη υπεροχή

9: εξαιρετικά μεγάλη υπεροχή

Οι τιμές 2, 4, 6 και 8 είναι ενδιάμεσες και χρησιμοποιούνται για επαύξηση της ακρίβειας στην αριθμητική εκτίμηση

Αντίστροφα, τιμές 1/3, 1/5, 1/7 κλπ σημαίνουν ότι το δεύτερο στοιχείο προτιμάται του πρώτου

CASE STUDY (*)

- Pipeline for transportation of aviation fuel (Jet-A1): from storage plant to airport fueling facilities
- NPS: 10 [inch] – Approximate route: 21 [km] – Throughput: 1,25 million liters per annum
- Investigation of three (3) alternative pipeline route corridors:

Baseline data	Alternative - A ⁽¹⁾	Alternative - A ⁽²⁾	Alternative - A ⁽³⁾
Length [km]	19,8	21,5	22,1
Major Crossings	8 (3xHDD crossings)	8 (2XHDD crossings)	5
Hydrogeology	low watercourse interference	high watercourse interference - buoyancy effects	low watercourse interference
Geology & Soil	proper soil conditions – low geological effects	mangroves, lagoon proximities, loose formations	proper soil conditions – low geological effects
Topography	smooth terrain (5-10%)	smooth terrain (5-10%)	very smooth terrain (0-5%)
Safety consequences	low (placement through an Expressway)	medium (placement through provincial roads)	low (partial placement through provincial roads)
Environmental impacts	medium	medium	low
Accessibility	high	moderate to low	moderate
Constructability	medium to high (along an Expressway)	μmoderate to low	moderate
Social Impacts	low	medium to low	medium
CAPEX	11,9 mil US\$	12,7 mil US\$	10,6 mil US\$

CASE STUDY (cont'd)

Selection Criteria

C⁽¹⁾ - Technical Aspects (TA)

C⁽²⁾ - Safety (SF)

C⁽³⁾ - Environment & Society (ES)

C⁽⁴⁾ - Geology and Soils (GS)

C⁽⁵⁾ - Project Cost (PC)

C⁽⁶⁾ - Permitting (PT)

Table-1: Pair-wise comparison matrix for criteria weighting (eigenvector)

Reciprocal Symmetric Matrix							Normalized Matrix						Priority Vector	
	C ¹	C ²	C ³	C ⁴	C ⁵	C ⁶	C ¹	C ²	C ³	C ⁴	C ⁵	C ⁶	W ⁽ⁱ⁾	
C ¹	1,00	1/3	1/3	1,00	1/4	1,00	C ¹	0,08	0,11	0,06	0,08	0,04	0,12	W ¹ = 0,08
C ²	3,00	1,00	3,00	2,00	2,00	2,00	C ²	0,23	0,32	0,51	0,15	0,33	0,24	W ² = 0,30
C ³	3,00	1/3	1,00	2,00	2,00	2,00	C ³	0,23	0,11	0,17	0,15	0,33	0,24	W ³ = 0,21
C ⁴	1,00	1/2	1/2	1,00	1/3	1/4	C ⁴	0,08	0,16	0,09	0,08	0,05	0,03	W ⁴ = 0,08
C ⁵	4,00	1/2	1/2	3,00	1,00	2,00	C ⁵	0,31	0,16	0,09	0,23	0,16	0,24	W ⁵ = 0,20
C ⁶	1,00	1/2	1/2	4,00	1/2	1,00	C ⁶	0,08	0,16	0,09	0,31	0,08	0,12	W ⁶ = 0,14
													Sum = 1,00	

Consistency control:

$\lambda_{max} = 6,53$ CI = 0,11
 CR = 0,08 < 0,10

Table-2: Pair-wise comparison matrix for Technical Aspects (TA) - (C¹)

TA	A ¹	A ²	A ³	Priority Vector
A ¹	1,00	1,00	1,00	S ¹⁽¹⁾ = 0,33
A ²	1,00	1,00	1/2	S ²⁽¹⁾ = 0,26
A ³	1,00	2,00	1,00	S ³⁽¹⁾ = 0,41
				Sum = 1,00

$\lambda_{max} = 3,05$ CI = 0,03
 CR = 0,05 < 0,10

Table-3: Pair-wise comparison matrix for Safety (SF) - (C²)

SF	A ¹	A ²	A ³	Priority Vector
A ¹	1,00	4,00	5,00	S ¹⁽²⁾ = 0,68
A ²	1/4	1,00	1/2	S ²⁽²⁾ = 0,13
A ³	1/5	2,00	1,00	S ³⁽²⁾ = 0,19
				Sum = 1,00

$\lambda_{max} = 3,10$ CI = 0,05
 CR = 0,08 < 0,10

Table-4: Pair-wise comparison matrix for Environment & Society (ES) - (C³)

ES	A ¹	A ²	A ³	Priority Vector
A ¹	1,00	1/3	1/4	S ¹⁽³⁾ = 0,12
A ²	3,00	1,00	1/3	S ²⁽³⁾ = 0,27
A ³	4,00	3,00	1,00	S ³⁽³⁾ = 0,61
				Sum = 1,00

$\lambda_{max} = 3,07$ CI = 0,04
 CR = 0,06 < 0,10

CASE STUDY (cont'd)

Table-5: Pair-wise comparison matrix for Geology & Soils (GS) - (C⁴)

GS	A ¹	A ²	A ³	Priority Vector
A ¹	1,00	3,00	2,00	S ¹⁽⁴⁾ = 0,54
A ²	1/3	1,00	1/2	S ²⁽⁴⁾ = 0,16
A ³	1/2	1/2	1,00	S ³⁽⁴⁾ = 0,30
Sum =				1,00

$$\lambda_{max} = 3,01 \quad CI = 0,00$$

$$CR = 0,01 < 0,10$$

Table-6: Pair-wise comparison matrix for Project Cost (ES) - (C⁵)

PC	A ¹	A ²	A ³	Priority Vector
A ¹	1,00	1,00	1/2	S ¹⁽⁵⁾ = 0,23
A ²	1,00	1,00	1/5	S ²⁽⁵⁾ = 0,17
A ³	2,00	5,00	1,00	S ³⁽⁵⁾ = 0,60
Sum =				1,00

$$\lambda_{max} = 3,10 \quad CI = 0,05$$

$$CR = 0,08 < 0,10$$

Table-7: Pair-wise comparison matrix for Permitting (PT) - (C⁶)

PT	A ¹	A ²	A ³	Priority Vector
A ¹	1,00	1/5	1/6	S ¹⁽⁶⁾ = 0,08
A ²	5,00	1,00	1/2	S ²⁽⁶⁾ = 0,34
A ³	6,00	2,00	1,00	S ³⁽⁶⁾ = 0,58
Sum =				1,00

$$\lambda_{max} = 3,03 \quad CI = 0,01$$

$$CR = 0,03 < 0,10$$

Table-8: Overall Performance

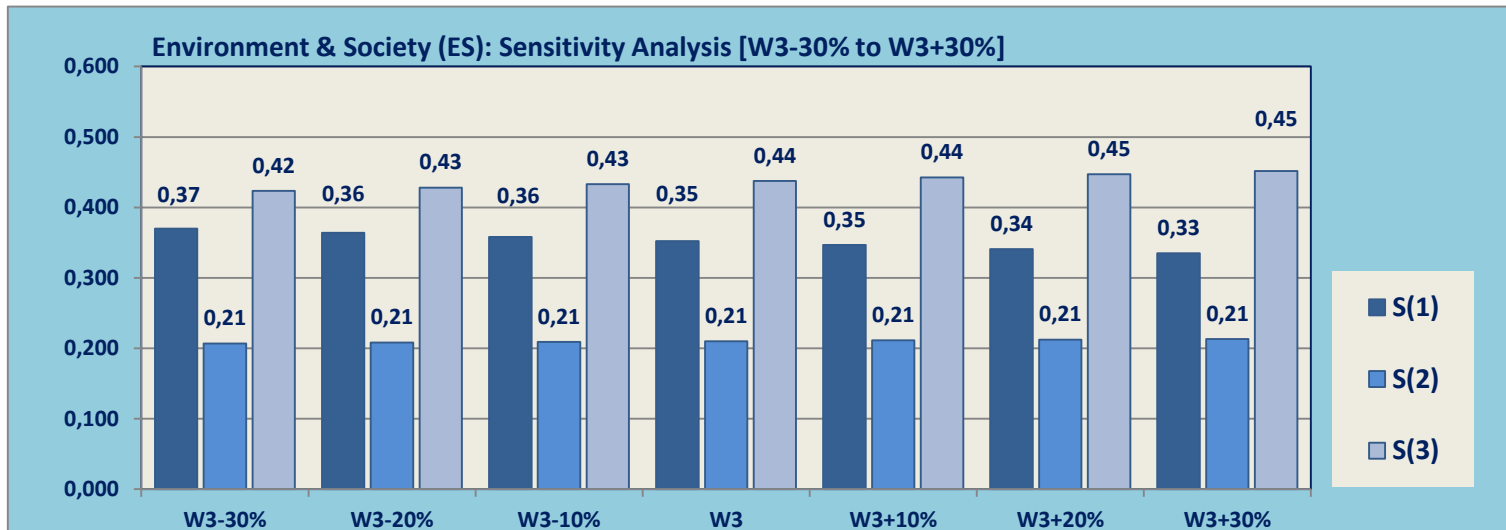
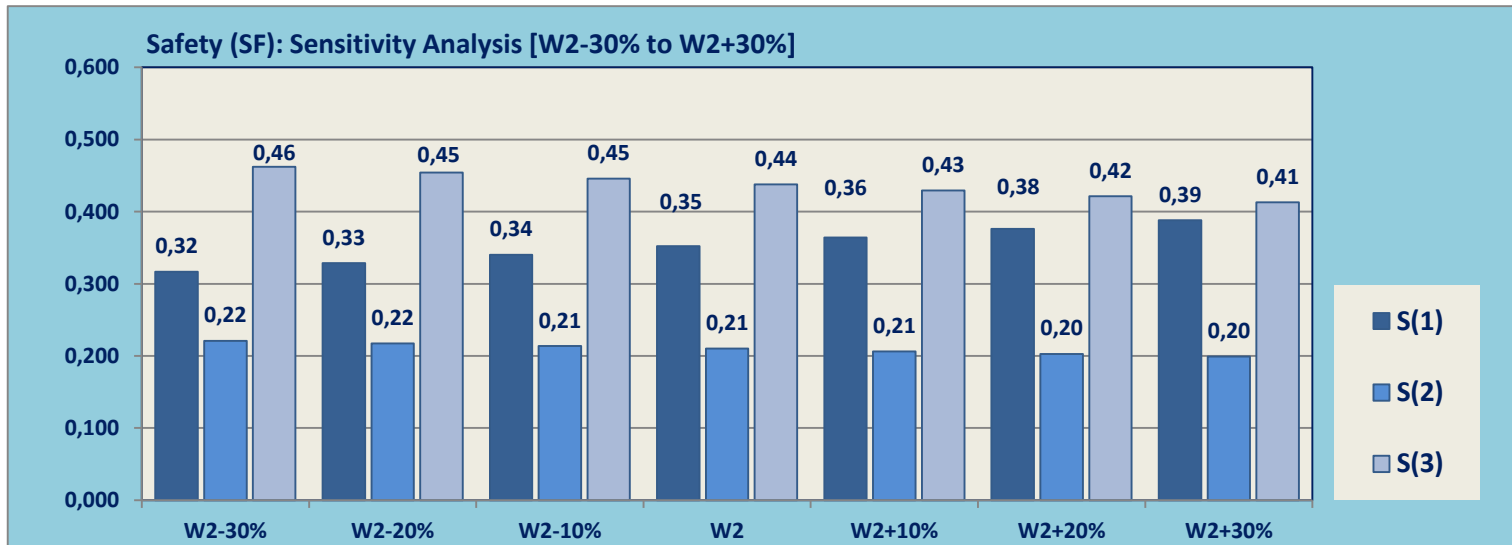
S ¹ =	0,352
S ² =	0,210
S ³ =	0,438

Total Ranking of Alternatives

$$S^3 > S^1 > S^2$$

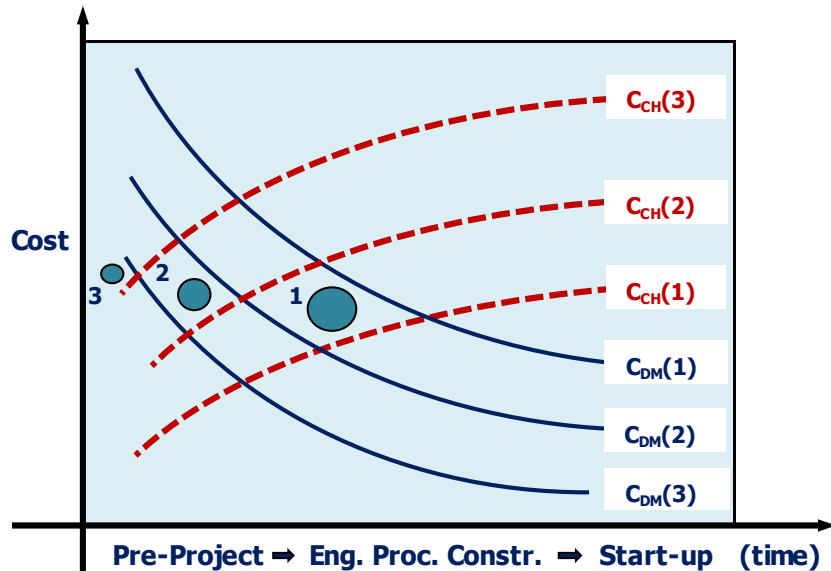
AHP outcome:
Optimum Corridor
is the Alternative A⁽³⁾

CASE STUDY (cont'd)



ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

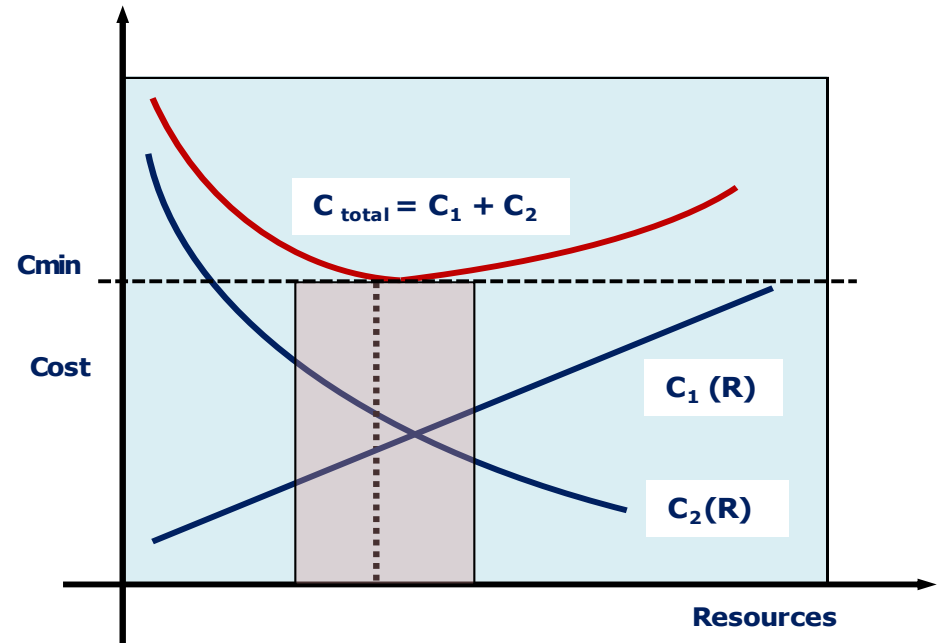
Κόστος σημαντικότητας αποφάσεων
έναντι κόστους αλλαγών



$C_{DM}(i)$: Decision Making Effort
 $C_{CH}(i)$: Cost of Late Changes (Smith, 2002)

● Opportunity Area(s)
 1: $C_{DM}(1) - C_{CH}(1)$
 2: $C_{DM}(2) - C_{CH}(2)$
 3: $C_{DM}(3) - C_{CH}(3)$

Διαχείριση κόστους λήψης απόφασης



$C_1(R)$: Corridor Selection Failure
 $C_2(R)$: DM method development
 $C_{total} = C_1 + C_2$: Total Cost
 Optimization curves

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης χαρακτηρίζεται γενικώς από τα εξής:

- Είναι **ευέλικτη, κατανοητή** και εύκολα **εφαρμόσιμη**
- Επιτρέπει **μόχλευση** και **εξορθολογισμό** της γνώσης των εμπειρογνομένων ιδιαίτερα σε περιπτώσεις **αντικρουόμενων ή μη απόλυτα συμβατών** απόψεων
- Επιτρέπει **ποσοτικοποίηση** των προτιμήσεων των εμπειρογνομένων ("*ότι είναι μετρήσιμο, είναι και διαχειρίσιμο*")
- Ενισχύει την **αντικειμενικότητα** και **αξιοπιστία** των αποφάσεων μέσω της **ποσοτικοποίησης** και της **μαθηματικής επεξεργασίας** των δεδομένων εισόδου
- Διαθέτει εργαλεία ελέγχου της μαθηματικής **συνέπειας** των μητρώων και της **ευαισθησίας** της τελικής κατάταξης των εναλλακτικών
- Μειονέκτημα της μεθόδου είναι το **δύσχρηστο** και η **πολυπλοκότητά** της όταν **αυξάνεται** ο αριθμός κριτηρίων ή/και ο αριθμός των εναλλακτικών.
- Τα σύγχρονα **εργαλεία λογισμικού** (π.χ. Expert Choice, Super Decisions) αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα προβλήματα της **πολυπλοκότητας** και της **ταχύτητας επεξεργασίας** των δεδομένων εισόδου
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε **ευρύ φάσμα έργων ή επιλογές τεχνολογίας** πέραν των χαράξεων των αγωγών π.χ. LNG vs Pipeline solutions - Small-Scale vs Large Scale LNG solutions - ΑΠΕ vs natural gas, κλπ

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

- Set of nonnegative real numbers: \mathbf{R}_+ ; set of physical numbers: \mathbf{N} ;
- Indices of Selection Criteria: $\mathbf{L} = \{j : j \in \mathbf{N} \wedge 1 < j < n\}$; $n \in \mathbf{N}$; Indices of Alternative Corridors: $\mathbf{Q} = \{i : i \in \mathbf{N} \wedge 1 < i < m\}$; $m \in \mathbf{N}$;
- All n-tuples with non-negative real numbers: \mathbf{R}_+^n ; All $n \times n$ matrices with non-negative real entries: $\mathbf{R}_+^{n \times n}$;
- Alternative Corridors: $\mathbf{A} = \{A^1, A^2, \dots, A^m\}$; Selection Criteria: $\mathbf{C} = \{C^1, C^2, \dots, C^n\}$;
- Set of Weight of Criteria: $\mathbf{W} = \{W^1, W^2, \dots, W^n\}$ such that: $\forall C^t \Rightarrow \exists W^t, t \in \mathbf{L}$; Overall Performance set of alternatives: $\mathbf{S} = \{S^1, \dots, S^n\}$;
- Pairwise comparison matrix for the Selection Criteria, W_{sp} : $W(s, p) \cdot W(p, s) = 1$ for $s \neq p \wedge W(p, s) = 1$ for $s = p, \forall p \in \mathbf{L} \wedge \forall s \in \mathbf{L}$, $W_{sp} \in \mathbf{R}_+^{n \times n}$; the Priority Vector, \mathbf{W} , is such that: $\mathbf{W} = [W^1, W^2, \dots, W^n]^T, \mathbf{W} \in \mathbf{R}_+^n$; $\sum_{k \in \mathbf{L}} W^k = 1 \wedge 0 < W^k < 1$;
- Pairwise comparison matrix for the Alternatives $A^1, A^2, \dots, A^m, C^k$, is $c(k, m) \in \mathbf{R}_+^{m \times m}$: $c(m, k) \cdot c(k, m) = 1$ for $m \neq k \wedge c(m, k) = 1$ for $m = k, \forall k \in \mathbf{Q} \wedge \forall m \in \mathbf{Q}$, hence the priority vector $\mathbf{S}^{j(k)}$ (m-tuple) is produced:
 $\mathbf{S}^{j(k)} = [S^{1(k)}, S^{2(k)}, \dots, S^{j(k)}], S^{j(k)} \in \mathbf{R}_+^{m \times n}$; $\sum_{j \in \mathbf{Q}, k \in \mathbf{L}} S^{j(k)} = 1 \wedge 0 < S^{j(k)} < 1$;
- The Overall Performance \mathbf{S}^b of alternative $A^b, b \in \mathbf{Q}$ with respect to all evaluation criteria is obtained as:
 $\mathbf{S}^b = S^{b(1)} \cdot W^1 + S^{b(2)} \cdot W^2 + \dots + S^{b(n)} \cdot W^n = \sum_{b \in \mathbf{Q}, r \in \mathbf{L}} (S^{b(r)} \cdot W^r)$; $\mathbf{S}^b \in \mathbf{R}_+^m, W^r \in \mathbf{R}_+^n$; all $\mathbf{S}^b, b \in \mathbf{Q}$, values are calculated as follows:
 $\mathbf{S}^1 = S^{1(1)} \cdot W^1 + S^{1(2)} \cdot W^2 + \dots + S^{1(n)} \cdot W^n$
 $\mathbf{S}^2 = S^{2(1)} \cdot W^1 + S^{2(2)} \cdot W^2 + \dots + S^{2(n)} \cdot W^n$
.....
 $\mathbf{S}^m = S^{m(1)} \cdot W^1 + S^{m(2)} \cdot W^2 + \dots + S^{m(n)} \cdot W^n$;

Hence, the Overall Performance vector is formed: $\mathbf{S} = [\mathbf{S}^1, \mathbf{S}^2, \dots, \mathbf{S}^m]$; $\mathbf{S} \in \mathbf{R}_+^m$;

- The optimum route alternative, \mathbf{S}_{opt} is the *maximum* value of the elements of vector \mathbf{S} : $\mathbf{S}_{opt} = \max \{[S^1, S^2, \dots, S^m]\}$.
- Consistency control: calculation of the $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$, where n is the matrix size, λ_{max} is the eigenvalue;
- Calculation of the Consistency Ratio $CR = CI / RI$, where RI is the average random consistency (Saaty, 1980);
- Checking the inequality $CR < 0.10$.

Average Random Consistency table:

Matrix size (n) and related RI values

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dey, P. K., (2001) A risk-based model for inspection and maintenance of cross-country petroleum pipeline, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol.7(1), pp. 25-43
2. Dey, P. K., (2003) AHP analyzes risk of operating cross-country petroleum pipelines in India, *Natural Hazards Review*, vol.4(4), pp. 213-221
3. Dey, P. K., (2010) Managing project risk using combined AHP and risk map, *Applied Soft Computing*, vol.10(4), pp. 990-1000
4. Feldman, S., (1995) A prototype for pipeline routing using remotely sensed data and geographic information system, *Remote Sensing of Environment*, vol.53(2), pp. 123-131
5. Saaty, T., (1980) *The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources allocation*, McGraw-Hill, N.Y., p. 287
6. Saaty, T., (1987) The Analytic Hierarchy Process—What it is and how it is used, *Mathematical Modelling*, vol.9(3–5), pp. 161-176
7. Saaty, T., (1990) How to make a decision: The analytic hierarchy process, Original Research Article, *European Journal of Operational Research*, vol.48(1), pp. 9-26
8. Spanidis, P. (2012) Lessons Learned from Establishing LNG facilities in countries of North Mediterranean Sea, Plenary Lecturing, WSEAS, *International Conference on Energy & Environment*, Kos, 17-17- July, Greece
9. Gursoy, B. B., Mason, O., Sergeev, S., (2013) The analytic hierarchy process, max algebra and multi-objective optimization, *Linear Algebra and its Applications*, vol.438, pp. 2911-2928
10. Balubaid, M., Alamoudi, R., (2015) Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multi-Criteria Analysis for Contractor Selection, *American Journal of Industrial and Business Management*, vol.(5), pp. 581-589
11. Henley, G., (2015) Pipeline Routing Selection Process, <http://wiki.iploca.com>
12. Mustafa, M., (1991) Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process, *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, Vol.(38)1
13. Weir, C., Klaasen, J., (1986) The Corridor Concept - Theory and Application, *RIGHT OF WAY*, pp.22-29, August
14. Macharia P., Mundia, C., Wathuo, M., (2015) Experts' Responses Comparison in a GIS-AHP Oil Pipeline Route Optimization: A Statistical Approach, *American Journal of Geographic Information System*, vol. 4(2), pp. 53-63



Ευχαριστούμε για την προσοχή σας !



284, El. Venizelou str.

Kallithea, 176 65

Athens - GREECE

Tel.: +0030 210 9491600

www.asprofos.gr