

Ειδικά θέματα στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων

Μέρος 1^ο: Μέθοδοι βελτιστοποίησης στη ΔΤΕ

- ❖ Εισαγωγικά για τη βελτιστοποίηση
- ❖ Μαθηματικός Προγραμματισμός
- ❖ Γραμμικός Προγραμματισμός
- ❖ Εξελικτικοί αλγόριθμοι βελτιστοποίησης
- ❖ Προβλήματα

Εισαγωγικά

Ως **Παραγωγικό μέσο** ή **πόρο** ορίσαμε οτιδήποτε χρησιμοποιείται στην παραγωγή ενός έργου (διακεκριμένη κατηγορία εργατοτεχνικού προσωπικού, τύπος εξοπλισμού, είδος υλικού, κεφάλαιο, κλπ), **το οποίο διατίθεται σε περιορισμένη ποσότητα κι έχει ένα κόστος.**

Η βέλτιστη κατανομή των περιορισμένων πόρων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της Διαχείρισης Τεχνικών Έργων και γενικότερα της επιστήμης της Επιχειρησιακής Έρευνας.

Παρόμοια προβλήματα βελτιστοποίησης που απαντώνται στη ΔΧΤ είναι η ανάλυση χρόνου-κόστους έργου με απώτερο σκοπό την επιτάχυνση αυτού, η βέλτιστη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων εργοταξίου, το πρόβλημα μεταφοράς υλικών από διάφορες πηγές, κα.

Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για να προσδιορισθεί η βέλτιστη λύση σε τέτοια προβλήματα, περιλαμβάνουν μαθηματικά μοντέλα και υπολογισμούς και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ο γενικός όρος **Μαθηματικός Προγραμματισμός.**

Μαθηματικός προγραμματισμός

Γενικά, οι μεθόδους βελτιστοποίησης του μαθηματικού προγραμματισμού έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:

- ❖ Ένα διάνυσμα με τις μεταβλητές απόφασης.
- ❖ Μια συνάρτηση των παραπάνω μεταβλητών που δίνει την παράμετρο που θέλουμε να μεγιστοποιηθεί ή να ελαχιστοποιηθεί, η οποία ονομάζεται **αντικειμενική συνάρτηση**.
- ❖ Έναν αριθμό περιορισμών που καθορίζουν το εύρος τιμών των μεταβλητών απόφασης ή κωδικοποιούν υπάρχοντες περιορισμούς του φυσικού προβλήματος (π.χ., διαθεσιμότητα πόρων, ελάχιστη παραγωγή, κλπ).

Οι μέθοδοι βελτιστοποίησης διακρίνονται σε:

- ❖ ακριβείς,
- ❖ προσεγγιστικές.

Μαθηματικός προγραμματισμός

- Οι **αναλυτικές μέθοδοι** οδηγούν (συνήθως) στη βέλτιστη λύση, αλλά απαιτούν (συνήθως) υψηλή υπολογιστική προσπάθεια. Τέτοιες μέθοδοι είναι:
 - ❖ Ο **Γραμμικός Προγραμματισμός (ΓΠ)**, στον οποίο οι μαθηματικές συναντήσεις που περιγράφουν το πρόβλημα κατανομής πόρων είναι γραμμικές.
 - ❖ Ο **Μη Γραμμικός Προγραμματισμός**, ο οποίος περιλαμβάνει και μη γραμμικές συναρτήσεις.
 - ❖ Ο **Δυναμικός Προγραμματισμός**, κατά τον οποίο μία σύνθετη απόφαση λαμβάνεται από τη σύνθεση επιμέρους αποφάσεων που αλληλο-εξαρτώνται. Η αλληλεξάρτηση μπορεί να προκύψει επειδή οι αποφάσεις, είτε παρουσιάζουν κάποια χρονική διαδοχή (αναζήτηση της συντομότερης διαδρομής), είτε συνδέονται με κοινούς περιορισμούς (κατανομή περιορισμένων πόρων μεταξύ ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων).
- Οι **προσεγγιστικές** οδηγούν (συνήθως) σε κάποια λύση κοντά στη βέλτιστη αλλά με (συνήθως) μικρότερη υπολογιστική προσπάθεια από τις ακριβείς μεθόδους. Τέτοιες μέθοδοι είναι οι λεγόμενοι **εξελικτικοί αλγόριθμοι**.

Εξελικτικοί αλγόριθμοι

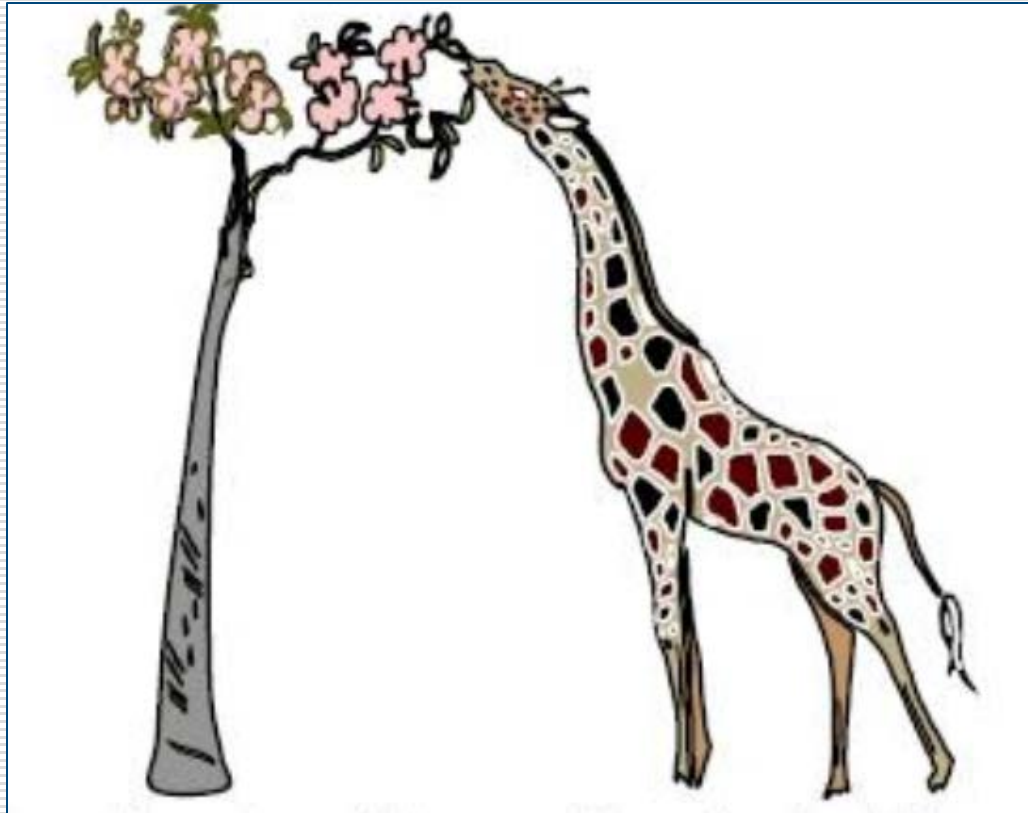
Τα τελευταία 15 χρόνια έχουν γνωρίσει σημαντική άνθηση (και τείνουν να κυριαρχήσουν) μια κατηγορία προσεγγιστικές αλγορίθμων βελτιστοποίησης που είναι γνωστοί με το γενικό τίτλο εξελικτικοί αλγόριθμοι (evolutionary algorithms) οι οποίοι έχουν πάρει το χαρακτηριστικό αυτό τίτλο από το γεγονός ότι προσπαθούν να εντοπίσουν τη βέλτιστη λύση **συνδυάζοντας (εξελίσσοντας) προηγούμενες λύσεις** που έχουν ήδη αξιολογήσει.

Οι μέθοδοι αυτές δε διασφαλίζουν την εύρεση της βέλτιστης λύσης αλλά επειδή διερευνούν το χώρο των λύσεων επιλεκτικά (για αυτό το λόγο είναι γνωστές κι ως soft-computing methods), απαιτούν πολύ μικρότερη υπολογιστική προσπάθεια από τις ακριβείς μεθόδους (ιδίως σε μεγάλου μεγέθους προβλήματα).

Οι κυριότερες μέθοδοι είναι:

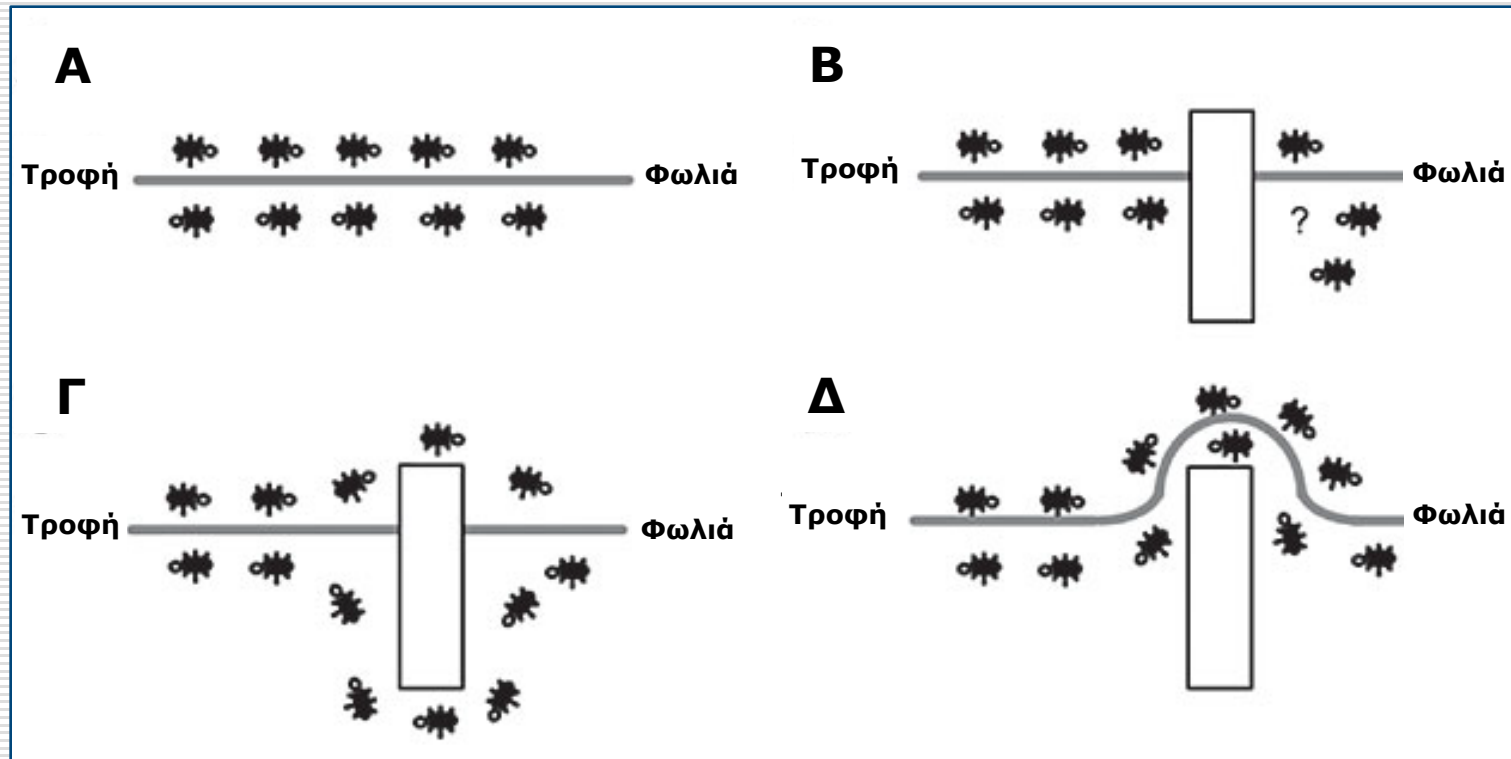
- Γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms)
- Μέθοδος αποικίας μυρμηγκιών (ant colony optimization)
- Μέθοδος σμήνους σωματιδίων (particle swarm optimization)
- Μέθοδος προσομοιωμένης απόψησης (simulated annealing method)
- Μέθοδος αναζήτησης αρμονίας (harmony search method).

Εξελικτικοί αλγόριθμοι - Γενετικοί αλγόριθμοι



Βασίζονται σε αρχές εμπνευσμένες από την εξελικτική θεωρία του Δαρβίνου, σύμφωνα με την οποία: Επιβιώνει το βέλτιστα γενετικά προσαρμοζόμενο είδος, εδώ πχ το ψηλότερο.

Εξελικτικοί αλγόριθμοι - Μέθοδος αποικίας μυρμηγκιών



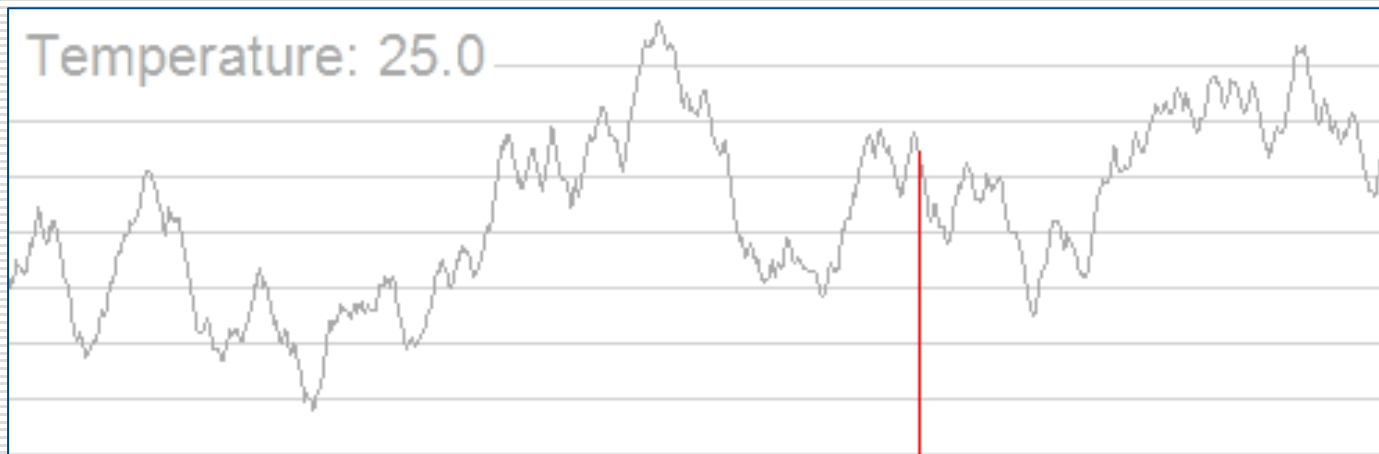
- A: Μυρμήγκια σε μια διαδρομή φερομόνης μεταξύ τροφής και φωλιάς.
- B: Ένα εμπόδιο διακόπτει τη διαδρομή.
- Γ: Αρχικώς, τα μυρμήγκια βρίσκουν δύο διαδρομές να παρακάμψουν το εμπόδιο.
- Δ: Τελικά, μια νέα διαδρομή φερομόνης σχηματίζεται, αυτή με το μικρότερο μήκος.

Εξελικτικοί αλγόριθμοι - Μέθοδος σμήνους σωματιδίων



- Για την εύρεση του μέγιστου χρησιμοποιείται ένας αριθμός κινούμενων σωματιδίων (σμήνος).
- Κάθε σωματίδιο θυμάται την καλύτερη θέση (πιο κοντά στο μέγιστο) που είχε έως τη δεδομένη στιγμή.
- Τα γειτονικά σωματίδια στο σμήνος συνεργάζονται. Ανταλλάσσουν πληροφορίες για το τι ανακάλυψαν στις θέσεις που επισκέφτηκαν.
- Με τον τρόπο αυτό σαρώνεται ταχύτητα ο χώρος όλων των εφικτών λύσεων του προβλήματος και εντοπίζεται η βέλτιστη.

Εξελικτικοί αλγόριθμοι - Μέθοδος προσομοιωμένης απόπτωσης



Η μέθοδος βασίζεται στην αναλογία που υπάρχει μεταξύ ενός προβλήματος βελτιστοποίησης με την προσομοίωση του φυσικού φαινομένου της αργής ψύξης του μετάλλου, κατά τη διάρκεια της οποίας η ενέργεια του συστήματος τείνει να αποκτήσει μια ελάχιστη τιμή.

Η ενέργεια των ατόμων αντιστοιχεί στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης της τρέχουσας λύσης. Η θερμοκρασία παίζει το ρόλο της παραμέτρου ελέγχου της συνολικής διαδικασίας βελτιστοποίησης. Η επιλογή της αρχικής θερμοκρασίας σχετίζεται άμεσα με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, ενώ ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας ρυθμίζει τη σύγκλιση της μεθόδου.



Η μέθοδος βασίζεται αναλογία που υπάρχει στα μαθηματικά με τη μουσική.

Οι μουσικοί μιας ορχήστρας αντιστοιχούν στις μεταβλητές απόφασης ενός προβλήματος.

Ο συνδυασμός από τις νότες που παράγονται (τρέχουσες τιμές των μεταβλητών απόφασης) πρέπει να είναι ελκυστικός στο άκουσμα, γεγονός που, με βάση τη μουσική ορολογία, επιτυγχάνεται μόνο εφόσον ακολουθούνται οι κανόνες της αρμονίας.

Η βέλτιστη αρμονία αντιστοιχεί στη βέλτιστη λύση.

Γραμμικός Προγραμματισμός

Ουσιαστικά ο ΓΠ περιλαμβάνει τη **διατύπωση** και την **επίλυση** ενός προβλήματος **βελτιστοποίησης** στο οποίο το ζητούμενο είναι η μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση μιας **γραμμικής συνάρτησης** που υπόκειται σε περιορισμούς υπό μορφή **γραμμικών ανισοτήτων**.

Ένα πρόβλημα ΓΠ, εκφρασμένο στην **τυπική μορφή** του, έχει την εξής διατύπωση:

Να **μεγιστοποιηθεί** η συνάρτηση P (**αντικειμενική συνάρτηση**), n μεταβλητών, x_1, x_2, \dots, x_n (**μεταβλητές απόφασης**):

$$P = d_1x_1 + d_2x_2 + \dots + d_nx_n = \sum_{i=1}^n d_i x_i \quad (1)$$

που υπόκεινται στους κάτωθι m περιορισμούς (**περιορισμοί λειτουργικότητας**):

$$\begin{aligned} b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \dots + b_{1n}x_n &\leq c_1 \\ b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \dots + b_{2n}x_n &\leq c_2 \\ &\cdot \\ b_{m1}x_1 + b_{m2}x_2 + \dots + b_{mn}x_n &\leq c_m \end{aligned} \quad (2)$$

όπου d_i και b_{ji} με $i = 1, 2, \dots, n$ και $j = 1, 2, \dots, m$ γνωστοί πραγματικοί αριθμοί, γνωρίζοντας ότι οι μεταβλητές απόφασης είναι μη αρνητικοί πραγματικοί αριθμοί:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0 \quad (3)$$

Γραμμικός Προγραμματισμός

Τα σχετικά απλά προβλήματα ΓΠ δύο μεταβλητών απόφασης, x_1 και x_2 μπορούν να επιλυθούν μέσω της γραφικής μεθόδου, όπου σχεδιάζοντας τις ευθείες των περιορισμών στο επίπεδο $x_1 - x_2$ προκύπτει μια πολυγωνική επιφάνεια η οποία εκφράζει την **εφικτή περιοχή**, την περιοχή δηλαδή που ικανοποιούνται όλες οι ανισότητες. Η βέλτιστη λύση μέσα στην περιοχή αυτή (**βέλτιστη εφικτή λύση**), που μεγιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση, βρίσκεται με τη μέθοδο δοκιμής σφάλματος (trial and error) κατά μήκος ενός διανύσματος \mathbf{c} που προκύπτει από τους συντελεστές της αντικειμενικής συνάρτησης.

Παράδειγμα:

Να μεγιστοποιηθεί η συνάρτηση P :

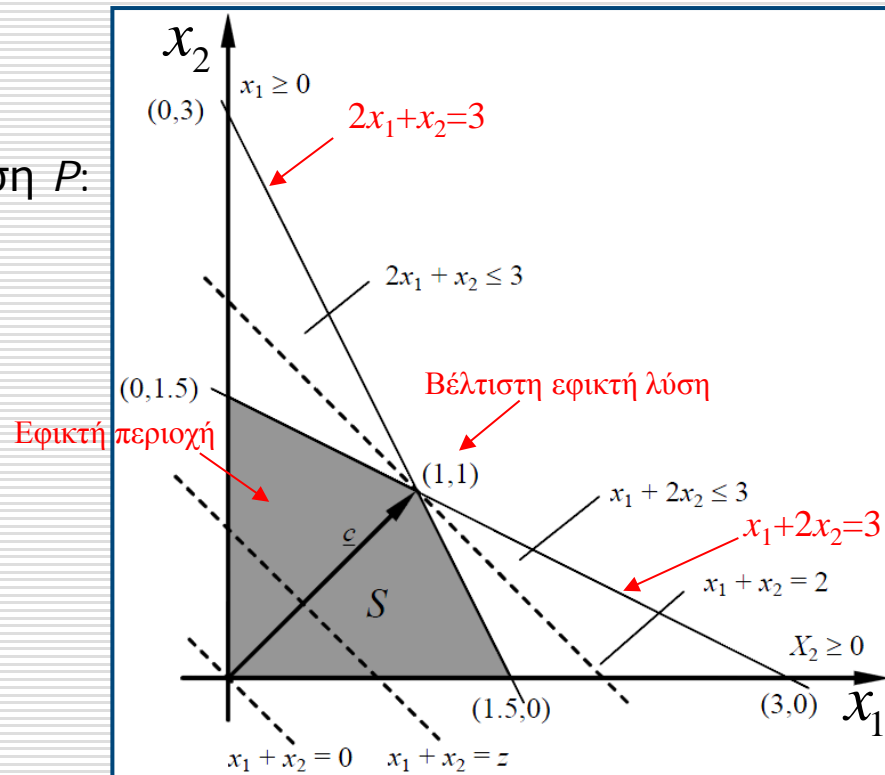
$$P = x_1 + x_2$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 3$$

$$2x_1 + x_2 \leq 3$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{c} = \{1, 1\}$$



**Βέλτιστη
εφικτή λύση:**

$$x_1 = 1$$

$$x_2 = 1$$

$$P_{\max} = 2$$

Γραμμικός Προγραμματισμός

Μια από τις μεθόδους επίλυσης προβλημάτων ΓΠ είναι η μέθοδος Simplex, η οποία προτάθηκε από τον George B. Dantzig το 1947 για την επίλυση προβλημάτων προγραμματισμού της πολεμικής αεροπορίας των ΗΠΑ.

Παρόλο που έχουν προταθεί πάρα πολλές μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού η μέθοδος simplex, όπως αυτή έχει αναθεωρηθεί, παραμένει μια από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους για μια μεγάλη πλειοψηφία πρακτικών προβλημάτων.

Σύμφωνα με τους Dongarra and Sullivan ("Guest Editor's Introduction: Top Ten algorithms", *Computer in Science and Engng*, pp. 22-23, January/February, 2000)

ο αλγόριθμος simplex αποτελεί έναν από τους

«10 αλγόριθμους με τη μέγιστη επιρροή στην ανάπτυξη και την πρακτική της επιστήμης και της εφαρμοσμένης μηχανικής στο 20^ο αιώνα».

- Η μέθοδος simplex επιλύει ένα πρόβλημα ΓΠ εκφρασμένο στην τυπική του μορφή, όπως διατυπώθηκε από τις (1), (2) και (3).
- Οποιοδήποτε πρόβλημα ΓΠ μπορεί να εκφραστεί στη μορφή αυτή.

Πέραν της μεθόδου Simplex, έχουν αναπτυχθεί προηγμένες μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού για την επίλυση, εκτός των άλλων, και μη γραμμικών προβλημάτων.

Πρόβλημα 1

Μια μονάδα παραγωγής σκυροδέματος εφοδιάζεται αδρανή υλικά από δύο πηγές. Το υλικό της πρώτης πηγής είναι εν γένει πιο χονδρόκοκκο από αυτό της δεύτερης. Η προμήθεια από κάθε πηγή γίνεται βάσει συγκεκριμένης κοκκομετρικής αναλογίας ανά τόνο παραγγελίας. Το κόστος των αδρανών καθορίζεται από το κόστος θραύσης, καθαρισμού και μεταφοράς του υλικού και είναι και αυτό διαφορετικό ανά πηγή. Η κοκκομετρική αναλογία, η ποσότητα των αδρανών που απαιτούνται για τη μηνιαία παραγωγή σκυροδέματος και το κόστος των αδρανών δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μέγεθος κόκκου	Κοκκομετρική αναλογία ανά τόνο παραγγελίας (κιλά)		Απαιτούμενη μηνιαία ποσότητα (τόνοι)
	Πηγή 1	Πηγή 2	
Χοντρό χαλίκι	300	100	10.000
Λεπτό χαλίκι	450	300	15.000
Χοντρή άμμος	200	450	20.000
Λεπτή άμμος	50	150	5.000
Κόστος ανά τόνο	15 €	17 €	

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού, διατυπώστε το πρόβλημα και βρείτε τη βέλτιστη ποσότητα αδρανών που πρέπει να ληφθεί από κάθε πηγή ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος αγοράς των.

Πρόβλημα 2

Τα χρονικά και οικονομικά δεδομένα ενός έργου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Δρ.	Αμέσως προηγούμενη	Διάρκεια (ημέρες)	Μέγεθος συνεργείου	Άμεσο κόστος (κανονική διάρκεια)	Ελάχιστη διάρκεια (ημέρες)	Πρόσθετο κόστος ανά ημέρα συντόμευσης
A	-	3	2	300	2	150
B	A	6	3	720	4	100
Γ	A	7	2	700	3	200
Δ	B	1	4	400	1	-
E	B	3	2	300	2	150

Αναπτύξτε ένα μοντέλο βελτιστοποίησης για τον προσδιορισμό της καμπύλης του άμεσου κόστους ως συνάρτηση της διάρκειας του έργου.

Μέρος 2^ο: Διαχείριση κινδύνων σε τεχνικά έργα

- ❖ Εισαγωγικά για τη διαχείριση κινδύνων σε τεχνικά έργα
- ❖ Διεργασίες διαχείρισης κινδύνων έργων
 - ❑ Αναγνώριση κινδύνων
 - ❑ Ποιοτική ανάλυση κινδύνων
 - ❑ Ποσοτική ανάλυση κινδύνων
 - ❑ Σχέδιο αντίδρασης στους κινδύνους
 - ❑ Παρακολούθηση και έλεγχος των κινδύνων
- ❖ Πρόβλημα
- ❖ Δένδρα λήψης αποφάσεων σε συνθήκες κινδύνου
- ❖ Προβλήματα

Εισαγωγικά για τη διαχείριση κινδύνων σε τεχνικά έργα

Ένα σημαντικό μέρος της πολύπλοκης, κατά τεκμήριο, διαδικασίας διαχείρισης ενός τεχνικού έργου αποτελεί η **διαχείριση κινδύνου** (risk management).

Ο κύριος σκοπός της είναι ο **προσδιορισμός**, η **καταγραφή** και η **ανάλυση** των κινδύνων που τυχόν μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια υλοποίησης του έργου, οι τρόποι **παρακολούθησης / ελέγχου** αυτών και οι τρόποι **αντίδρασης / αντιμετώπισης** στη περίπτωση εκδήλωσης καταστάσεων / γεγονότων λόγω αυτών.

Η μεθοδολογίες της διαχείρισης κινδύνου βρίσκουν πολύ σημαντική εφαρμογή, πέραν της διαχείρισης τεχνικών έργων, στην οικονομία (πχ, διαχείριση χρηματοπιστωτικού κινδύνου, κλπ) και στην επιχειρησιακή έρευνα (πχ, διαχείριση λειτουργικού κινδύνου, κλπ).

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Διοίκησης Έργων (Project Management Institute, PMI), ο ορισμός του κινδύνου σε ένα έργο είναι ο εξής (πρότυπο PMBOK, 2008):

*«Κίνδυνος είναι ένα **αβέβαιο** γεγονός ή κατάσταση που, σε περίπτωση που προκύψει, έχει **θετική ή αρνητική συνέπεια** σε κάποιο **στόχο** του έργου».*

Εισαγωγικά για τη διαχείριση κινδύνων σε τεχνικά έργα

Στους **στόχους** του έργου περιλαμβάνονται εκτός από τους τους σκοπούς του (εύρος/αντικείμενο), ο **χρόνος**, το **κόστος** και η **ποιότητα** (απόδοση).

Από τον ορισμό προκύπτει ότι στην **έννοια κίνδυνος** (risk) περιλαμβάνονται και **τυχόν απρόβλεπτα γεγονότα** που θα έχουν **θετική επίπτωση** στην υλοποίηση του έργου, οπότε εδώ ουσιαστικά έχουμε διαδικασία **διαχείρισης ευκαιριών**.

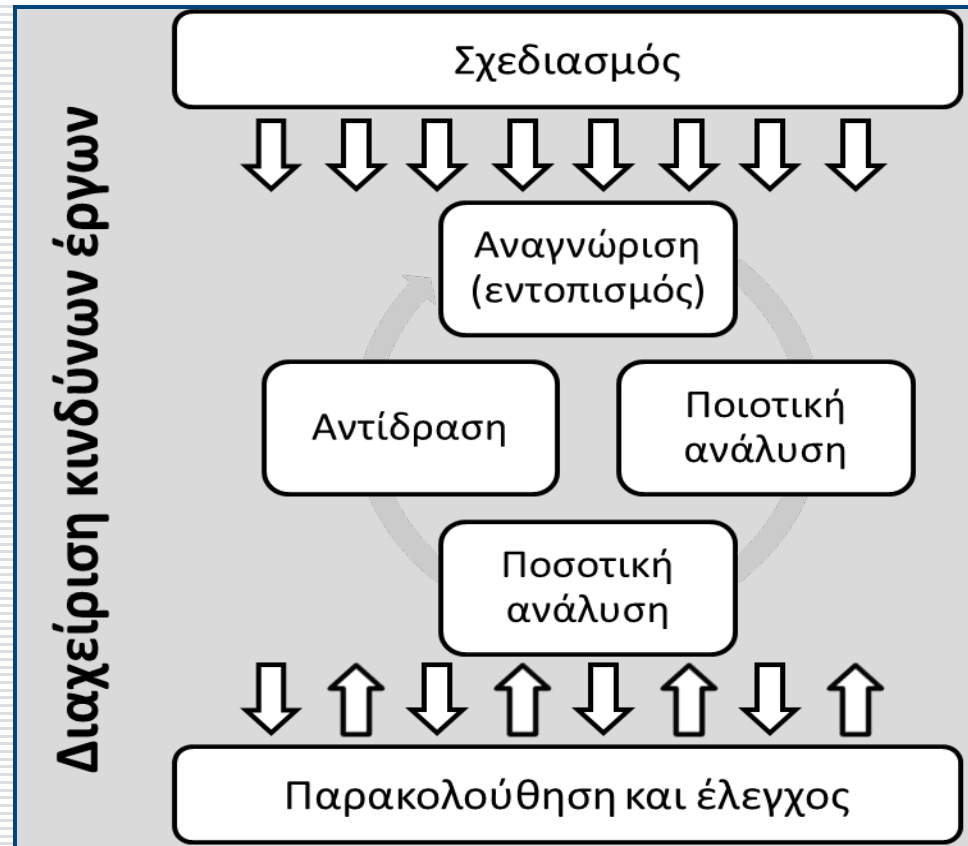
Γενικά ο **κίνδυνος** έχει μια ή περισσότερες **αιτίες** (δεδομένες καταστάσεις που υπάρχουν στο έργο) και εφόσον λάβει χώρα γεγονός εξαιτίας αυτών προκαλούνται μια ή περισσότερες **συνέπειες** στους στόχους του έργου.

Γενικά, ο **κίνδυνος** συνήθως είναι αδύνατο να **εξαλειφθεί**, δηλαδή να μηδενιστεί η πιθανότητα εμφάνισης γεγονότος ή κατάστασης λόγω αυτού, **αλλά** μπορεί **να μειωθεί** μέσω της διαδικασίας **διαχείρισής του**, ήτοι να αναγνωρισθεί, να αξιολογηθεί, να εκπονηθεί σχέδιο αντιμετώπισής του και παρακολούθησης του.

Διεργασίες διαχείρισης κινδύνων έργων

Η διαχείριση κινδύνων σε έργα περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες:

- **Σχεδιασμός**
- **Αναγνώριση/εντοπισμός**
- **Ποιοτική ανάλυση**
- **Ποσοτική ανάλυση**
- **Σχέδιο αντίδρασης**
- **Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων**



Σχεδιασμός

Αποτελεί το πρώτο στάδιο της διαχείρισης κινδύνων και αποσκοπεί στο να αποφασισθεί ποια στρατηγική θα ακολουθηθεί και πώς θα εκτελεστούν οι επιμέρους διεργασίες.

Πιο συγκεκριμένα αποφασίζονται οι περίοδοι αναφοράς, η τυποποίηση εντύπων, η ανάθεση ρόλων, οι κλίμακες που θα χρησιμοποιηθούν, κλπ.

Είναι απολύτως απαραίτητη διεργασία ώστε να διασφαλίζεται ότι ο σχεδιασμός της διαχείρισης κινδύνων είναι κάθε φορά ανάλογος του μεγέθους του κινδύνου καθώς και της σπουδαιότητας που έχει το συγκεκριμένο έργο για την επιχείρηση και τον πελάτη.

Αναγνώριση κινδύνων

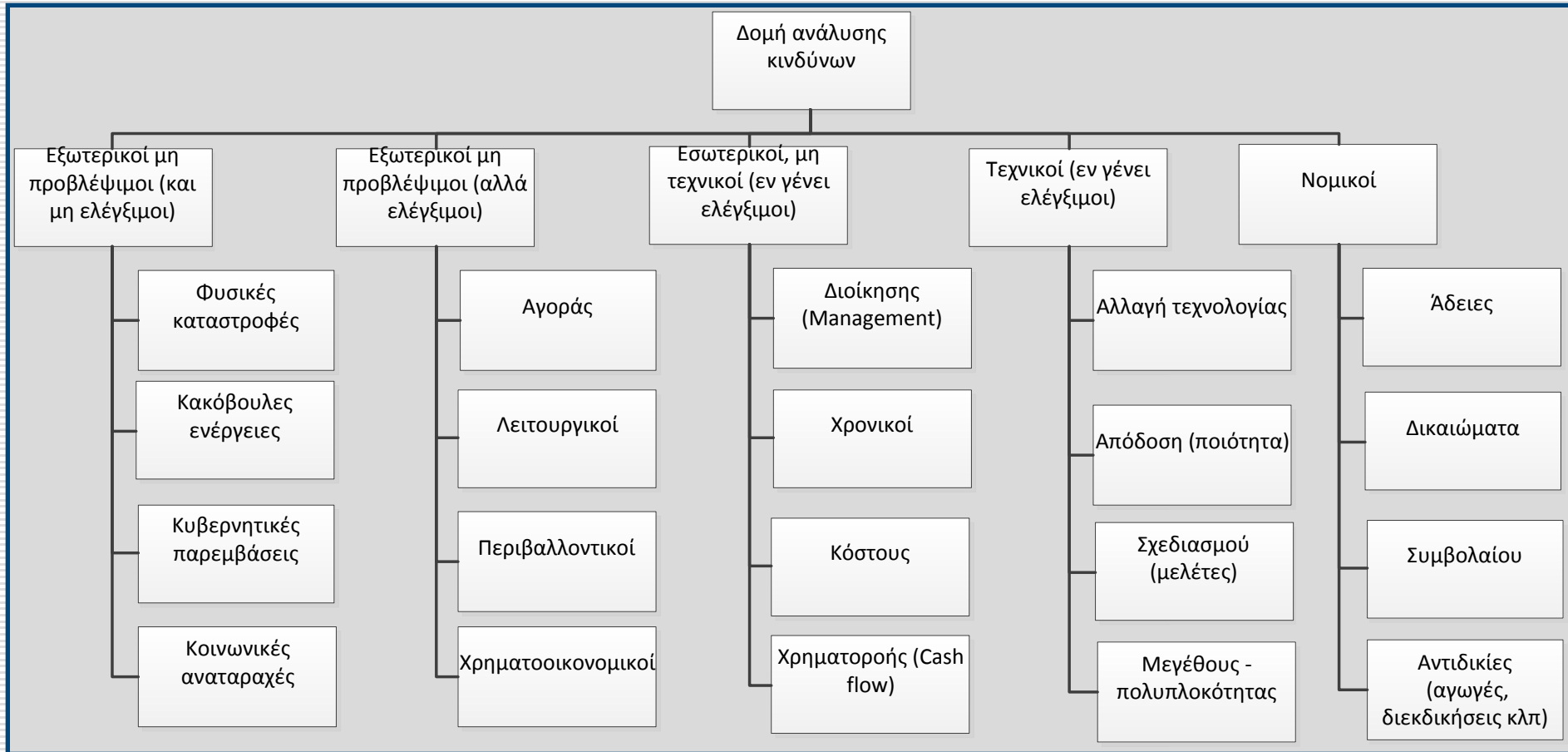
Η Αναγνώριση κινδύνων αφορά στον εντοπισμό των κινδύνων που είναι πιθανό να εμφανιστούν και να επηρεάσουν το έργο.

Στο πλαίσιο της διεργασίας αυτής καταγράφονται τα χαρακτηριστικά τους, πχ αιτίες – περιγραφή – συνέπειες. Τα βασικά στάδια της διαδικασίας είναι τα εξής:

- Προσδιορισμός κινδύνων
 - Προβληματισμός για το τι μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικές καταστάσεις
 - Ονομασία κάθε κινδύνου
 - Ταξινόμηση των κινδύνων (πχ εξωτερικοί μη ελέγξιμοι, εξωτερικοί ελέγξιμοι, εσωτερικοί τεχνικοί, εσωτερικοί μη τεχνικοί, νομικοί, κλπ)
- Προσδιορισμός επιπτώσεων
 - Εξέταση των επιπτώσεων
 - Ταξινόμηση των επιπτώσεων (αντικείμενο του έργου, χρονικές, οικονομικές, ποιότητα, κλπ)
- Τεκμηρίωση κινδύνων
 - Κατάλογοι κινδύνων
 - Δομή ανάλυσης κινδύνων

Αναγνώριση κινδύνων

Παράδειγμα δομικής ανάλυσης κινδύνων κατά Wideman (1992):



Η ιεραρχική δομή του παραδείγματος παρουσιάζεται μέχρι το 3^ο επίπεδο. Απαιτείται ο κάθε κίνδυνος που εντοπίζεται να ορίζεται με απόλυτη σαφήνεια ώστε να είναι δυνατή η ποσοτικοποίηση του και ο ορισμός των μέτρων αντίδρασης.

Αναγνώριση κινδύνων

Οι κυριότερες μέθοδοι εντοπισμού των κινδύνων είναι οι εξής:

- Αναζήτηση αρχείου ατυχημάτων / απρόβλεπτων καταστάσεων παρόμοιων έργων,
- Συνεντεύξεις,
- Ερωτηματολόγια,
- Συναντήσεις όλων των εμπλεκομένων μερών ανά εργασία για την ανταλλαγή απόψεων / ιδεών επί του θέματος.

Καμιά από τις παραπάνω μεθόδους δεν μπορεί από μόνη της να εντοπίσει όλους τους κινδύνους που ελλοχεύουν. Ως εκ τούτου πρέπει να εφαρμόζονται **συνδυαστικά**.

Η επιτυχής αναγνώριση των κινδύνων ενός έργου βασίζεται:

- Στον έγκαιρο και άμεσο εντοπισμό,
- Στην επαναλαμβανόμενη αναγνώριση,
- Στη σαφήνεια και πληρότητα περιγραφής του κινδύνου καθώς και η σύνεση του με τους στόχους του έργου,
- Στη δυνατότητα αντικειμενικής παρατήρησης.

Ποιοτική ανάλυση κινδύνων

Η ποιοτική ανάλυση κινδύνων αφορά στην ποιοτική αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων ώστε να εκτιμηθούν οι διάφορες πιθανές εκβάσεις του έργου.

Η έννοια του κινδύνου εμπεριέχει δύο παράγοντες:

- Την **πιθανότητα εμφάνισης** ενός δυσμενούς γεγονότος/κατάστασης,
- Την **σημαντικότητα των επιπτώσεων** αν το γεγονός/κατάσταση συμβεί.

Ω εκ τούτου, η «**επικινδυνότητα**» ενός κινδύνου για τους στόχους ενός έργου ή ισοδύναμα η έκθεση (exposure) ή διακινδύνευση του έργου στον εν λόγω κίνδυνο είναι συνάρτηση των δύο παραπάνω παραγόντων.

Η πιο απλή θεώρηση είναι να θεωρηθεί ότι η διακινδύνευση είναι ανάλογη των δύο αυτών παραμέτρων, δηλαδή τόσο της πιθανότητας εμφάνισης όσο και της επίπτωσης σε περίπτωση εμφάνισης, ήτοι:

$$\text{Διακινδύνευση} = \text{Πιθανότητα εμφάνισης} \times \text{Επίπτωση} \quad (10)$$

Ποιοτική ανάλυση κινδύνων

Στη διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων, συνήθως ο υπολογισμός της διακινδύνευσης ενός έργου σε έναν κίνδυνο γίνεται μέσω του **πίνακα κινδύνου**. Για να κατασκευαστεί ο πίνακας κινδύνου, τόσο η πιθανότητα εμφάνισης, όσο και η επίπτωση ταξινομούνται σε κλίμακες, όπως παράδειγμα παρακάτω κατά PMI, 2008:

Πιθανότητα εμφάνισης	Κλίμακα
Έως 10%	Πολύ χαμηλή, απίθανο
10-30%	Χαμηλή, σπάνιο
30-50%	Μέση, πιθανό
50-70%	Υψηλή, πολύ πιθανό
70-90%	Πολύ Υψηλή, σχεδόν βέβαιο
Για πιθανότητα > 90% θεωρείται ότι πρόκειται για βεβαιότητα και όχι κίνδυνο	

Ποιοτική ανάλυση κινδύνων

Στη διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων, συνήθως ο υπολογισμός της διακινδύνευσης ενός έργου σε έναν κίνδυνο γίνεται μέσω του **πίνακα κινδύνου**. Για να κατασκευαστεί ο πίνακας κινδύνου, τόσο η πιθανότητα εμφάνισης, όσο και η επίπτωση ταξινομούνται σε κλίμακες, όπως παράδειγμα παρακάτω κατά PMI, 2008:

Επίπτωση σε	Πολύ χαμηλή 0.05	Χαμηλή 0.1	Μέση 0.2	Υψηλή 0.4	Πολύ υψηλή 0.8
Κόστος (αύξηση κόστους έργου)	Ασήμαντο	<5% αύξηση	5-10% αύξηση	10–20% αύξηση	> 20% αύξηση
Χρόνος (αύξηση διάρκειας έργου)	Ασήμαντο	<5% αύξηση	5-10% αύξηση	10–20% αύξηση	> 20% αύξηση
Εύρος / αντικείμενο (Scope)	Σχεδόν μη αναγνωρίσιμη μεταβολή	Μικρό μέρος του συνολικού εύρους επηρεάζεται	Σημαντικό μέρος του συνολικού εύρους επηρεάζεται	Το εύρος επηρεάζεται σε σημείο μη αποδεκτό	Το εύρος επηρεάζεται σε βαθμό ακύρωσης του έργου
Ποιότητα / απόδοση	Σχεδόν μη αναγνωρίσιμη μεταβολή	Απαιτητικές μόνο εφαρμογές επηρεάζονται	Σημείο που να χρειάζεται έγκριση του πελάτη	Σημείο μη αποδεκτό	Σημείο που οδηγεί σε ακύρωση του έργου

Ποιοτική ανάλυση κινδύνων

Πίνακας κινδύνου

Διακινδύνευση = Πιθανότητα εμφάνισης × Επίπτωση

Πιθανότητα εμφάνισης	90% Σχεδόν βέβαιο	0.045	0.090	0.180	0.360	0.720
	70% Πολύ πιθανό	0.035	0.070	0.140	0.280	0.560
	50% Πιθανό	0.025	0.050	0.100	0.200	0.400
	30% Σπάνιο	0.015	0.030	0.060	0.120	0.240
	10% Απίθανο	0.050	0.100	0.020	0.040	0.080
		0.05 Πολύ χαμηλή	0.10 Χαμηλή	0.20 Μέση	0.40 Υψηλή	0.80 Πολύ υψηλή
		Επίπτωση				
		Χαμηλή διακινδύνευση έως 0.045 Ανεκτός κίνδυνος απλή παρακολούθηση	Μέση διακινδύνευση 0.045-0.240 Μη επιθυμητός κίνδυνος, μπορεί να χρειαστεί αντίδραση		Υψηλή διακινδύνευση >0.240 Μη ανεκτός κίνδυνος, χρειάζεται άμεση αντίδραση	

Ποιοτική ανάλυση κινδύνων

- Οι τιμές της διακινδύνευσης σε κάθε στοιχείο του πίνακα κινδύνου είναι ποιοτικές και δεν έχουν συγκεκριμένη μετρική φυσική σημασία.
- Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για λόγους κατάταξης των κινδύνων. Έτσι ο κίνδυνος με διακινδύνευση 0.4 θεωρείται σημαντικότερος από τον κίνδυνο με διακινδύνευση 0.2 παρά το ότι και οι δύο χαρακτηρίζονται ως κίνδυνοι μεγάλης διακινδύνευσης.
- Παρόλο που οι τιμές είναι ποιοτικές, είναι επιβεβλημένο, να καθορίζονται και να χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες κλίμακες κατάταξης πιθανότητας και συνέπειας. Αν παραλειφθεί αυτό το στάδιο και αποδοθούν, για παράδειγμα, λεκτικές τιμές στην πιθανότητα εμφάνισης και τη επίπτωση (π.χ. χαμηλή, μεγάλη) χωρίς αυτές οι τιμές να σχετίζονται με καθορισμένες κλίμακες, τότε η ανάλυση γίνεται εντελώς υποκειμενική.
- Σε κάθε περίπτωση ο ορισμός και η εννοιολογική σημασία των κλιμάκων που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι γίνεται με απόλυτα σαφήνεια, προς αποφυγή παρερμηνειών, σε σχετικό αναλυτικό επεξηγηματικό υπόμνημα.
- Τονίζεται ότι οι σχετικές κλίμακες, και ως εκ τούτου ο πίνακας κινδύνου, μπορούν να μεταβάλλονται ανά έργο ή οργανισμό αλλά **δεν πρέπει να μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια ενός έργου**. Αποφασίζονται στη διεργασία σχεδιασμού και πρέπει να τηρούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έργου.

Ποσοτική ανάλυση κινδύνων

Η ποσοτική ανάλυση μέσω κατάλληλων εργαλείων, αποσκοπεί να:

- Καθορίσει την πιθανότητα επίτευξης των στόχων του έργου σε περίπτωση εκδήλωσης του κινδύνου.
- Ποσοτικοποιήσει τη συνολική έκθεση του έργου σε κίνδυνο και να καθορίσει τον προϋπολογισμό και τα αναγκαία αποθεματικά που μπορεί να χρειαστούν.
- Αναγνωρίσει τους κινδύνους που απαιτούν τη μεγαλύτερη προσοχή, ποσοτικοποιώντας τη σχετική τους βαρύτητα στο συνολικό κίνδυνο του έργου.
- Εκτιμήσει ρεαλιστικά τις παραμέτρους του κόστους και της χρονικής διάρκειας ολοκλήρωσης του έργου.

Ποσοτική ανάλυση κινδύνων

Για την επίτευξη των παραπάνω χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, όπως:

- Δένδρα αποφάσεων
- Υπολογισμός αναμενόμενης αξίας
- Τεχνική PERT
- Ανάλυση ευαισθησίας

Σχέδιο αντίδρασης στους κινδύνους

Η διεργασία αυτή αφορά την εκπόνηση σχεδίου αντιμετώπισης των απειλών που ελλοχεύουν. Σε αυτό καθορίζονται οι απαιτούμενες ενέργειες για τη μείωση της διακινδύνευσης του έργου στους κινδύνους.

Κύριος στόχος αποτελεί η μετατόπιση όσων περισσότερων από τους εντοπισθέντες και αναλυθέντες κινδύνους από την περιοχή υψηλής και μέσης επικινδυνότητας στην περιοχή της χαμηλής επικινδυνότητας ή ακόμα και η εξάλειψη αυτών.

Ο σχεδιασμός αντίδρασης πρέπει να είναι ανάλογος της σοβαρότητας του κινδύνου, αποτελεσματικός σε όρους κόστους, έγκαιρος και ρεαλιστικός ώστε να είναι επιτυχής.

Σχέδιο αντίδρασης στους κινδύνους

Οι γενικές στρατηγικές αντίδρασης στους κινδύνους είναι οι εξής (PMI, 2009):

➤ **Αποφυγή**

Συνίσταται στην πλήρη εξάλειψή του κινδύνου και συνεπώς στον εκμηδενισμό της πιθανότητας εμφάνισής του. Παράδειγμα αποφυγής ενός κινδύνου είναι η λήψη ριζικών μέτρων όπως για παράδειγμα η αλλαγή μεθόδου κατασκευής.

➤ **Μεταφορά**

Τυπική περίπτωση μεταφοράς κινδύνου είναι **η ασφάλιση**. Όταν ένας κίνδυνος μεταφέρεται, σε περίπτωση εμφάνισής του, η συνέπειά του βαρύνει κάποιον τρίτο.

➤ **Μετριασμός**

Αφορά τις ενέργειες μείωσης της πιθανότητας εμφάνισης, τη μείωση της συνέπειας ή και τα δύο. Το αποτέλεσμα του μετριασμού είναι η μείωση της διακινδύνευσης.

➤ **Αποδοχή**

Η στρατηγική της αποδοχής κινδύνου εφαρμόζεται όταν δεν είναι δυνατή (ή δεν έχει νόημα) καμία από τις άλλες στρατηγικές.

Για κάθε ενέργεια αντιμετώπισης να ορίζεται μέλος της ομάδας έργου ως υπεύθυνος που επιφορτίζεται με την εφαρμογή του σχεδίου αντίδρασης.

Παρακολούθηση και έλεγχος των κινδύνων

Αφορά στην παρακολούθηση των εντοπισθέντων κινδύνων, στην αναγνώριση νέων, στην εφαρμογή ενεργειών μείωσης κινδύνων καθώς και στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους κατά τη διάρκεια ζωής ενός έργου.

Στόχος της διεργασίας αυτής είναι η εξασφάλιση ότι:

- Οι ενέργειες αντίδρασης στον κίνδυνο εφαρμόστηκαν όπως είχαν σχεδιαστεί.
- Οι ενέργειες αντίδρασης στον κίνδυνο είναι τόσο αποτελεσματικές όσο αναμενόταν (αλλιώς επιβάλλεται η λήψη πρόσθετων μέτρων).
- Οι υποθέσεις που έχουν γίνει κατά τη διάρκεια του έργου είναι ακόμα σε ισχύ.
- Η διακινδύνευση έχει μεταβληθεί σε σχέση με το αρχικό της επίπεδο.
- Οι επιμέρους διεργασίες ακολουθούνται κανονικά.
- Κίνδυνοι που προέκυψαν έχουν αναγνωρισθεί.

Όταν η ανάλυση των κινδύνων είναι ποιοτική, η παρακολούθηση των κινδύνων γίνεται κυρίως μέσω φύλλων κινδύνων. Το φύλλο κινδύνου είναι ουσιαστικά η ταυτότητα του κινδύνου. Περιλαμβάνει γενικά στοιχεία του κινδύνου, στοιχεία για την ανάλυσή του και στοιχεία για την απαιτούμενη αντίδραση.

Παρακολούθηση και έλεγχος των κινδύνων

Υποδειγματικό φύλλο κινδύνου

ΤΙΤΛΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ					
Έργο:					
A/A κινδύνου:		Όνομα κινδύνου:			
Κατηγορία RBS					
Περιγραφή:					
Αιτίες:					
1/					
2/					
Πιθανές συνέπειες:					
1/					
2/					
Πιθανότητα εμφάνισης	Συνέπεια εμφάνισης	Διακινδύνευση	Ημερομηνία διακινδύνευσης		
Ενέργεια αντίδρασης		Υπεύθυνος ενέργειας	Ημερομηνία έγκρισης ενέργειας	Υπεύθυνος έγκρισης	Ημερομηνία ολοκλήρωσης ενέργειας
1/					
2/					
3/					
4/					
5/					
Παρατηρήσεις:					

Πρόβλημα 3

Εργάζεσθε για την ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Ε. και είστε στην ομάδα διαχείρισης κινδύνων έργου εγκατάστασης Χ.Υ.Τ.Α. (χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων) πλησίον μικρού ορεινού χωριού.

Αυτή τη στιγμή τα απορρίμματα απορρίπτονται ανεξέλεγκτα σε αυτοσχέδιες χωματερές στις οποίες συχνά παρατηρούνται πυρκαγιές.

Το κόστος εγκατάστασης του Χ.Υ.Τ.Α. είναι 250.000 € και η διάρκεια κατασκευής είναι 5 μήνες από την εγκατάσταση του εργοταξίου που αναμένεται να γίνει στις αρχές Νοεμβρίου 2012.

Τα βασικά πακέτα εργασιών (υψηλό επίπεδο δομικής ανάλυσης έργου - WBS) εγκατάστασης ενός Χ.Υ.Τ.Α. είναι τα εξής:

1. Γενικός σχεδιασμός - μελέτες
2. Τεχνική υποδομή και διαμόρφωση χώρου
3. Έργα διαχείρισης ομβρίων.
4. Έργα διαχείρισης στραγγισμάτων
5. Συστήματα μόνωσης Χ.Υ.Τ.Α
6. Έργα αντιπυρικής προστασίας
8. Σχεδιασμός τελικής αναδιαμόρφωσης - κάλυψης Χ.Υ.Τ.Α.
9. Οργάνωση λειτουργίας

Πρόβλημα 3

(συνέχεια προβλήματος)

(α) Εντοπίστε δύο κινδύνους που είναι πιθανό να εμφανιστούν στο έργο σας. Κατά τον εντοπισμό απαιτείται να αναφέρετε συνοπτική περιγραφή, αιτίες, πιθανές συνέπειες (π.χ. σε χρόνο, κόστος, ποιότητα, απόδοση, άλλο).

(β) Ορίστε κλίμακες πιθανότητας εμφάνισης και συνέπειας σε περίπτωση εμφάνισης για τους κινδύνους του έργου σας και καταστρώστε πίνακα κινδύνων για την ποιοτική ανάλυση.

(γ) Προχωρήστε σε ποιοτική ανάλυση των κινδύνων (υπολογισμό διακινδύνευσης) μέσω πίνακα κινδύνων.

(δ) Προτείνετε κατ' ελάχιστο δύο ενέργειες αντιμετώπισης των κινδύνων που αναλύσατε.

(ε) Επαναλάβετε την ποιοτική ανάλυση μετά την εφαρμογή των ενεργειών αντιμετώπισης.

Πρόβλημα 3

➤ Διεργασία 1: Σχεδιασμός

Αποφασίζεται να χρησιμοποιηθούν οι προαναφερθείσες κλίμακες για τις παραμέτρους εμφάνισης και τις επιπτώσεις, από όπου προκύπτει ο πίνακας κινδύνου για την ποιοτική ανάλυση.

➤ Διεργασία 2: Αναγνώριση κινδύνων

Ένας ενδεικτικός πίνακας βάσει της προαναφερθείσας ιεραρχικής δομής ανάλυσης κινδύνων κατά Wideman (1992) είναι ο παρακάτω:

Πρόβλημα 3

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Κίνδυνος
Εξωτερικοί μη προβλέψιμοι – μη ελέγξιμοι	Φυσικές καταστροφές	<ul style="list-style-type: none"> • Πλημμύρα • Πυρκαγιά • ...
	Κακόβουλες ενέργειες	<ul style="list-style-type: none"> • Δολιοφθορά • ...
	Κυβερνητικές παρεμβάσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Αναστολή άδειας λειτουργίας εργοταξίου • ...
	Κοινωνικές αναταραχές	<ul style="list-style-type: none"> • -
Εξωτερικοί μη προβλέψιμοι – ελέγξιμοι	Αγοράς	<ul style="list-style-type: none"> • -
	Λειτουργικοί	<ul style="list-style-type: none"> • Αδυναμία εύρεσης προσωπικού • Αδυναμία εύρεσης μηχανημάτων έργων • ...
	Περιβαλλοντικοί	<ul style="list-style-type: none"> • Διαμαρτυρία κατοίκων • Μόλυνση πηγαδιών οικισμού • ...
	Χρηματοοικονομικοί	<ul style="list-style-type: none"> • -
Εσωτερικοί – μη τεχνικοί	Διοίκησης	<ul style="list-style-type: none"> • Αλλαγή διευθυντή έργου • ...
	Χρονικοί	<ul style="list-style-type: none"> • Καθυστέρηση προμηθευτή σωληνώσεων στραγγισμάτων • ...
	Κόστους	<ul style="list-style-type: none"> • Εύρεση πλούσιου υδροφόρου ορίζοντα • ...
	Χρηματοροής	<ul style="list-style-type: none"> • Αδυναμία δανειοδότησης από πιστωτικό ίδρυμα • ...

Πρόβλημα 3

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Κίνδυνος
Τεχνικοί	Αλλαγή τεχνολογίας	<ul style="list-style-type: none"> • -
	Απόδοση	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλή παραγωγικότητα προσωπικού • ...
	Σχεδιασμού	<ul style="list-style-type: none"> • Έλλιπής μελέτη έργων αντιπυρικής προστασίας • Ασυμβατότητα στις μελέτες έργων διαχείρισης ομβρίων και έργων διαχείρισης στραγγισμάτων • ...
	Μεγέθους πολυπλοκότητας	– <ul style="list-style-type: none"> • -
Νομικοί	Άδειες	<ul style="list-style-type: none"> • Καθυστέρηση στην έκδοση άδειας περιβαλλοντικών επιπτώσεων • ...
	Δικαιώματα	<ul style="list-style-type: none"> • -
	Συμβολαίου	<ul style="list-style-type: none"> • Καθυστερήσεις ενδιάμεσων πληρωμών από τον ΚΤΕ • ...
	Αντιδικίες	<ul style="list-style-type: none"> • Προσφυγή κατοίκων στο ΣΤΕ

Στο παρόν πρόβλημα η ανάλυση θα περιορισθεί στην ανάλυση δύο τυπικών κινδύνων: (α) **Διαμαρτυρία κατοίκων** και (β) **Καθυστέρηση προμηθευτή σωληνώσεων στραγγισμάτων**.

Πρόβλημα 3

Μόλις γίνει η αναγνώριση δημιουργείται το φύλλο κινδύνου στο οποίο περιγράφεται ο κάθε κίνδυνος και θα συμπληρώνεται σταδιακά κατά την εξέλιξη των διεργασιών διαχείρισης κινδύνων.

Στο παρόν πρόβλημα η ανάλυση θα περιορισθεί στην ανάλυση δύο τυπικών κινδύνων: (α) **Διαμαρτυρία κατοίκων** και (β) **Καθυστέρηση προμηθευτή σωληνώσεων στραγγισμάτων**.

Ο εντοπισμός των **αιτιών** του κινδύνου **Διαμαρτυρία κατοίκων** εστιάζονται την ελλιπή ενημέρωση, τόσο για το τι σημαίνει Χ.Υ.Τ.Α. όσο και κυρίως για τις δυσμενείς επιπτώσεις των ανεξέλεγκτων χωματερών.

Γίνεται η υπόθεση ότι (α) οι κάτοικοι είναι ελλιπώς ενημερωμένοι σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Χ.Υ.Τ.Α. και (β) ο εν λόγω Χ.Υ.Τ.Α. θα απορροφήσει και απορρίμματα όμορων οικισμών.

Οι συνέπειες που περιγράφονται στο φύλλο κινδύνου έχουν, κυρίως, δυσμενή χρονικά αποτελέσματα.

Πρόβλημα 3

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Ε.					
Έργο:	Έργο εγκατάστασης ΧΥΤΑ πλήσιον μικρού ορεινού χωριού				
A/A κινδύνου:	1	Όνομα κινδύνου:	Διαμαρτυρία κατοίκων		
Κατηγορία RBS	Εξωτερικοί μη προβλέψιμοι/Περιβαλλοντικοί				
Υπευθ. κινδύνου	Υπευθ. Επικοινωνίας				
Περιγραφή:	Είναι πιθανό να αναπτυχθούν έντονες αντιδράσεις από τους κατοίκους οι οποίες θα εκδηλωθούν άμεσα ή έμμεσα μέσω πιέσεων τοπικών αρχών.				
Αιτίες:	<p>1/ Ελλιπής ενημέρωση των κατοίκων για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Χ.Υ.Τ.Α.</p> <p>2/ Συσσώρευση απορριμμάτων από όμορα χωριά</p>				
Πιθανές συνέπειες:	<p>1/ Δυναμικές παρεμβάσεις με συνέπεια την προσωρινή παύση εργασιών και κατ' επέκταση τη χρονική καθυστέρηση.</p> <p>2/ Άσκηση ένδικων μέσων από πλευράς των κατοίκων με αποτέλεσμα σοβαρή καθυστέρηση των εργασιών.</p>				
Πιθανότητα εμφάνισης	Συνέπεια εμφάνισης	Διακινδύνευση	Ημερομηνία διακινδύνευσης		
Υψηλή (0,7)	Υψηλή (0,4)	Μεγάλη (0,28)	1/10/2011		
Ενέργεια αντίδρασης	Υπεύθυνος ενέργειας	Ημερομηνία έγκρισης ενέργειας	Υπεύθυνος έγκρισης	Ημερομηνία ολοκλήρωσης ενέργειας	
1/					
2/					
3/					
Παρατηρήσεις:					

Πρόβλημα 3

➤ Ποσοτική ανάλυση

Ο κίνδυνος θεωρείται ότι έχει

- Υψηλή (0.7) πιθανότητα εμφάνισης και
- Υψηλή (0.4) Συνέπεια σε περίπτωση εμφάνισης

τα οποία, μέσω του πίνακα κινδύνων οδηγούν σε Μεγάλη (0.28) διακινδύνευση.

Η εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης και της συνέπειας στην ποιοτική ανάλυση βασίστηκε στην ύπαρξη πυκνών και αρνητικών δημοσιευμάτων στον τοπικό τύπο είναι προάγγελος μεγάλης πιθανότητας έλευσης του κινδύνου.

Οι εκτιμήσεις της ποιοτικής ανάλυσης έχει καταγραφεί στο φύλλο κινδύνου, καθώς επίσης και η ημερομηνία που αυτές έγιναν.

Στο παρόν στάδιο δεν έχουμε πάρει ακόμα κανένα μέτρο/ενέργεια αντίδρασης.

Πρόβλημα 3

Προκειμένου να μειωθεί η υψηλή διακινδύνευση αποφασίζεται ως πρώτη ενέργεια η διενέργεια ενημερωτικής ημερίδας για τα οφέλη της δημιουργίας Χ.Υ.Τ.Α.

Πρόκειται για μια προληπτική ενέργεια επί της πιθανότητας εμφάνισης καθώς αναμένεται ότι αν οι πολίτες είναι ορθώς ενημερωμένοι θα κατανοήσουν ότι το έργο είναι προς όφελός τους και δε θα αντιδράσουν.

Η ημερίδα διεξήχθη στις 20/10 με μεγάλη επιτυχία αφού προσέλκυσε το ενδιαφέρον πλήθος κατοίκων και έγινε εποικοδομητική συζήτηση.

Έτσι, εκτιμάται ότι η διακινδύνευση μεταβάλλεται από 0.28 σε 0.20 και ενημερώνεται το φύλλο κινδύνου.

Πρόβλημα 3

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Ε.					
Έργο:	Έργο εγκατάστασης ΧΥΤΑ πλησίον μικρού ορεινού κορυφού				
Α/Α κινδύνου:	1	Όνομα κινδύνου:	Διαμαρτυρία κατοίκων		
Κατηγορία RBS	Εξωτερικοί μη προβλέψιμοι/Περιβαλλοντικοί				
Υπευθ. κινδύνου	Υπευθ. Επικοινωνίας				
Περιγραφή:	Είναι πιθανό να αναπτυχθούν έντονες αντιδράσεις από τους κατοίκους οι οποίες θα εκδηλωθούν άμεσα ή έμμεσα μέσω πιέσεων τοπικών αρχών.				
Αιτίες:	<p>1/ Ελλιπής ενημέρωση των κατοίκων για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Χ.Υ.Τ.Α.</p> <p>2/ Ψυσώρευση απορριμμάτων από όμορα κορυά</p>				
Πιθανές συνέπειες:	<p>1/ Δυναμικές παρεμβάσεις με συνέπεια την προσωρινή παύση εργασιών και κατ' επέκταση τη χρονική καθυστέρηση.</p> <p>2/ Άσκηση ένδικων μέσων από πλευράς των κατοίκων με αποτέλεσμα σοβαρή καθυστέρηση των εργασιών.</p>				
Πιθανότητα εμφάνισης	Συνέπεια εμφάνισης	Διακινδύνευση	Ημερομηνία διακινδύνευσης		
Υψηλή (0,7)	Υψηλή (0,4)	Μεγάλη (0,28)	1/10/2011		
Μέση (0,5)	Υψηλή (0,4)	Μεγάλη (0,20)	20/10/2011		
Ενέργεια αντίδρασης		Υπεύθυνος ενέργειας	Ημερομηνία έγκρισης ενέργειας	Υπεύθυνος έγκρισης	Ημερομηνία ολοκλήρωσης ενέργειας
1/Διενέργεια ενημερωτικής ημερίδας για τα οφέλη της δημιουργίας Χ.Υ.Τ.Α.		Γ. Δ. Υπευθ. Επικοινωνίας	10/10/2011	Μ. Ν. Δ/χης Εργου	20/10/2011
2/					
3/					
Παρατηρήσεις:					

Πρόβλημα 3

Παρόλη τη μείωση της διακινδύνευσης κρίνεται ότι αυτή πρέπει να μειωθεί περαιτέρω.

Για το λόγο αυτό αποφασίζεται η διοργάνωση επίσκεψης επιτροπής κατοίκων σε λειτουργούντα Χ.Υ.Τ.Α.

Και αυτή είναι μια προληπτική αντίδραση επί της πιθανότητας εμφάνισης καθώς και στοχεύει στην κατανόηση των ωφελειών του έργου και στη διαμόρφωση ουσιαστικής θετικής γνώμης των πολιτών μέσω του παραδείγματος.

Μετά την υλοποίηση της δεύτερης ενέργειας αντίδρασης η διακινδύνευση εκτιμάται Μικρή (0.04) και ο κίνδυνος είναι πλέον ανεκτός.

Το φύλλο κινδύνου ενημερώνεται σχετικά.

Πρόβλημα 3

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Ε.					
Έργο:	Έργο εγκατάστασης ΧΥΤΑ πλησίον μικρού ορεινού κωριού				
A/A κινδύνου:	1	Όνομα κινδύνου:	Διαμαρτυρία κατοίκων		
Κατηγορία RBS	Εξωτερικοί μη προβλεψίμοι/Περιβαλλοντικοί				
Υπευθ. κινδύνου	Υπευθ. Επικοινωνίας				
Περιγραφή:	Είναι πιθανό να αναπτυχθούν έντονες αντιδράσεις από τους κατοίκους οι οποίες θα εκδηλωθούν άμεσα ή έμμεσα μέσω πιέσεων τοπικών αρχών.				
Αιτίες:	<p>1/ Ελλιπής ενημέρωση των κατοίκων για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Χ.Υ.Τ.Α.</p> <p>2/ Συσσώρευση απορριμμάτων από όμορα κωριά</p>				
Πιθανές συνέπειες:	<p>1/ Δυναμικές παρεμβάσεις με συνέπεια την προσωρινή παύση εργασιών και κατ'επέκταση τη χρονική καθυστέρηση.</p> <p>2/ Άσκηση ένδικων μέσων από πλευράς των κατοίκων με αποτέλεσμα σοβαρή καθυστέρηση των εργασιών.</p>				
Πιθανότητα εμφάνισης	Συνέπεια εμφάνισης	Διακινδύνευση	Ημερομηνία διακινδύνευσης		
Υψηλή (0,7)	Υψηλή (0,4)	Μεγάλη (0,28)	1/10/2011		
Μέση (0,5)	Υψηλή (0,4)	Μεγάλη (0,20)	20/10/2011		
Πολύ χαμηλή (0,1)	Υψηλή (0,4)	Μικρή (0,04)	22/11/2011		
Ενέργεια αντίδρασης		Υπεύθυνος ενέργειας	Ημερομηνία έγκρισης ενέργειας	Υπεύθυνος έγκρισης	Ημερομηνία ολοκλήρωσης ενέργειας
1/ Διενέργεια ενημερωτικής ημερίδας για τα οφέλη της δημιουργίας Χ.Υ.Τ.Α.		Γ. Δ. Υπευθ. Επικοινωνίας	10/10/2011	Μ. Ν. Δ/ντης Έργου	20/10/2011
2/ Διοργάνωση επίσκεψης επιτροπής κατοίκων σε λειτουργούντα Χ.Υ.Τ.Α.		Κ. Α. Εργοταξίαρχ ης	10/10/2011	Μ. Ν. Δ/ντης Έργου	22/11/2011
3/					
Παρατηρήσεις:					

Πρόβλημα 3

Αρχική διακινδύνευση (1/10/2011)
 Μετά την πρώτη ενέργεια αντίδρασης (20/10/2011)
 Μετά τη δεύτερη ενέργεια αντίδρασης (22/11/2011)

Πιθανότητα	Διακινδύνευση = ΠΤ*Σ				
	0,05 (ΜΕΣΗ)	0,09 (ΜΕΣΗ)	0,18 (ΜΕΓΑΛΗ)	0,36 (ΜΕΓΑΛΗ)	0,72 (ΜΕΓΑΛΗ)
Πολύ υψηλή (0,9)	0,04 (ΜΙΚΡΗ)	0,07 (ΜΕΣΗ)	0,14 (ΜΕΣΗ)	0,28 (ΜΕΓΑΛΗ)	0,56 (ΜΕΓΑΛΗ)
Υψηλή (0,7)	0,03 (ΜΙΚΡΗ)	0,05 (ΜΕΣΗ)	0,10 (ΜΕΣΗ)	0,20 (ΜΕΓΑΛΗ)	0,40 (ΜΕΓΑΛΗ)
Μέση (0,5)	0,02 (ΜΙΚΡΗ)	0,03 (ΜΙΚΡΗ)	0,06 (ΜΕΣΗ)	0,12 (ΜΕΣΗ)	0,24 (ΜΕΓΑΛΗ)
Χαμηλή (0,3)	0,01 (ΜΙΚΡΗ)	0,01 (ΜΙΚΡΗ)	0,02 (ΜΙΚΡΗ)	0,04 (ΜΙΚΡΗ)	0,08 (ΜΕΣΗ)
Πολύ Χαμηλή (0,1)	Πολύ Χαμηλή (0,05)	Χαμηλή (0,10)	Μέση (0,20)	Υψηλή (0,40)	Πολύ υψηλή (0,80)
Συνέπεια					

① : Αύξων Αριθμός Κινδύνου = 1

Διαχρονική εξέλιξη διακινδύνευσης κινδύνου 1

Πρόβλημα 3

Με αντίστοιχο τρόπο δημιουργείται και το δεύτερο φύλλο κινδύνου για τον κίνδυνο Καθυστέρηση προμηθευτή σωληνώσεων στραγγισμάτων.

Οι συνέπειες αυτού του κινδύνου είναι και χρονικές και οικονομικές.

Στην περίπτωση αυτή τίθεται το ζήτημα βάσει ποιας μετρικής εκ των δύο θα υπολογιστεί η συνολική συνέπεια του κινδύνου.

Η βέλτιστη πρακτική στην περίπτωση αυτή είναι, κατά την εκτέλεση ποιοτικής ανάλυσης, να επιλέγεται η δυσμενέστερη εκ των συνεπειών.

Με δεδομένο ότι:

- η συνέπεια ως προς το κόστος είναι Μέση (5-10% αύξηση) και
- η συνέπεια ως προς το χρόνο είναι Υψηλή (10–20% αύξηση)
- τότε ως συνέπεια του κινδύνου να επιλέγεται η δεύτερη.

Πρόβλημα 3

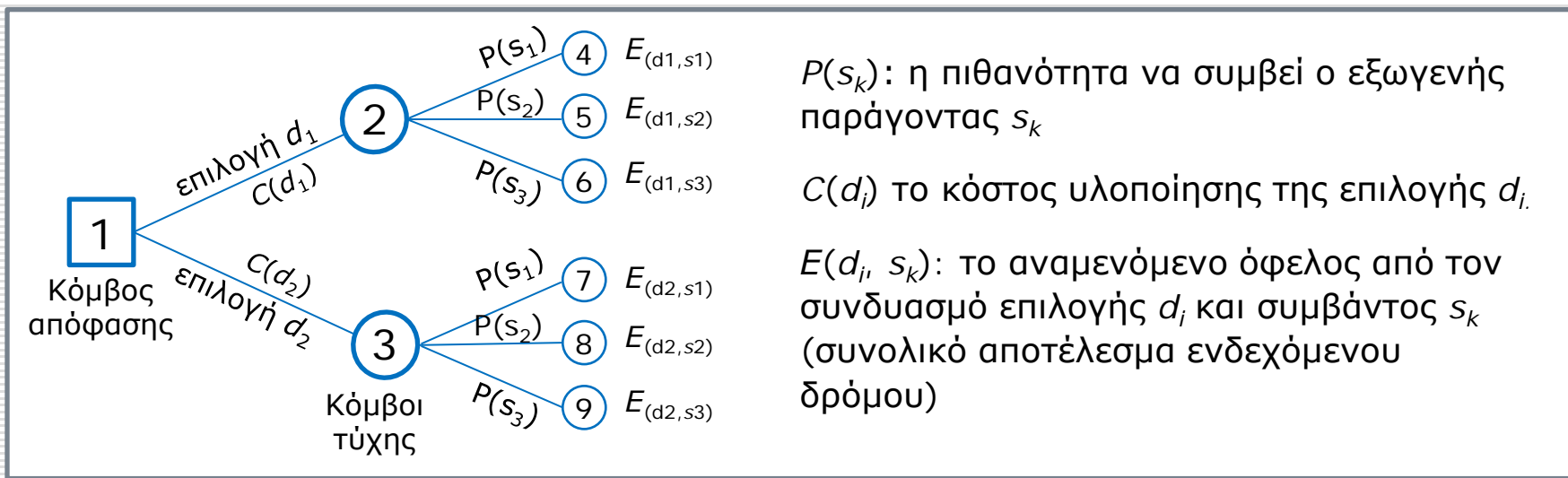
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Ε.					
Έργο:	Έργο εγκατάστασης ΧΥΤΑ πλησίον μικρού ορεινού κορυφού				
A/A κινδύνου:	2	Όνομα κινδύνου:	Καθυστέρηση προμηθευτή σωληνώσεων στραγγισμάτων		
Κατηγορία RBS	Εσωτερικοί, μη τεχνικοί/ Χρονικοί				
Υπευθ. κινδύνου	Υπευθ. Συμβάσεων				
Περιγραφή:	Υπάρχει περίπτωση ο προμηθευτής σωληνώσεων στραγγισμάτων να μην καταφέρει να ολοκληρώσει την προμήθεια στο συμφωνημένο χρόνο. Όπως φαίνεται στην ανάλυση αιτιών εκτός της φερεγγυότητας του προμηθευτή βασικός παράγοντας δημιουργίας αβεβαιότητας είναι και οι καιρικές συνθήκες.				
Αιτίες:	<p>1/ Συχνή εμφάνιση παγετού τους χειμερινούς μήνες – αδυναμία προσέγγισης βαρέων οχημάτων μεταφοράς σωλήνων στο εργοτάξιο.</p> <p>2/ Ο συγκεκριμένος προμηθευτής έχει αποδειχθεί αφερέγγυος στο παρελθόν.</p>				
Πιθανές συνέπειες:	<p>1/ Καθυστέρηση εργασιών διαχείρισης στραγγισμάτων και του έργου συνολικά.</p> <p>2/ Πληρωμή υψηλής ρήτρας καθυστέρησης.</p>				
Πιθανότητα εμφάνισης	Συνέπεια εμφάνισης	Διακινδύνευση	Ημερομηνία διακινδύνευσης		
Μέση (0,5)	Υψηλή (0,4)	Μεγάλη (0,20)	1/10/2011		
Μέση (0,5)	Μέση (0,2)	Μέση (0,10)	15/10/2011		
Χαμηλή (0,3)	Πολύ χαμηλή (0,05)	Μικρή (0,02)	20/11/2011		
Ενέργεια αντίδρασης	Υπεύθυνος ενέργειας	Ημερομηνία έγκρισης ενέργειας	Υπεύθυνος έγκρισης	Ημερομηνία ολοκλήρωσης ενέργειας	
1/ Σχεδιασμός εναλλακτικού προγραμματισμού εκτέλεσης εργασιών (επίσπευση/ fast tracking) που έπονται των έργων διαχείρισης στραγγισμάτων.	A. B. Υπεύθυνος Χρονικού παραρτημ.	10/10/2011	M. N. Δ/ντης Έργου	15/10/2011	
2/ Επιβολή αυστηρής ρήτρας (back to back) στο συμβόλαιο του συγκεκριμένου προμηθευτή	Θ. I. Υπεύθυνος Συμβάσεων	10/10/2011	M. N. Δ/ντης Έργου	20/11/2011	
3/					
Παρατηρήσεις:	Η ενέργεια 1 αφορά αποκλειστικά τη δημιουργία του εναλλακτικού σχεδίου. Το σχέδιο θα εκτελεστεί μόνο σε περίπτωση έλευσης του κινδύνου.				

Δένδρα λήψης αποφάσεων σε συνθήκες κινδύνου

Τα δένδρα λήψης αποφάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη μιας απόφασης (πχ, την αξιολόγηση μιας επένδυσης) βάσει πιθανών σεναρίων κινδύνου (είτε με τη θετική, είτε με την αρνητική έννοια).

Ουσιαστικά τα δένδρα απόφασης αποτελούν τη γραφική απεικόνιση όλων των δεδομένων ενός προβλήματος λήψης απόφασης καθώς σε αυτά αναπαρίσταται το σύνολο των πιθανών στρατηγικών που μπορούν να ακολουθηθούν μέσω αντίστοιχων διαδοχικών αποφάσεων επιλογής καθώς και οι ενδεχόμενοι εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν το πρόβλημα (καταστάσεις φύσης).

Τα δένδρα αποφάσεων αποτελούνται από κόμβους και κλαδιά. Οι κόμβοι διακρίνονται σε κόμβους απόφασης (τετράγωνα) που αναπαριστούν τα σημεία λήψης απόφασης και από αυτούς ξεκινούν τα κλαδιά των διαφορετικών στρατηγικών/επιλογών d_i και σε κόμβους τύχης (κύκλοι) από όπου ξεκινούν τα κλαδιά που εκφράζουν τους ενδεχόμενους εξωγενείς παράγοντες s_k που επηρεάζουν το πρόβλημα.

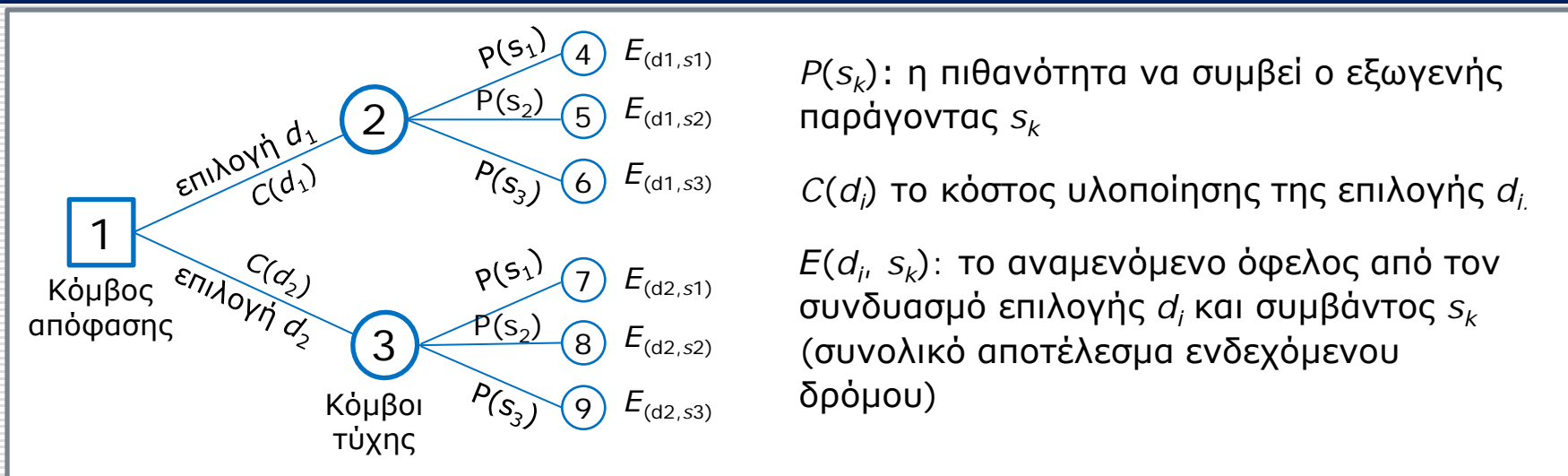


$P(s_k)$: η πιθανότητα να συμβεί ο εξωγενής παράγοντας s_k

$C(d_i)$ το κόστος υλοποίησης της επιλογής d_i .

$E(d_i, s_k)$: το αναμενόμενο όφελος από τον συνδυασμό επιλογής d_i και συμβάντος s_k (συνολικό αποτέλεσμα ενδεχόμενου δρόμου)

Δένδρα λήψης αποφάσεων σε συνθήκες κινδύνου



$P(s_k)$: η πιθανότητα να συμβεί ο εξωγενής παράγοντας s_k

$C(d_i)$ το κόστος υλοποίησης της επιλογής d_i

$E(d_i, s_k)$: το αναμενόμενο όφελος από τον συνδυασμό επιλογής d_i και συμβάντος s_k (συνολικό αποτέλεσμα ενδεχόμενου δρόμου)

Επίλυση του δέντρου απόφασης βάσει της αναμενόμενης χρηματική αξίας

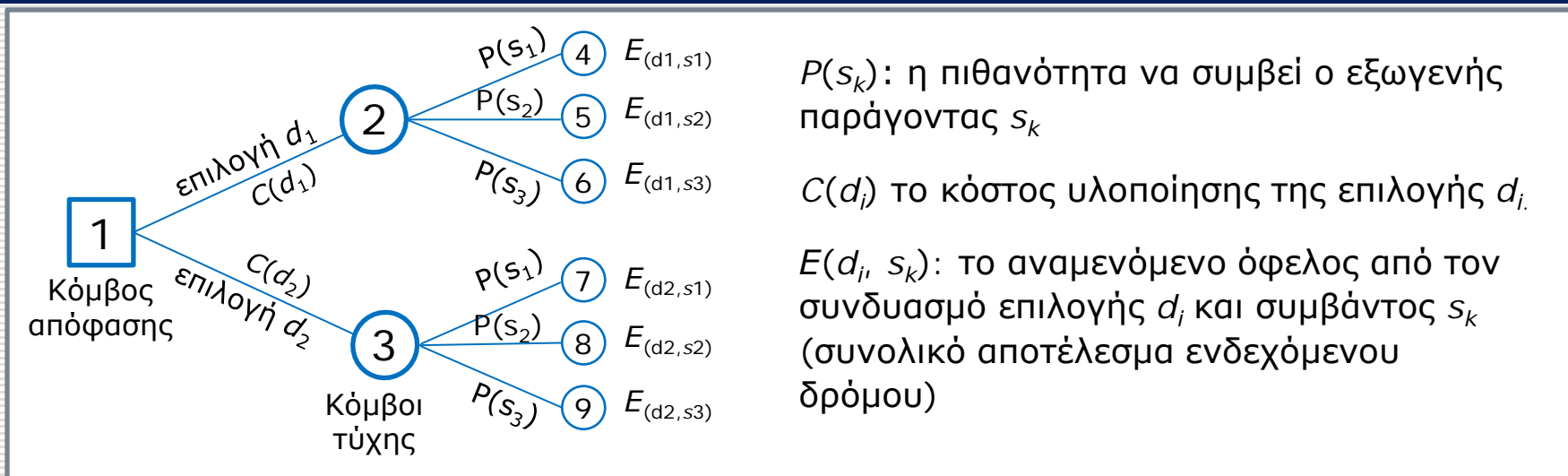
- Η επίλυση του δέντρου γίνεται από δεξιά προς τα αριστερά (ήτοι, από τις μεταγενέστερες προς τις προγενέστερες αποφάσεις/γεγονότα), έως ότου φθάσουμε στον κόμβο της αφετηρίας (ή ρίζα).
- Για κάθε κόμβο τύχης i υπολογίζεται η **αναμενόμενη χρηματική αξία, EMV** από τη σχέση:

$$EMV_i = \sum_k P_k \cdot E_k \quad (4)$$

όπου ο δείκτης k υποδεικνύει τα κλαδιά που ξεκινούν από τον κόμβο τύχης και E_k είτε το EMV των μεταγενέστερων κόμβων, είτε το αναμενόμενο όφελος της τρέχουσας διαδρομής αν δεν υπάρχει μεταγενέστερος κόμβος.

- Σε κόμβο απόφασης άριστη επιλογή είναι αυτή που αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη αλγεβρικά EMV (ή αναμενόμενο όφελος διαδρομής αν δεν υπάρχει επόμενος κόμβος) των κλαδιών που ξεκινούν απ' αυτόν.

Δένδρα λήψης αποφάσεων σε συνθήκες κινδύνου



Επίλυση του δέντρου απόφασης βάσει του βαθμού κινδύνου

Άριστη επιλογή είναι αυτή που έχει τον μικρότερο συντελεστή μεταβλητότητας μ μιας και αυτός είναι ανάλογος του βαθμού κινδύνου. Ο συντελεστή μεταβλητότητας μ μιας απόφασης δίνεται από τη σχέση:

$$\mu = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N P_i (\overline{NPV} - NPV_i)^2}}{\overline{NPV}} \quad (5)$$

$$\overline{NPV} = \sum_{i=1}^N P_i \cdot NPV_i \quad (6)$$

όπου N ο αριθμός των διαφορετικών διαδρομών του δέντρου μετά την εξεταζόμενη απόφαση, P_i και NPV_i η συνολική πιθανότητα να λάβει χώρα η διαδρομή i και η καθαρή παρούσα αξία αυτής (αναμενόμενη χρηματική αξία μείον κόστος υλοποίησης), αντίστοιχα.

Πρόβλημα 4

Μια τεχνική εταιρεία μελετά την κατασκευή λατομείου με στόχο την παραγωγή και διάθεση των παραγόμενων αδρανών υλικών για πώληση στην αγορά. Η εταιρεία εξετάζει τις εξής δυο εναλλακτικές προτάσεις:

- Η **1^η πρόταση** περιλαμβάνει την κατασκευή του λατομείου τοποθετώντας όλον τον απαιτούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό, συνολικού κόστους 300 μονάδων.
- Η **2^η πρόταση** περιλαμβάνει την κατασκευή του λατομείου τοποθετώντας ένα μέρος του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού αρχικά, συνολικού κόστους 200 μονάδων, και προβλέπει την επέκταση του λατομείου με την τοποθέτηση του υπόλοιπου εξοπλισμού, εφόσον οι πωλήσεις των αδρανών είναι ικανοποιητικές και η ζήτηση υπερβεί την προσφορά. Η παρούσα αξία του κόστους επέκτασης του λατομείου θα είναι 150 μονάδες.

Αναφορικά με τις πωλήσεις των παραγόμενων αδρανών, η παρούσα αξία των καθαρών λειτουργικών εισροών της επένδυσης εκτιμάται ότι θα είναι 500 μονάδες υπό κανονικές οικονομικές συνθήκες (**βασικό - αισιόδοξο σενάριο**) και 250 μονάδες, εφόσον οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές (**απαισιόδοξο σενάριο**).

Αν οι πιθανότητες που αντιστοιχούν στο αισιόδοξο και το απαισιόδοξο σενάριο είναι 70% και 30% αντίστοιχα, να μελετηθεί η επένδυση με χρήση δένδρου αποφάσεων.

Πρόβλημα 5

Κοινοπραξία τεχνικών εταιρειών που θέλει να δραστηριοποιηθεί στο χώρο του τουρισμού εξετάζει επένδυση σε συγκρότημα παραθεριστικών κατοικιών. Η εταιρεία έχει δύο επιλογές. Είτε να προβεί σε μεγάλη επένδυση συνολικού κόστους 12.000.000€ ή σε μικρότερη επένδυση ύψους 3.000.000 €. Η ζήτηση για τις παραθεριστικές κατοικίες θα εξαρτηθεί από το μέγεθος της επένδυσης σε συνδυασμό με την πιθανή (60% πιθανότητα) δημιουργία γηπέδου γκολφ στην περιοχή.

Στην περίπτωση της μεγάλης επένδυσης, υπό την προϋπόθεση της δημιουργίας του γκολφ, αναμένεται κατά 90% μεγάλη ζήτηση που θα οδηγήσει σε έσοδα 20.000.000 € ή μέτρια ζήτηση που θα οδηγήσει σε έσοδα 14.000.000 €. Αν δεν δημιουργηθεί το γήπεδο γκολφ τότε με 60% πιθανότητα η ζήτηση θα είναι μέτρια (έσοδα 14.000.000 €) ή μικρή (έσοδα 6.000.000 €).

Στην περίπτωση της μικρής μονάδας, οι πιθανότητες για τη ζήτηση (μεγάλη, μέτρια, μικρή) παραμένουν ίδιες κατ' αντιστοιχία με τη μεγάλη επένδυση και ανάλογα με το αν θα δημιουργηθεί ή όχι γήπεδο γκολφ. Ωστόσο, τα έσοδα περιορίζονται σε 6.000.000 € για τη μεγάλη ζήτηση, 3.000.000 € για τη μέτρια και 1.000.000 € για τη μικρή.

Χρησιμοποιώντας την τεχνική των δένδρων απόφασης:

(α) υπολογίστε το κέρδος της κοινοπραξίας σε κάθε ένα από τα πιθανά σενάρια και

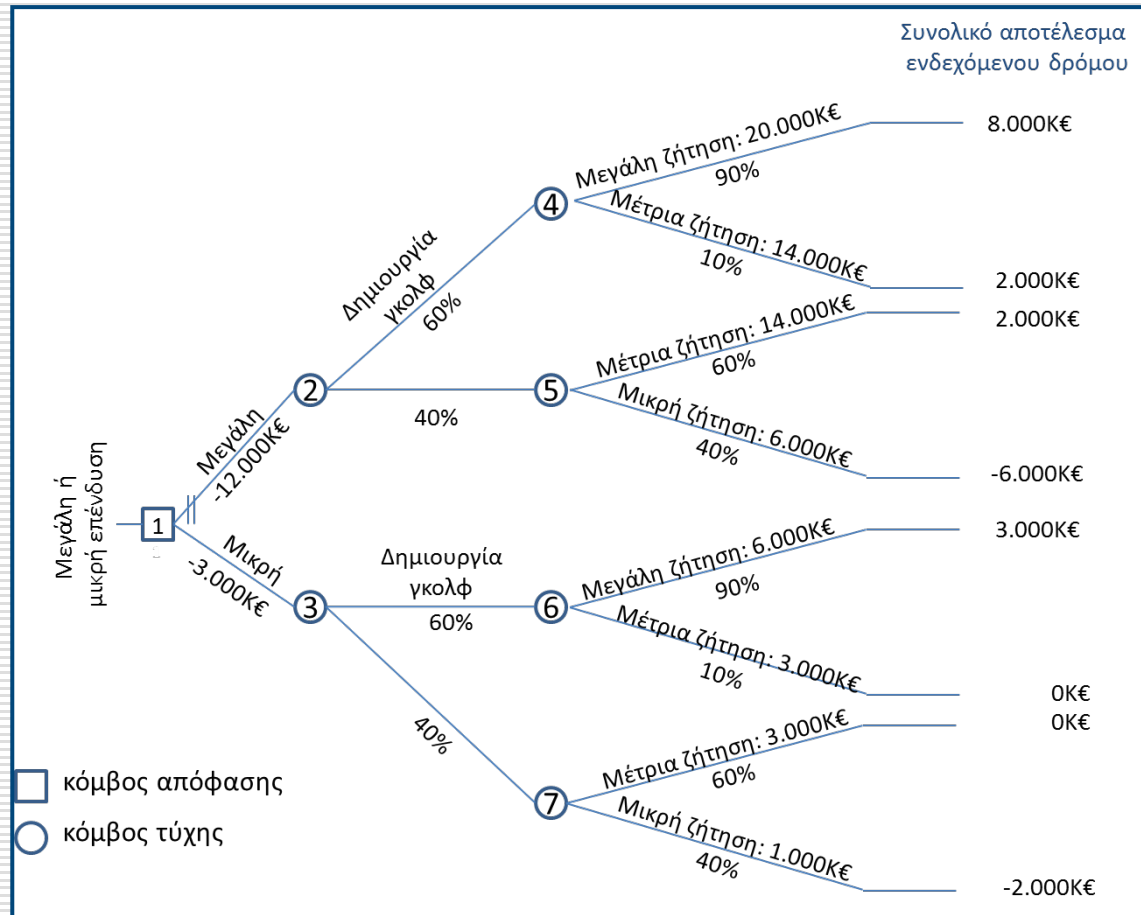
(β) υποδείξτε στην εταιρεία τη βέλτιστη στρατηγική (μεγάλη ή μικρή επένδυση) ως προς το αναμενόμενο κέρδος.

Πρόβλημα 5

Παράδειγμα απόφασης, μέσω δένδρου αποφάσεων, σχετικά με τον τύπο επένδυσης που πρέπει να υλοποιηθεί. Η απόφαση αφορά το αν θα πρέπει να προχωρήσει η επιχείρηση σε μια μεγάλη ή μια μικρότερη επένδυση. Στην περιοχή ενδέχεται να δημιουργηθεί γήπεδο γκολφ, το οποίο θα επηρεάσει θετικά τη ζήτηση για τις κατοικίες. Τα κόστη ανάλογα με την επένδυση καθώς και τα έσοδα ανάλογα με την αναμενόμενη ζήτηση φαίνονται στο δέντρο.

Στο τέλος του δένδρου περιγράφεται το «συνολικό αποτέλεσμα ενδεχόμενου δρόμου», δηλαδή τι θα γίνει αν συμβεί ότι περιγράφεται σε κάθε διαδρομή ξεχωριστά (π.χ. για την πρώτη, να αποφασίσουμε να κάνουμε τη μεγάλη επένδυση, να δημιουργηθεί τελικά γήπεδο γκολφ και η ζήτηση να είναι πράγματι μεγάλη, τότε το καθαρό οικονομικό αποτέλεσμα θα είναι 8.000Κ€).

Ωστόσο, οι αποφάσεις λαμβάνονται μέσω της **αναμενόμενης χρηματικής αξίας, EMV**.



Πρόβλημα 5

Οι υπολογισμοί στο δένδρο απόφασης γίνονται από **δεξιά προς αριστερά ανά κόμβο** τύχης ή απόφασης. Εδώ ισχύει:

$$EMV_4 = 90\% * 8.000 + 10\% * 2.000 = 7.400\text{Κ€ και αντίστοιχα,}$$

$$EMV_5 = -1.200\text{Κ€}$$

$$EMV_6 = 2.700\text{Κ€}$$

$$EMV_7 = -800\text{Κ€}$$

$$EMV_2 = 60\% * EMV_4 + 40\% * EMV_5 =$$

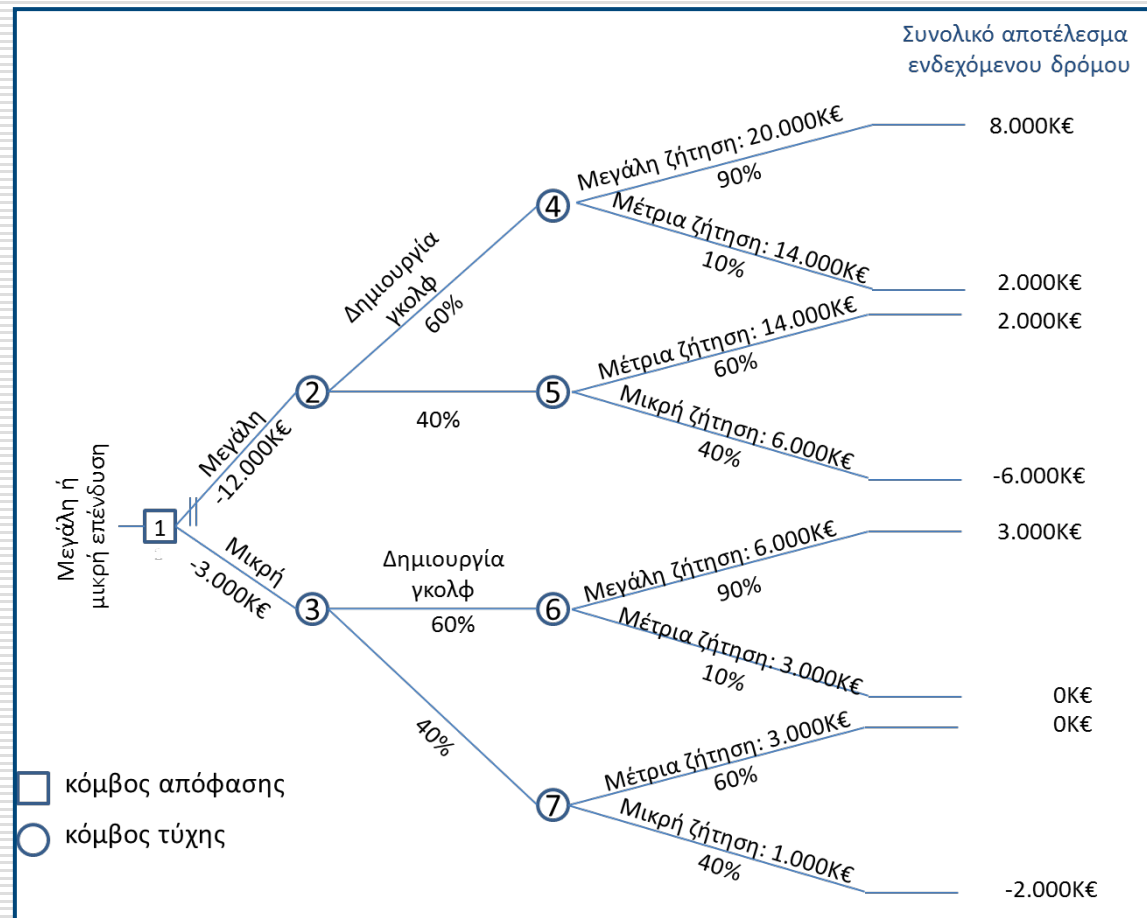
3960Κ€ και,

$$EMV_3 = 1.300\text{Κ€}$$

Δεδομένου ότι το πρόβλημα είναι ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης κέρδους θα ισχύει:

$$EMV_1 = \max \begin{pmatrix} 3.960 \\ 1.300 \end{pmatrix} = 3.960 \text{ Κ€}$$

Επιλέγεται η μεγάλη επένδυση



Μέρος 3ο: Εξομάλυνση της παραγωγής στο πλαίσιο της λιτής διαχείρισης

Εξομάλυνση της παραγωγής στο πλαίσιο της λιτής διαχείρισης

Στη μαζική παραγωγή ακολουθείται η στρατηγική των μεγάλων παρτίδων, διότι οι προσαρμογές του εξοπλισμού είναι χρονοβόρες και ως εκ τούτου δε θα πρέπει να είναι συχνές, προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγικότητα.

Σε αντίθεση, σύμφωνα με τη φιλοσοφία της λιτής διαχείρισης, η στρατηγική αυτή οδηγεί σε υπερ-παραγωγή, η οποία θεωρείται **σπατάλη** και συνεπώς συντελεί στη μείωση της παραγωγικότητας, διότι:

- ✓ Απαιτούνται περισσότερες πρώτες ύλες και εξαρτήματα
- ✓ Αυξάνει το κόστος αποθήκευσης και διαχείρισης, μιας και απαιτούνται επιπλέον:
 - αποθηκάριοι
 - μέσα αποθήκευσης (παλέτες, δοχεία, κα)
 - εξοπλισμός μεταφοράς (γερανοί, κλαρκ, κα)
 - χώροι αποθηκών.

Οι παράγοντες που συντελούν στην ύπαρξη υπερ-παραγωγής είναι:

- ✓ Η ασφάλεια ενάντια σε πιθανή βλάβη του εξοπλισμού ή οποιαδήποτε δυσλειτουργία
- ✓ Η δύσκολη ή λανθασμένη εκτίμηση της ζήτησης, όταν αυτή δεν είναι σταθερή
- ✓ Η θεώρηση ότι ένας σταθμός εργασίας δεν πρέπει να σταματά να παράγει.

Εξομάλυνση της παραγωγής στο πλαίσιο της λιτής διαχείρισης

Στη λιτή διαχείριση η εξομάλυνση της παραγωγής και άρα η καταπολέμηση της σπατάλης της υπερ-παραγωγής, επιτυγχάνεται με συγχρονισμό του ρυθμού παραγωγής βάσει του μέσου όγκου της ζήτησης, όπως αυτός έχει προκύψει για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.

Με άλλα λόγια, ο ρυθμός της εξομαλυμένης παραγωγής πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να ικανοποιείται η αρχή του JUST-IN-TIME, δηλαδή να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του «πελάτη»*, χωρίς όμως να υπάρχει η σπατάλη της υπερ-παραγωγής.

Ο προσδιορισμός του κατάλληλου ρυθμού παραγωγής γίνεται βάσει της περιόδου της ζητούμενης παραγωγής (takt time), η οποία αντιστοιχεί **στο μέσο χρόνο που ο «πελάτης» παραγγέλνει το ένα τεμάχιο σε ένα διάστημα αναφοράς.**

Δηλαδή, takt time = 50sec, σημαίνει ότι ο «πελάτης» αιτείται προς τον τροφοδότη του, κατά μέσο όρο, ένα τεμάχιο ανά 50 sec.

*Η έννοια «πελάτης» περιλαμβάνει είτε τον τελικό χρήστη του προϊόντος, είτε έναν από τους ενδιάμεσους σταθμούς της παραγωγής, ο οποίος «αιτείται» από τον προηγούμενο, «τροφοδότη» του σταθμό, σύμφωνα με τις αρχές του συστήματος έλξης (Pull System).

Το takt time T_t υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_t = \frac{\text{Διαθέσιμος Χρόνος για παραγωγή σε ένα χρονικό διάστημα αναφοράς}}{\text{Τεμάχια παραγγελίας στο ίδιο χρονικό διάστημα αναφοράς}}$$

Για να υπάρχει συνεχής ροή μεταξύ δύο σταθμών εργασίας (continuous flow processing), θα πρέπει το T_t να είναι περίπου ίσο με τον συνολικό χρόνο T_c (cyclic time) που απαιτείται για την παραγωγή ενός τεμαχίου.

- Εάν, $T_t > T_c$ θα υπάρξει υπερ-παραγωγή, ενώ
- Εάν, $T_t < T_c$ υπάρχει έλλειψη και αναμονή.

Πρόβλημα 6

Ο τελικός σταθμός εργασίας μιας παραγωγικής διαδικασίας, αυτός της συναρμολόγησης, θα πρέπει να παράγει 2,500 τεμάχια ενός προϊόντος A και 17,500 τεμάχια ενός B σε ένα μήνα, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της ζήτησης στο διάστημα αυτό. Ο σταθμός παράγει με 2 βάρδιες των 8 ωρών. Σε κάθε βάρδια γίνονται τρία διαλείμματα διάρκειας, 10, 20 και 10 λεπτών, αντίστοιχα. Να υπολογισθεί το takt time.

Έστω ότι το χρονικό διάστημα αναφοράς είναι η ημέρα.

✓ **Τεμάχια παραγγελίας ανά ημέρα:**

Η απαίτηση του πελάτη είναι για συνολικά $2,500 + 17,500 = 20,000$ τεμάχια ανά μήνα. Θεωρώντας 20 εργάσιμες ημέρες ανά μήνα, τα τεμάχια παραγγελίας ανά ημέρα είναι $20,000 / 20 = 1,000$ τεμάχια ανά ημέρα

✓ **Διαθέσιμος χρόνος παραγωγής ανά ημέρα**

Ο καθαρός χρόνος (σε sec) που εργάζεται η κάθε βάρδια ανά ημέρα, είναι: $8 \times 3,600 - (10 + 20 + 10) \times 60 = 26,400$ sec. Οπότε ο διαθέσιμος χρόνος παραγωγής ανά ημέρα είναι $2 \times 26,400 = 52,800$ sec.

Άρα, ο takt time T_t , ισούται:

$$T_t = \frac{\text{Διαθέσιμος Χρόνος}}{\text{Τεμάχια παραγγελίας}} = \frac{52,800 \text{ sec ανά ημέρα}}{1,000 \text{ τεμάχια ανά ημέρα}} = 52,8 \text{ sec / τεμάχιο}$$

Πρόβλημα 7

Μικρή παραγωγική μονάδα παράγει τρεις διαφορετικούς τύπους μεταλλικών προϊόντων Α, Β και Γ σε τρεις διακριτούς σταθμούς παραγωγής. Και οι τρεις τύποι βάφονται αυτόματα στην ίδια μηχανή ηλεκτροστατικής βαφής σε μια διαδικασία που διαρκεί 11 min. Οι σταθμοί εργασίας παράγουν 5 ημέρες την εβδομάδα, 8 ώρες ανά ημέρα, με μισή ώρα διάλειμμα για γεύμα. Ο μέσος εβδομαδιαίος όγκος ζήτησης είναι: Για τον Τύπος Α 50 τμχ, για τον Β 125 τμχ και για τον Γ 200 τμχ.

Να υπολογιστεί ο takt time και ο απαιτούμενος αριθμός μηχανών ηλεκτροστατικής βαφής που θα πρέπει να διαθέτει η μονάδα.

✓ **Διαθέσιμος χρόνος παραγωγής ανά εβδ.:** $7.5 \times 60 \times 5 = 2,250 \text{ min}$

✓ **Συνολικά τεμάχια παραγγελίας ανά εβδ.:** $50 + 125 + 200 = 375$

✓ **Takt time:** $T_t = \frac{\text{Διαθέσιμος Χρόνος}}{\text{Τεμάχια παραγγελίας}} = \frac{2250 \text{ min} / \text{εβδ.}}{375 \text{ τμχ} / \text{εβδ.}} = 6 \text{ min} / \text{τμχ}$

✓ **Cyclic time:** $T_c = 11 \text{ min} / \text{τμχ}$

□ Για την περίπτωση της μιας μηχανής $T_t < T_c$ και συνεπώς οι ανάγκες της ζήτησης δεν εξυπηρετούνται.

□ Για την περίπτωση των δύο μηχανών τότε $T_t = 12 \text{ min} / \text{τμχ} > T_c$ και συνεπώς οι ανάγκες της ζήτησης εξυπηρετούνται.