



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

## **ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΑΜΥΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΩΛΥΜΑΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**Συντάκτης: Γρηγόριος Βενιόπουλος, Τελειόφοιτος Ε.Μ.Π**  
**Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Αθήνα, Ιούλιος 2020





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

## **ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΑΜΥΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΩΛΥΜΑΤΩΝ**

### **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Γρηγόριος Βενιόπουλος

**Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου**

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την .... Ιουλίου 2020.

.....

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος  
2020

.....  
Γρηγόριος Βενιόπουλος  
Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΒΕΝΙΟΠΟΥΛΟΣ, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Στις μέρες μας, όπως και κατά το παρελθόν έχει προκύψει πολλές φορές η ανάγκη αναχαίτισης ροών οχημάτων και πεζών για διαφορετικούς κάθε φορά λόγους (Covid 19, Επιδημίες, μαζικές μετακινήσεις πλυθησμών κτλ)

Χρησιμοποιώντας ως βάση τη διεθνή βιβλιογραφία και ορισμένους κανονισμούς, στην παρούσα μελέτη, αναλύονται οι δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά του κάθε τύπου εμποδίου ξεχωριστά και οι παράγοντες που επηρεάζουν την χρησιμοποίησή τους.

Ακολούθως παραμετροποιήθηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της βέλτιστης επιλογής τύπου κωλύματος και με τη χρήση του πρόσθετου επίλυσης Open Solver του Excel δημιουργήθηκε ένα μοντέλο βελτιστοποίησης της εδαφικής κάλυψης και της ικανοποίησης της απαίτησης σε εμπόδια.

Από την επίλυση του μοντέλου προκύπτει η βέλτιστη κάλυψη για τα δεδομένα του προβλήματος και στη συνέχεια ακολουθεί μια επίλυση ενός παραδείγματος με στόχο την επαλήθευση λειτουργίας του μοντέλου.

Ο κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η βέλτιστη κάλυψη της περιοχής ενδιαφέροντος με κωλύματα σύμφωνα πάντα με τη ζήτηση και βελτιστοποιώντας το αρχικό επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.



## **Abstract**

Nowadays, as in the past, the need to stop the flow of vehicles has arisen many times for different reasons (Covid 19, Epidemics, mass movement of populations, etc.)

Using as a basis the international literature and some regulations, in the present study, the possibilities and characteristics of each type of obstacle are analyzed separately and the factors that influence their use.

The factors influencing the selection of the optimal barrier type selection were then configured and using the Excel Open Solver add-on solution, a model for optimizing the terrain coverage and the satisfaction of the barrier requirement was created.

From the solution of the model results the optimal coverage for the data of the problem and then follows a solution of an example in order to verify the operation of the model.

The main goal of the present work is the optimal coverage of the area of interest with obstacles always according to the demand and optimizing the initial desired result.





## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου φοίτησης.

Η εργασία αποτελεί το επιστέγασμα μιας πολυετούς συνεχούς προσπάθειας η οποία ξεκίνησε πριν από περίπου 10 χρόνια με την ενασχόληση μου με τον κλάδο της κατασκευής στρατιωτικών έργων, όπου και απέκτησα τα πρώτα ερεθίσματα. Συνεχίστηκε με τη φοίτηση μου στη Σχολή Τεχνικής εκπαίδευσης Αξιωματικών του Μηχανικού ΣΤΕΑΜΧ (2012-2015) και ολοκληρώνεται με τη φοίτηση μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ΕΜΠ κατά τα έτη 2017- 2020.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου κ. Κεπαπτσόγλου Κωνσταντίνο, τον οποίο και εκτιμώ βαθύτατα, για την εμπιστοσύνη του και το ενδιαφέρον που έδειξε τόσο κατά την ανάθεση της εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μαθημάτων του προπτυχιακού προγράμματος. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για τη συμπαράσταση και την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Ακόμη ,θα ήθελα εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου που μου έδωσαν γερές βάσεις στα πρώτα στάδια της μαθησιακής μου πορείας, στο Θεό που μου έδωσε την ψυχική δύναμη και υγεία ώστε να ανταποκριθώ στις απαιτήσεις της δύσκολης καθημερινότητας που έχει μια σύγχρονη οικογένεια με μικρά παιδιά, και στη σύζυγό μου Ειρήνη, η οποία από την πρώτη στιγμή με προέτρεψε να συνεχίσω την προσπάθεια μου, για την αμέριστη συμπαράσταση, στήριξη, υπομονή και κατανόηση που επέδειξε όλα αυτά τα χρόνια στη διάρκεια της φοίτησης μου.

Τέλος αφιερώνω αυτή την εργασία στα δύο παιδιά μου Απόστολο και Άγγελο που είναι ότι πιο πολύτιμο έχω στη ζωή μου και μου δίνουν την ενέργεια να συνεχίζω να προσπαθώ.

Εύχομαι η μελέτη αυτή να αποτελέσει το εφαλτήριο μιας περεταίρω μελλοντικής ενασχόλησης με το μείζων και επίκαιρο πλέον θέμα της αναχαίτισης ροών οχημάτων.

Αθήνα, Ιούλιος 2020



## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	7
Πρόλογος.....	9
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	15
1.1 Αντικείμενο- Σκοπός.....	17
1.2 Φάσεις υλοποίησης.....	17
1.3 Οργάνωση τόμου.....	18
Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφία.....	21
2.1 Εργασίες σχετικές με το θέμα.....	23
2.2 Ορισμός.....	24
2.3 Βασικές Αρχές.....	24
2.4 Ταξινόμηση των Εμποδίων.....	24
2.5 Θέση Εμποδίων.....	24
2.6 Ζώνες Εμποδίων.....	25
2.7 Χαρακτηριστικά φυσικών εμποδίων.....	25
2.8 Είδη Φυσικών Εμποδίων.....	25
2.9 Βασικές Απόψεις.....	26
2.10 Αρχές Χρησιμοποίησης.....	27
2.11 Βατότητα Εδάφους.....	27
2.12 Ναρκοπέδια.....	29
2.13 Τάφροι.....	30
2.14 Αποκοπή δρομολογίου.....	31
2.15 Αποκοπή Δρομολογίου με Γέφυρα.....	32
2.16 Αποκοπή σιδηροδρομικών γραμμών.....	33
2.17 Αποκοπή σηράγγων.....	33
2.18 Απενεργοποίηση εγκαταστάσεων.....	34
2.19 Απενεργοποίηση αεροδρομίου.....	34
2.20 Εμπόδια από κορμοξυλεία.....	35
2.21 Συρματοπλέγματα.....	36
Κεφάλαιο 3: Μαθηματικό Μοντέλο.....	39
3.1 Γενικά στοιχεία.....	41
3.2 Σχέδιο Χωροθέτησης Κωλυμάτων Ανάσχεσης Κυκλοφοριακής Ροής.....	42
3.3 Περιγραφή Μαθηματικού Μοντέλου.....	42
3.4 Περιβάλλον Επίλυσης.....	44
3.5 Κατάστρωση Προβλήματος.....	45
3.6 Η υπόθεση (Δεδομένα του προβλήματος).....	51
3.7 Παραμετροποίηση των Κωλυμάτων.....	51
Κεφάλαιο 4: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων.....	55

4.1 Γενικά Στοιχεία – Περιορισμοί.....	57
4.2 Επεξεργασία Μαθηματικού Μοντέλου.....	58
4.3 Αποτελέσματα.....	58
Κεφάλαιο 5: Επαλήθευση Μοντέλου – Έλεγχος Ευαισθησίας.....	61
5.1 Εισαγωγή νέων Δεδομένων.....	63
5.2 Έλεγχος Ευαισθησίας.....	65
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προοπτικές.....	67
6.1 Συμπεράσματα – Προοπτικές.....	69
6.2 Προοπτικές – Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	69
6.3 Επίλογος.....	70
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	71

## *Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή*

---



## 1.1 Αντικείμενο- Σκοπός

Ένα από τα βασικότερα στάδια της διαδικασίας αποτελεί ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των εμποδίων.

Με τη χρήση κατάλληλων πρακτικών που σχετίζονται με την εξέταση εναλλακτικών σεναρίων άλλα και παράγοντες όπως είναι η μορφολογία του εδάφους.

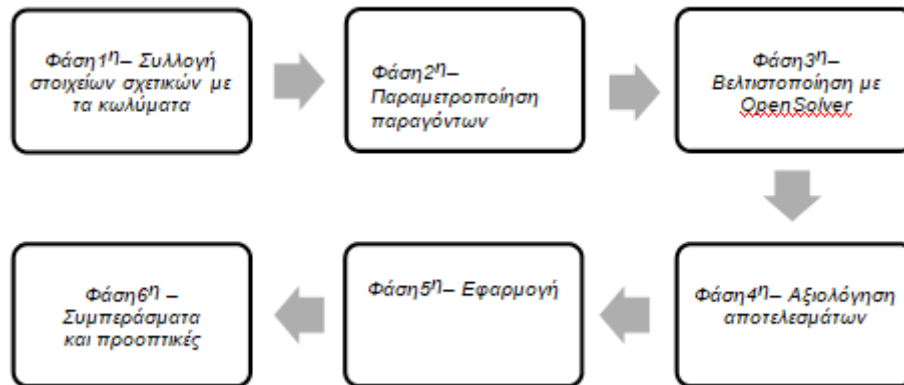
Ιδιαίτερη σημασία για την σχεδίαση – χωροθέτηση των εμποδίων στο πεδίο έχει η φύση και η μορφολογία του εδάφους. Η διάταξη των κωλυμάτων είναι σε θέση να αυξήσει την αποτελεσματικότητα τους και να καθορίσουν το τελικό αποτέλεσμα.

Ο σκοπός λοιπόν αυτής της διπλωματικής εργασίας, είναι η μελέτη της βέλτιστης χωροθέτησης των εμποδίων με τέτοιο τρόπο ώστε αυτά να καταστούν αποτελεσματικά και να καλύψουν την εξεταζόμενη περιοχή παρέχοντας το βέλτιστο τελικό αποτέλεσμα.

## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Η πορεία εκπόνησης της εργασίας ακολούθησε τις φάσεις, που παρουσιάζονται παρακάτω στο σχήμα 1.1.

- **Φάση 1<sup>η</sup>** – Συλλογή στοιχείων σχετικών με τα κωλύματα: Το 1<sup>ο</sup> βήμα περιλαμβάνει τη συλλογή πληροφοριών από στρατιωτικούς κανονισμούς τη διεθνή βιβλιογραφία και το διαδίκτυο.
- **Φάση 2<sup>η</sup>** – Παραμετροποίηση των παραγόντων που επηρεάζουν την χωροθέτηση των κωλυμάτων και εισαγωγή των δεδομένων σε περιβάλλον excel.
- **Φάση 3<sup>η</sup>** – Βελτιστοποίηση με τη χρήση του OpenSolver.
- **Φάση 4<sup>η</sup>** – Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.
- **Φάση 5<sup>η</sup>** – Εφαρμογή σεναρίου τοποθέτησης κωλυμάτων
- **Φάση 6<sup>η</sup>** – Συμπεράσματα και προοπτικές: Στην τελευταία φάση παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παραπάνω διαδικασίας καθώς και ορισμένες μελλοντικές προοπτικές.



Σχήμα 1.1.:Φάσεις υλοποίησης διπλωματικής εργασίας

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Στο πρώτο μέρος περιγράφεται η τακτική χρησιμοποίηση των κωλυμάτων και αναλύονται τα χαρακτηριστικά των διατιθέμενων κωλυμάτων.
- Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, που αποτελεί και τον κύριο κορμό της παρουσιάζεται η βελτιστοποίηση της χωροθέτησης των κωλυμάτων με τη χρήση του Microsoft Excel και του προσθέτου Open Solver.
- Στο τρίτο μέρος γίνεται μια εφαρμογή του μοντέλου για έλεγχο των αποτελεσμάτων.

Πιο συγκεκριμένα :

Στο *πρώτο κεφάλαιο* παρουσιάζονται το αντικείμενο και ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας, και οι φάσεις υλοποίησης της καθώς επίσης και το περιεχόμενο του κάθε κεφαλαίου.

Στο *κεφάλαιο 2* παρουσιάζονται τα σημαντικότερα διαφορετικά τυποποιημένα είδη των κωλυμάτων, τα οποία είναι διαθέσιμα και στη χώρα μας και οι παράμετροι οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η χρήση τους.

Στο *κεφάλαιο 3* Περιγράφεται το μοντέλο και γίνεται η βελτιστοποίηση κάλυψης με τη χρήση του πρόσθετου Open Solver σε περιβάλλον Microsoft Excel.

Στο *κεφάλαιο 4* αξιολογούνται τα αποτελέσματα.



Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται μια εφαρμογή για την επαλήθευση του μοντέλου.

Στο κεφάλαιο 6 παρατίθενται τα συμπεράσματα και αναλύονται οι προοπτικές μελλοντικής ενασχόλησης και εξέλιξης.



## *Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφία*

---



## ΤΜΗΜΑ 1

### ΓΕΝΙΚΑ

## 2.1 Εργασίες σχετικές με το θέμα

Έπειτα από μια αναζήτηση στο διαδίκτυο προς εντοπισμό αντίστοιχων εργασιών με τα εμπόδια (κωλύματα) βρέθηκαν τα κάτωθι σχετικά δημοσιεύματα:

- Engineer devices for obstacle breaching in offensive operations and possible application of engineer robots 2017 (Ota Rolenc University of Defence, Šumavská 4, 602 00, Brno, Czech Republic Michal Kopulety 153 engineer battalion, Libušina 648/111, 779 00, Olomouc, Czech Republic)

Η εργασία ασχολείται με την υποστήριξη μηχανικών κατά την παραβίαση εμποδίων. Περιλαμβάνει επισκόπηση των τρεχόντων συσκευών άρσης κωλυμάτων και τη χρήση τους για υποστήριξη της κίνησης κατά τη διάρκεια της κίνησης. Το αποτέλεσμα της έρευνας με μηχανικούς και μονάδων κίνησης χρησιμοποιήθηκε κατά τη εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Για μελλοντικές επιχειρήσεις, η εφαρμογή της ρομποτικής θεωρείται επίσης ότι ενισχύει την προστασία των δυνάμεών της. Η εργασία αναφέρει γενικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των σημερινών ρομποτικών μηχανών και την πιθανή μελλοντική ανάπτυξή τους.

- An algorithm for path planning with polygon obstacles avoidance based on the virtual circle tangents 2016 (Zahraa Y. Ibrahim --- Abdulmuttalib T. Rashid --- Ali F. Marhoon)

Αναφέρεται σε έναν αλγόριθμο για την καθοδήγηση μηχανημάτων σε περιοχή με εμπόδια. Σε αυτό το άρθρο, ένας νέος αλγόριθμος που ονομάζεται εφαπτόμενες εικονικός κύκλος εισάγεται για πλοήγηση ρομπότ σε ένα περιβάλλον με εμπόδια. Ο αλγόριθμος βασίζεται στην αναπαράσταση των εμποδίων σχήματος από εικονικούς κύκλους και, στη συνέχεια, όλες οι πιθανές τροχιές από πηγή σε στόχο κατασκευάζονται με υπολογισμό των ορατών εφαπτομένων μεταξύ του ρομπότ και των εμποδίων εικονικού κύκλου. Αποτελεί μια νέα μέθοδο για την αναζήτηση της συντομότερης διαδρομής από πηγή σε στόχο. Προτείνονται δύο καταστάσεις προσομοίωσης, η πρώτη είναι η κατάσταση εκτός γραμμής και η άλλη είναι η κατάσταση γραμμής.

- Determining forces required to override obstacles for ground vehicles (George L.Mason, Burhman Q. Gates, Victoria D. Moore 2012)

Η χρήση μη επανδρωμένων οχημάτων εδάφους επεκτείνεται σε πολλές εφαρμογές πεδίου που συχνά περιλαμβάνουν περίπλοκα περιβάλλοντα. Μέρος της εστίασης της έρευνας είναι η βελτίωση ή επικύρωση υπαρχόντων αλγορίθμων δρομολόγησης που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της κινητικότητας των οχημάτων. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης βασίζονται στον χρόνο που απαιτείται για την κίνηση του οχήματος μέσω μιας σειράς εμποδίων όπως δέντρα ή φράχτες, απαιτώντας έτσι αξιολόγηση της

ικανότητας να παρακάμψουν τέτοια εμπόδια σε σύγκριση με την εύρεση εναλλακτικής διαδρομής ελιγμών.

## **2.2 Ορισμός**

Κώλυμα είναι οποιοδήποτε ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του εδάφους, κατάσταση του υπεδάφους, κλιματολογικές συνθήκες ή τεχνητό αντικείμενο, που χρησιμοποιείται για να διακόψει, να επιβραδύνει ή να εκτρέψει τη ροή πεζών και οχημάτων.

## **2.3 Βασικές Αρχές**

Σκοπός οποιασδήποτε φύσης κωλύματος είναι να συμβάλει στην αναχαίτιση της ροής οχημάτων με:

- Καθυστέρηση
- Εξάρθρωση
- Περιορισμό της ικανότητας ελιγμών του
- Εξαναγκασμό κίνησης

Τα κωλύματα γενικά πρέπει να:

- Επιβάλλουν τη μέγιστη δυνατή καθυστέρηση.
- Παρουσιάζουν την ανώτατη δυνατή αντίσταση στις προσπάθειες άρσης τους.

## **2.4 Ταξινόμηση των Εμποδίων**

Από άποψη κατασκευής διακρίνονται σε:

- *Φυσικά Εμπόδια*

Είναι τα από τη φύση τους υπάρχοντα κωλύματα όπως πλαγιές, χείμαρροι, νερό κλπ τα οποία όπως είναι ή μετά από διευθέτηση μπορούν να αποτελέσουν κώλυμα οχημάτων ή πεζών ανάλογα με το είδος τους.

- *Τεχνητά Εμπόδια*

Όπου είναι αναγκαία και δεν υπάρχουν φυσικά κωλύματα ή όπου τα υπάρχοντα δεν κρίνονται ικανοποιητικά για την εξυπηρέτηση ενός τακτικού σκοπού, κατασκευάζονται με τη βοήθεια τεχνικών μέσων, τεχνητά κωλύματα όπως τάφροι, ναρκοπέδια παντός τύπου, συρματοπλέγματα κλπ.

## **2.5 Θέση Εμποδίων**

Διάκενα ή διάδρομοι πρέπει να προβλέπονται σε όλες τις ζώνες κωλυμάτων για να επιτρέπουν τη δίοδο των οχημάτων ελέγχου ορθής λειτουργίας και συντήρησης. Οι διάδρομοι διατάσσονται κατά τεθλασμένη γραμμή (ζιγκ - ζαγκ) μέσα στη ζώνη κωλυμάτων.

## **2.6 Ζώνες Εμποδίων**

Υπάρχουν δυο ζώνες εμποδίων, δηλαδή:

- *Κύρια ζώνη εμποδίων*

Είναι μια συνεχής ζώνη κωλυμάτων που εκτείνεται σε όλο το μήκος του μετώπου.

- *Επιβοηθητική εμποδίων*

Είναι μια ζώνη που εκλέγεται για να συμπληρώσει την κύρια ζώνη κωλυμάτων, να δώσει βάθος εμπρός.

## **ΤΜΗΜΑ 2** **ΦΥΣΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ**

## **2.7 Χαρακτηριστικά φυσικών εμποδίων**

Το επιθυμητό χαρακτηριστικά των φυσικών εμποδίων είναι η ευκολία μετατροπής αυτών σε ένα περισσότερο αποτελεσματικό κώλυμα με την ελάχιστη προσπάθεια, υλικά και χρόνο.

## **2.8 Είδη Φυσικών Εμποδίων**

Τα πιο αποτελεσματικά φυσικά εμπόδια είναι οι απότομες πλαγιές, τα ελώδη εδάφη, οι ορυζώνες, τα μεγάλου πλάτους και βάθους υδάτινα κωλύματα. Συνήθως είναι δυνατό να εξοικονομηθούν χρόνος, εργασία και υλικά με τη βελτίωση υπαρχόντων φυσικών κωλυμάτων παρά με την κατασκευή τεχνητών, προς εξυπηρέτηση του ίδιου σκοπού. Παρακάτω περιγράφονται μερικά από τα φυσικά κωλύματα.

- *Απότομες πλαγιές*

Αποτελούν σοβαρό κώλυμα για τα τροχοφόρα οχήματα ανάλογα με το βαθμό κλίσης και την κατάσταση του εδάφους, όπως π.χ. η ύπαρξη δένδρων, βράχων και μεγάλων πετρών. Η κίνηση των πεζοπόρων τμημάτων επιβραδύνεται λόγω κόπωσης εξ αιτίας των απότομων κλίσεων.

- *Αποτιμήσεις*

Μια απότομη επιφάνεια ύψους πάνω από 1,50μ. αποτελεί σοβαρό φυσικό κώλυμα τόσο για τα οχήματα όσο και για τους πεζούς.

- *Χαραδρώσεις, Χείμαρροι και Τάφροι*

Αυτά συνήθως αποτελούν κώλυμα για τα τροχοφόρα οχήματα. Αν όμως το πλάτος αυτών υπερβαίνει τα 5 μέτρα, το βάθος είναι περίπου 2 μέτρα και οι όχθες σχεδόν κάθετες, τότε ασφαλώς αποτελούν κώλυμα.

- *Ποταμοί και Διώρυγες*

Η αξία αυτών ως κώλυμα έγκειται στο γεγονός ότι για τη διάβαση τους απαιτούνται ειδικά τεχνητά μέσα και γνώσεις. Το πλάτος, το βάθος, η ταχύτητα ροής των νερών και οι συνθήκες όχθων και πυθμένα, θα καθορίσουν την ευκολία διάβασης δια μέσου πόρων ή με χρήση πλωτού υλικού. Για τους διαβατούς ποταμούς και διώρυγες η αξία τους ως κώλυμα, θα εξαρτηθεί από τη σταθερότητα των όχθων και του πυθμένα.

- *Λίμνες*

Οι λίμνες κατά κανόνα είναι αδιάβατες και αγεφύρωτες ενώ μπορούν να παρακαμφθούν μόνο στα ψυχρά κλίματα όπου λόγω του ψύχους παγώνει η επιφάνεια αυτών, επιτρέποντας έτσι τη διέλευση οχημάτων και πεζών.

- *Βαλτώδη και Ελώδη Εδάφη*

Η μέγιστη αξία των εδαφών αυτών ως εμπόδιο έγκειται στο ότι η κίνηση των πάσης φύσεως οχημάτων γίνεται επάνω στις υπάρχουσες οδούς και επιχώσεις. Η προσπάθεια διάβασης των βάλτων και ελών που καταβάλλεται από τα πεζοπόρο τμήματα, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη χρησιμότητα αυτού του εδάφους ως κωλύματος. Όλες οι οδοί και επιχώσεις πρέπει να υπονομεύονται ή να ναρκοθετούνται ή να φράσσονται με την αποκοπή δένδρων.

- *Δάση*

Η αξία ενός δάσους ως κωλύματος εξαρτάται από το μέγεθος και την πυκνότητα των δένδρων, την κατάσταση του εδάφους, την κλίση και το βάθος του δάσους. Δάση χωρίς πυκνή βλάστηση μερικές φορές δεν αποτελούν σοβαρό κώλυμα για τα πεζοπόρο τμήματα πλην όμως η κίνηση τους θα καταστεί δυσχερέστερη επάνω σε απότομες πλαγιές, δυσμενείς συνθήκες τους εδάφους και κομμένα δένδρα και κλαδιά. Η αξία ενός δάσους ως κωλύματος μπορεί να αυξηθεί με:

- Την κατασκευή οδοφραγμάτων από κομμένα δένδρα ή κρατήρων.
- Τη ναρκοθέτηση των οδών, ατραπών και ζωνών πυρασφάλειας του δάσους
- Την κατασκευή κινητών εμποδίων από κορμοξυλεία

## ΤΜΗΜΑ 3

### ΤΕΧΝΗΤΑ ΕΜΠΟΔΙΑ

## 2.9 Βασικές Απόψεις

Τεχνητό εμπόδιο είναι οποιαδήποτε κατασκευή που μπορεί να εμποδίσει γενικά την κίνηση. Στα κωλύματα αυτά περιλαμβάνονται τα ναρκοπέδια, οι τάφροι, οι μολυσμένες με χημικές ουσίες περιοχές, εχίνιοι, κρατήρες οδών, κατεστραμμένες γέφυρες και συρματοπλέγματα.



Τα τεχνητά κωλύματα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα φυσικά και σε συστήματα δυο ή περισσότερων τύπων. Όσες φορές τα τεχνητά κωλύματα - προορίζονται ως εμπόδια, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μια ποικιλία από αυτά, όπου αυτό είναι πρακτικό, για να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα .

## 2.10 Αρχές Χρησιμοποίησης

- *Συντονισμός με όλο το Σχέδιο*

Τα κωλύματα πρέπει να συντονίζονται με το επιθυμητό αποτέλεσμα και να συμβάλλουν στην επιτυχία αυτού.

- Παρατήρηση

Τα εμπόδια πρέπει να βρίσκονται υπό τη συνεχή παρατήρηση της ομάδας σχεδιασμού.

- Χρησιμοποίηση σε συνδυασμό με φυσικά ή άλλα τεχνητά κωλύματα.

Τα τεχνητά κωλύματα θα πρέπει να τοποθετούνται με τρόπο ώστε να γίνεται πλήρης εκμετάλλευση των υπάρχοντων φυσικών ή άλλων τεχνητών εμποδίων

- Χρησιμοποίηση σε Βάθος.

Τα κωλύματα πρέπει να τοποθετούνται σε βάθος με την κατασκευή διαδοχικών γραμμών, η μια πίσω από την άλλη.

- Διάδρομοι και Διάκενα

Θα πρέπει να αφήνονται διάδρομοι και διάκενα δια μέσου αυτών για να κινούνται τα συνεργεία ελέγχου.

## ΤΜΗΜΑ 5 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΒΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.

### 2.11 Βατότητα Εδάφους

Η βατότητα ενός εδάφους χαρακτηρίζει τη δυνατότητα ενός τροχοφόρου οχήματος να διέλθει από αυτό. Η διέλευση του οχήματος μπορεί να εμποδιστεί είτε εξ αιτίας παραμορφώσεων ή καθιζήσεων του εδάφους (π.χ τα οχήματα "κολλούν") είτε εξ αιτίας της ύπαρξης κωλυμάτων κατά την κατεύθυνση της κίνησης (π.χ. βράχια, εξέχοντα ριζώματα κομμένων δένδρων κλπ).

Η βατότητα του εδάφους κλιμακώνεται όπως παρακάτω:

- Βατότητα εδάφους απεριόριστη. (++) . Όλοι οι ελιγμοί οδήγησης είναι δυνατό να γίνουν πάνω από 50 φορές στο δρόμο ή πάνω από το ίδιο σημείο.

- Βατότητα εδάφους περιορισμένη (+). Κίνηση μπορεί να γίνει σε ευθεία γραμμή ή σε φαρδιές στροφές μέχρι 30 φορές στο ίδιο τμήμα. Ελισσόμενα οχήματα συχνά στο ίδιο σημείο "κολλούν".

- Μη βατά εδάφη. (-) Μεμονωμένα οχήματα γενικά "κολλούν".

Σε ό,τι αφορά τη βατότητα του εδάφους σε σχέση με τα προεξέχοντα κωλύματα (π.χ. βράχια, εξέχοντα ριζώματα κομμένων δένδρων κλπ), τα τελευταία πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Ύψος: Τουλάχιστον 0,5μ.
- Απόσταση: Όχι περισσότερο από 2,5 μ.
- Βάθος: Κατά την κατεύθυνση κίνησης 20μ.

Τύποι εδάφους		Είδος οχήματος	Κατάσταση βατότητας		
			Ξηρή	Υγρή	Πολύ Υγρή
Συμπαγή πετρώματα		Ερπυστριοφόρο	++	++	++
		Τροχοφόρο	++	++	++
Μη συμπαγή πετρώματα (χαλίκια και άμμος).	Συμπαγής μάζα συνοχής	Ερπυστριοφόρο	++	++	++
		Τροχοφόρο	++	++	++
	Χαλαρή μάζα συνοχής.	Ερπυστριοφόρο	+	+	++
		Τροχοφόρο.	-	+	-
Οργανικά Εδάφη (Τύρφη και Φυτικά εδάφη)	Πάχος στρώματος οργανικού εδάφους 0,45 M, πάνω από άμμο και χαλίκι	Ερπυστριοφόρο	+	+	+
		Τροχοφόρο	+	+	-
	Πάχος στρώματος οργανικού εδάφους 0,45M, πάνω από συμπαγές έδαφος	Ερπυστριοφόρο	+	+	-
		Τροχοφόρο	+	-	-
	Πάνω από 0,45M αλλά λιγότερο από 1,0M	Ερπυστριοφόρο	+	+	-
		Τροχοφόρο	-	-	-
	Στρώμα πάνω από 1 M βάθος	Ερπυστριοφόρο	-	-	-
		Τροχοφόρο	-	-	-

Πίνακας 2.1: Βατότητα σε συνάρτηση με το όχημα και το έδαφος (μη συνεκτικά)

Είδος οχήματος	Σκληρά Εδάφη	Εδάφη Ημίσκληρα	Εδάφη Δύσκαμπτα	Εδάφη Μαλακά	Πορώδη
Ερπυστριοφόρα	++	++	++	+	-
Τροχοφόρο	++	++	+	-	-

Πίνακας 2.2: Βατότητα σε συνάρτηση με το όχημα και το έδαφος (συνεκτικά)

## ΤΜΗΜΑ 6

## ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ

### 2.12 Ναρκοπέδια

Τα Ναρκοπέδια στρώνονται με τη μέθοδο των Ναρκολωρίδων. Για την Ελλάδα όπου δεν υπάρχουν μηχανικοί διαστρωτήρες (πλήν του ΧΜ 57) εξετάζουμε την περίπτωση διάστρωσης από προσωπικό. Πρόκειται για ένα σχετικά απλό σύστημα σε μορφή τρέιλερ, το οποίο ρυμουλκείται από φορτηγό όχημα επί της καρότσας του οποίου βρίσκεται προσωπικό που τοποθετεί αντιαρματικές νάρκες στον διαστρωτήρα μέσω του οποίου αυτές φτάνουν στο έδαφος και θάβονται με τη βοήθεια του αντίστοιχου μηχανισμού. Θεωρητικά, εάν υπηρετείται από εκπαιδευμένο προσωπικό, ένας διαστρωτήρας ΧΜ-57 μπορεί να στρώσει 300-600 νάρκες σε διάστημα μιας ώρας. Τέτοιας κατηγορίας μέσα ίσως είναι επαρκή για τη στρώση/συντήρηση μόνιμων ή ημιμόνιμων ναρκοπεδίων εν καιρώ ειρήνης. Δεν έχουν όμως να προσφέρουν κάτι σε περίπτωση που για επιχειρησιακούς λόγους απαιτείται η ταχεία δημιουργία ενός ναρκοπεδίου.

Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί χρονικά η διαδικασία της στρώσης Ναρκοπεδίου παρατίθενται στη συνέχεια ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη:

Κάθε άνδρας τοποθετεί 4 Α/Τ νάρκες ανά ώρα (Πίν. Σελ 82 ΕΕ 10-80). Για πυκνότητα Α/Τ 1 και για μέτωπο 100μ απαιτούνται 18 ανθρωποώρες.

Επιπλέον για στρώση τακτικού Ναρκοπεδίου με Μέτωπο 100m απαιτούνται 164 Α/Τ νάρκες Μ15. Η πυκνότητα που αντιστοιχεί σε αυτό τον αριθμό είναι 1 Α/Τ Νάρκη ανά μέτρο μετώπου και αντίστοιχα για 312 Α/Τ νάρκες 2 Α/Τ νάρκες ανά μέτρο μετώπου.

Ακόμη 38 άνδρες προκειμένου να στρώσουν 1000 νάρκες χρειάζεται 4ώρες την ημέρα, 6 ώρες το σεληνόφως, και 8 ώρες τη νύχτα.

Προκειμένου να διευκολυνθεί η μελέτη μας στη συνέχεια θα επιλέξουμε ένα τυπικό μήκος μετώπου 250m.

Σύμφωνα με τον ίδιο κανονισμό η σχέση υπολογισμού του χρόνου στρώσης τακτικού ΝΠ από Διμοιρία ΜΧ την ημέρα με τις προϋποθέσεις ότι τα απαιτούμενα υλικά δε βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 200μ και ότι στον εξαγόμενο χρόνο περιλαμβάνονται οι χρόνοι χάραξης και σήμανσης του Ν/Π προκύπτει ότι:

$$X = \frac{1,15}{288} * M * \zeta$$

Όπου X: Ο συνολικός χρόνος εργασίας σε ώρες

M: Το μέτωπο του Ναρκοπεδίου σε μέτρα

Π: Η πυκνότητα του Ν/Π σε Α/Τ Νάρκες

π: Το % ποσοστό των παγιδευμένων Α/Τ ναρκών

Π': Η πυκνότητα σε ΚΠ νάρκες

π': Το % ποσοστό των ΚΠ ναρκών που λειτουργούν με σύρματα παγιδεύσεως

Από τα παραπάνω για μέτωπο 250m, πυκνότητα 2 Α/Τ νάρκες/ μέτρο μετώπου, 0% παγιδευμένες Α/Τ νάρκες και καθόλου χρήση ΚΠ ναρκών προκύπτουν 4 ώρες για τη στρώση Α/Τ Τακτικού Ναρκοπεδίου. Ο αριθμός των Α/Τ ναρκών σε ένα τέτοιο ΝΠ ανέρχεται στις περίπου 500 νάρκες. Οι νάρκες δύναται να είναι Μ15 ή Μ6Α2.

Στην περίπτωση στρώσης με τον μηχανικό διαστρωτήρα ΧΜ57 ο απαιτούμενος χρόνος μειώνεται περίπου στο μισό. Σημειώνεται ότι είναι δυνατή και η χρήση εικονικών ναρκοπεδίων για τον ίδιο σκοπό (μόνο περίφραξη δίχως νάρκες). Τα κωλύματα όλα δύναται να εξαρτώνται από υφιστάμενα φυσικά κωλύματα (πχ. Μορφολογία εδάφους, ποταμοί, υψώματα, δασικές εκτάσεις, πυκνή βλάστηση)

Οι βασικότερη παράμετρος υλοποίησης των **Ναρκοπεδίων** είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου υλοποίησης τους με το προβλεπόμενο προσωπικό. Ο χρόνος αυτός αναλύεται σε χρόνο φόρτωσης και μεταφοράς των υλικών από το χώρο αποθήκευσης στους χώρους εγκατάστασης και στο χρόνο υλοποίησης του.

Οι παράγοντες (συντελεστές) που επηρεάζουν το χρόνο μεταφοράς είναι:

- Καιρικές συνθήκες
- Χιλιομετρικές Αποστάσεις υλικών- Θέση Κωλύματος
- Είδος και χωρητικότητα μέσου που θα χρησιμοποιηθεί
- Χωρητικότητα Αποθήκης
- Επιθυμητό μέγεθος ναρκοπεδίου

Στη μοντελοποίηση των ναρκοπεδίων όπως και στα λοιπά κωλύματα λαμβάνονται υπ' όψιν τα κάτωθι:

- Κατηγορία Θέσης
- Κατηγορία Εδάφους
- Το επιθυμητό επιδιωκόμενο αποτέλεσμα
- Ο διατιθέμενος χρόνος και
- Ο απαιτούμενος χρόνος

## **2.13 Τάφροι**

Οι τάφροι αναχαίτισης ροής οχημάτων φέρουν τις τυποποιημένες διαστάσεις και το σχήμα που φαίνεται στην Εικόνα 1 και αναλύονται ως ακολούθως:

- Τριγωνική Τάφρος.

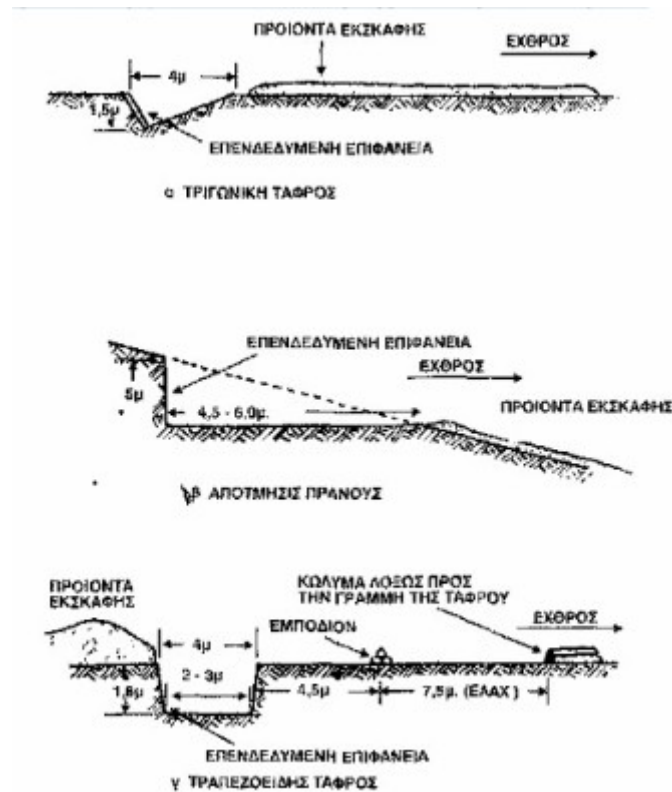
Η τάφρος αυτή είναι εύκολη στην κατασκευή όμως κάποιο όχημα το οποίο αναγκάστηκε να διακόψει την κίνηση του μπροστά από αυτή μπορεί να κινηθεί προς τα πίσω και να ακολουθήσει άλλο δρομολόγιο.

- Απότμηση Πρανούς

Οι αποτμήσεις είναι διαφορετικού σχήματος των τριγωνικών τάφρων, κατασκευάζονται σε πρανή με προσιτές κλίσεις και έχουν κάποια πλεονεκτήματα καθώς και περιορισμούς.

- Τραπεζοειδής Τάφρος.

Η κατασκευή της τάφρου αυτής απαιτεί διπλάσιο χρόνο από αυτόν της τριγωνικής όμως αποτελεί πολύ αποτελεσματικό εμπόδιο.



Εικόνα 2.1: Αντιοχηματικές Τάφροι

Η διαδικασία κατασκευής περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες:

- Εκσκαφή

Οι τάφροι εκσκάπτονται με σκαπτικά μηχανήματα, με εργαλεία χεριού, ή με εκρηκτικές ύλες. Οι τριγωνικές τάφροι και οι αποτμήσεις κατασκευάζονται γρήγορα με συνδυασμό εκρηκτικών, ισοπεδωτών και προωθητών. Ο απαιτούμενος πραγματικός χρόνος κατασκευής, ποικίλλει ευρέως ανάλογα με το έδαφος προς εκσκαφή. Για την εκσκαφή των τάφρων χρησιμοποιείται εφόσον βέβαια διατίθεται και μπορεί να εργασθεί, ο συνήθης τύπος εκσκαφέα.

- Επένδυση

Το τοίχωμα της τριγωνικής τάφρου και αποτμήσης ή και των δύο τοιχωμάτων εφόσον πρόκειται για τραπεζοειδή τάφρο, πρέπει να επενδύονται το δυνατόν ταχύτερο μετά το πέρας της εκσκαφής. Τα πιο κατάλληλα υλικά για το είδος της επένδυσης αυτής είναι η κορμοξυλεία ή κλαδιά θάμνων λόγω της ανθεκτικότητας αυτών.

## 2.14 Αποκοπή δρομολογίου

Η καταστροφή οδού με κρατήρες χρησιμοποιείται για την απαγόρευση κίνησης επί της οδού σε σημεία όπου η φύση του εδάφους απαγορεύει την παράκαμψη του κωλύματος ή όπου το έδαφος επιτρέπει την παράκαμψη.

Οι κρατήρες δημιουργούνται με την τοποθέτηση εκρηκτικών γεμισμάτων τα οποία πυροδοτούνται αργότερα. Η μέθοδος περιλαμβάνει :

- Τοποθέτηση των γεμισμάτων μέσα σε οχετό κάτω από το δρόμο, απόκρυψη αυτών και σύνδεση με ηλεκτρικό καλώδιο για την πυροδότηση τους από ασφαλή απόσταση
- Σε περίπτωση που δεν υπάρχει οχετός στο επιθυμητό σημείο, τα γεμίσματα τοποθετούνται στον πυθμένα ανοιγμένων οπών επάνω στο δρόμο. Για αυτό χρησιμοποιείται γεωτρύπανο.

## **2.15 Αποκοπή Δρομολογίου με Γέφυρα**

Το είδος της καταστροφής δύναται να διακριθεί σε:

- *Πλήρης Καταστροφή*

Περιλαμβάνει την καταστροφή της γέφυρας σε τέτοιο σημείο ώστε κανένα τμήμα της να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή νέας γέφυρας και επιπλέον να καθίσταται υποχρεωτική η κατασκευή νέας γέφυρας σε νέα θέση.

- *Μερική Καταστροφή*

Σκοπός της καταστροφής των γεφυρών είναι η δημιουργία εμποδίων, τα οποία θα προκαλέσουν καθυστέρηση. Για να πετύχει αυτός ο σκοπός, σπάνια είναι αναγκαία η πλήρης καταστροφή μιας γέφυρας. Τα στοιχεία των σταθερών γεφυρών γενικά διακρίνονται σε:

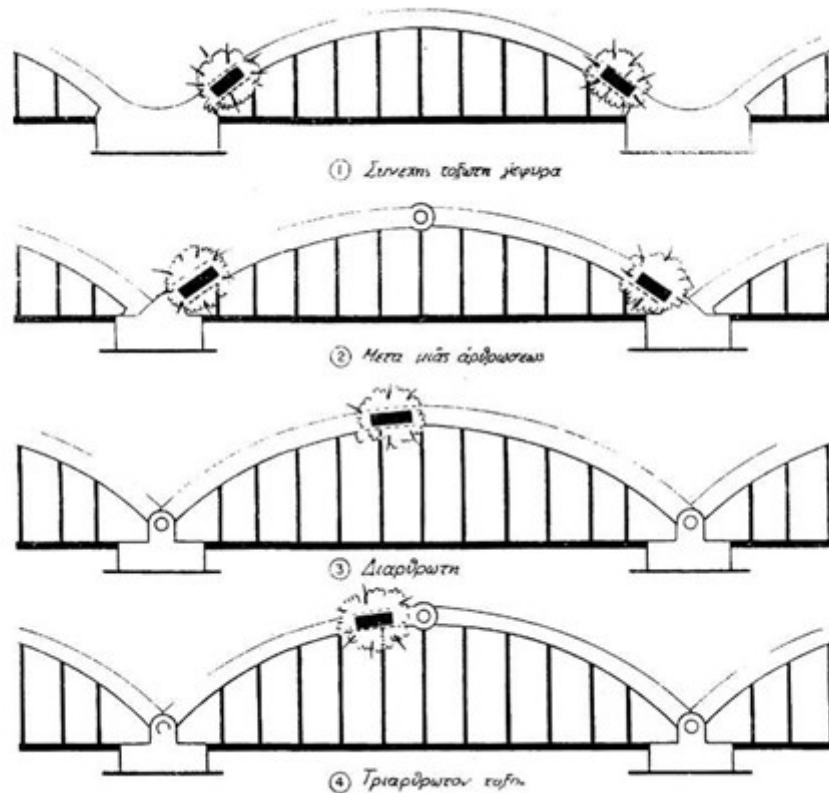
- *Υποδομή*
- *Ανωδομή*

Η υποδομή αποτελείται από ακρόβαθρα, πέδιλα, πτερυγότοιχους και μεσόβαθρα. Αντίστοιχα η ανωδομή περιλαμβάνει το κατάστρωμα.

Τα διαφορετικά είδη γεφυρών σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΕ 10-57 διακρίνονται σε:

- Γέφυρες από δοκούς
- Γέφυρες με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
- Γέφυρες με πλακοδοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα
- Γέφυρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα
- Γέφυρες GERBER από σκυρόδεμα
- Δικτυωτές γέφυρες GERBER
- Τοξωτές γέφυρες
- Κρεμαστές γέφυρες
- Πλωτές γέφυρες
- Γέφυρες Bailey

Για κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις γεφυρών ακολουθείται συγκεκριμένη μεθοδολογία υπολογισμού των γεμισμάτων καταστροφής που περιγράφεται αναλυτικά στον ανωτέρω στρατιωτικό κανονισμό. Ενδεικτικά στην εικόνα 2 φαίνεται η τυπική διάταξη καταστροφής τοξωτών γεφυρών.



Εικόνα 2.2: Τυπική διάταξη Κ/Φ τοξοτών γεφυρών

## 2.16 Αποκοπή σιδηροδρομικών γραμμών

Τα αδύναμα σημεία σε μια σιδηροδρομική γραμμή, που προσφέρονται για μια καταστροφή είναι οι στροφές, τα σημεία με διασταυρώσεις, διακλαδώσεις. Κάθε σημείο από αυτά μπορεί να καταστραφεί με μικρή ποσότητα εκρηκτικής ύλης. Χαρακτηριστικά σημεία φαίνονται στην εικόνα 3 που ακολουθεί:



Εικόνα 2.3: Πιθανές θέσεις καταστροφής σιδ. γραμμής

## 2.17 Αποκοπή σιδηροδρομικών γραμμών

Η πείρα έχει αποδείξει ότι η καταστροφή τους με τον γρήγορο τρόπο και με τις συνηθισμένες εκρηκτικές ύλες δεν είναι αποτελεσματική. Εκτός αν χρησιμοποιηθούν υπερβολικές ποσότητες εκρηκτικών υλών. Εάν μέσα στις σιδηροδρομικές γραμμές υπάρχουν έτοιμοι

θάλαμοι για την τοποθέτηση των γεμισμάτων και εάν υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος, τα υλικά και το προσωπικό, μπορούν να γίνουν σημαντικές καταστροφές, εάν και πάλι χρησιμοποιήσουμε σημαντικό αριθμό εκρηκτικών υλών. Ο βασικός παράγοντας, τον οποίο πρέπει να σκεφτόμαστε στην καταστροφή της σήραγγας, είναι όχι το πάχος της επένδυσης της αλλά ο βαθμός της συνοχής και επαφής με τον βράχο που την περιβάλλει.

- Γρήγορη καταστροφή

Στη γρήγορη καταστροφή καταστρέφουμε τη γραμμή μέσα στη σήραγγα, την επένδυση τη σήραγγας σε διάφορα σημεία ή τις δύο εισόδους.

- Επιμελημένη καταστροφή

Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Με την τοποθέτηση γεμισμάτων σε εστίες που έχουμε ανοίξει στο μέσο περίπου του ύψους της σήραγγας. Δεν μπορούμε να υπολογίσουμε το μεγαλύτερο αποτέλεσμα από την καταστροφή, μόνο ότι θα δημιουργήσουμε εμπόδια με βράχους και χωματοπτώσεις.

## **2.18 Απενεργοποίηση εγκαταστάσεων**

Τα κτίρια καταστρέφονται με εκρηκτικές ύλες ή με άλλα μέσα. Ο τρόπος που θα ακολουθήσουμε και η έκταση της καταστροφής εξαρτώνται από το χρόνο που διαθέτουμε. Τα κτίρια διακρίνονται γενικά σε:

- *Κτίρια με τοιχώματα ή από σκυρόδεμα*

Τα κτίρια με τοιχώματα ή από σκυρόδεμα καταστρέφονται με ρηκτικά γεμίσματα, που τοποθετούμε στο εσωτερικό του κτιρίου, σε επαφή με τους εξωτερικούς τοίχους και στη βάση τους.

- *Κτίρια από ξυλεία ή λεπτούς τοίχους*

Τα κτίρια από ξυλεία καταστρέφονται ή με φωτιά ή με γεμίσματα, μέσα στο κτίριο, στο ισόγειο του, αφού προηγουμένως έχουμε κλείσει όλα τα παράθυρα και πόρτες.

- *Καταστροφή κτιρίων με δομικά στοιχεία από χάλυβα*

Αυτά καταστρέφονται, αφού πρώτα καταστρέψουμε τα τοιχώματα και το σκυρόδεμα με ρηκτικά γεμίσματα, ώστε να αποκαλυφθούν τα μέρη από χάλυβα. Στη συνέχεια καταστρέφουμε τα χαλύβδινα πλαίσια, με γεμίσματα για τομή σε χάλυβα. Άλλος τρόπος είναι να δημιουργήσουμε θερμοκρασία 1000°F (538° C) στο εσωτερικό του κτιρίου για δέκα λεπτά.

- *Καταστροφή κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα*

Αυτά τα κτίρια, στα οποία το βάρος φέρεται από τμήματα από οπλισμένο σκυρόδεμα (δοκοί - υποστυλώματα), τα καταστρέφουμε με ρηκτικά γεμίσματα, που τοποθετούμε μέσα στο ισόγειο των κτιρίων και σε επαφή με τους εξωτερικούς τοίχους, όπως επίσης και σε επαφή με όλα τα άλλα ενδιάμεσα υποστυλώματα του ισόγειου.

## **2.19 Απενεργοποίηση αεροδρομίου**

Τα αεροδρόμια που υπάρχουν στην εξεταζόμενη περιοχή, από τους πρόχειρους διάδρομους προσγείωσης και απογείωσης για ελαφρά αεροσκάφη μέχρι και τα πιο πλήρως εξοπλισμένα αεροδρόμια, θα πρέπει, σε περίπτωση εγκατάλειψης



τους ή εάν υπάρχει ο κίνδυνος να γίνει εχθρική κατάληψη με αιφνιδιασμό, να καταστρέφονται χωρίς καμιά καθυστέρηση.

Η καταστροφή τους εξαρτάται από την αχρήστευση των κύριων και ζωτικών εγκαταστάσεων και σε τέτοια έκταση, ώστε να πετύχουμε την απαγόρευση χρησιμοποίησής τους από τον εχθρό, σε χρόνο ανάλογο με την εξέλιξη της τακτικής κατάστασης.

Τα μέσα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την απενεργοποίηση των αεροδρομίων ξεκινάνε από τα χωματοουργικά μηχανήματα και φτάνουν μέχρι και τη χρήση εκρηκτικών.

Τα αεροδρόμια γενικά διακρίνονται σε:

- Πρόχειρα αεροδρόμια με μαλακές επιφάνειες, τα οποία μερικές φορές έχουν περιορισμένο μήκος και πλάτος.
- Ημιμόνιμα αεροδρόμια με χωμάτινες επιφάνειες ή με ελαφριά επίστρωση ασφάλτου, στα οποία υπάρχουν μόνο οι βασικές εγκαταστάσεις για τη λειτουργία τους.
- Μόνιμα αεροδρόμια με διαδρόμους προσγειώσης, απογείωσης, τροχοδρόμησης και χώρους αναμονής από εύκαμπτα οδοστρώματα (υποδομή και ασφαλικός τάπητας).

Κατηγορίες καταστροφών		
α/α	Κατηγορία	Συμβολισμός
1	Καταστροφή Οδού	O13
2	Καταστροφή Γέφυρας	O14
3	Καταστροφές κτηρίων και εγκαταστάσεων	O15
4	Καταστροφή αεροδρομίου	O16
5	Καταστροφή σιδηροδρομικών γραμμών	O17
6	Καταστροφή σηράγγων	O18

Πίνακας 2.1: Συμβολισμός μαθηματικού μοντέλου καταστροφών (Ανάλυση στο Κεφ. 3)

## 2.20 Εμπόδια από κορμοξυλεία

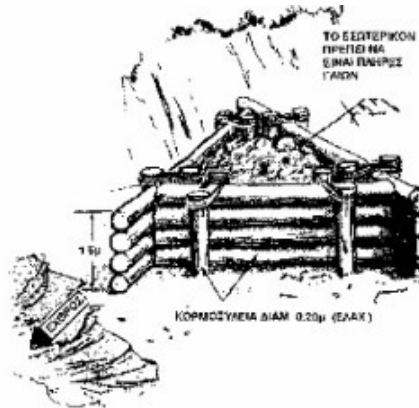
Εάν το έδαφος δεν είναι συνεκτικό τότε πρακτικά κάθε βλάστηση θα εμποδίζει την κίνηση.

### **Φορητά Εμπόδια**

Για την ενίσχυση των κρατήρων ή άλλου τύπου οδοφραγμάτων κατασκευάζονται φορητά εμπόδια από κορμοξυλεία διαμέτρου 0,25 έως 0,45μ. Τα εμπόδια αυτά εξαναγκάζουν τα οχήματα να ελαττώσουν την ταχύτητα τους καθώς πλησιάζουν προς αυτά.

## Φωλιές

Ορθογωνικές ή τριγωνικές φωλιές από κορμοξυλεία χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά σαν οδοφράγματα, όπου βέβαια η ξυλεία είναι διαθέσιμη και όπου τέτοια κωλύματα δεν μπορούν να υπερκερασθούν εύκολα. Οι φωλιές καθίστανται περισσότερο ισχυρές με το γέμισμα αυτών με προϊόντα εκσκαφής μπροστά από αυτές. Φορητά εμπόδια από κορμοξυλεία τοποθετημένα μπροστά από τις φωλιές θα εξαναγκάσουν τα οχήματα να ελαττώσουν την ταχύτητα τους, ενισχύοντας έτσι την αποτελεσματικότητα των οδοφραγμάτων.



Εικόνα 4: Τριγωνική Φωλιά

Ο συμβολισμός των κωλυμάτων από κορμοξυλεία φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί:

Κατηγορίες κωλυμάτων από κορμοξυλεία		
α/α	Κατηγορία	Συμβολισμός
1	Φορητά εμπόδια	Ο19
2	Φωλιές	Ο20

Πίνακας 2.2: Συμβολισμός μαθηματικού μοντέλου κωλυμάτων από κορμοξυλεία (Ανάλυση στο Κεφ. 3)

## 2.21 Συρματοπλέγματα

Τα συρματοπλέγματα από ακιδωτό σύρμα ανήκουν στην κατηγορία των τεχνητών κωλυμάτων σκοπός των οποίων είναι να εμποδίσουν την κίνηση πεζών και σε κάποιες περιπτώσεις να ανασχαιώσουν την ροή οχημάτων.

Τα συρματοπλέγματα ταξινομούνται ανάλογα με το βάθος

- Σειρά
- Λωρίδα
- Ζώνη

Τα είδη του συρματοπλέγματος που χρησιμοποιούνται είναι:

- Ακιδωτό σύρμα
- Πτυσσόμενο συρματοπλέγμα (κονσερτίνα)

Περισσότερες λεπτομέρειες περί του τρόπου χρήσης των συρματοπλεγμάτων περιλαμβάνονται στο στρατιωτικό εγχειρίδιο ΕΕ 10-30.



## *Κεφάλαιο 3: Μαθηματικό Μοντέλο*

---



### 3.1 Γενικά στοιχεία

Τα προβλήματα χωροθέτησης λόγω της πολυπλοκότητάς τους παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες σε ότι αφορά στην εύρεση της βέλτιστης λύσης, ενώ η δυσκολία αυτή αυξάνεται όσο αυξάνεται και το μέγεθος του εκάστοτε προβλήματος.

Το πρώτο βήμα επίλυσης των συγκεκριμένων προβλημάτων είναι η διατύπωση του κατάλληλου μαθηματικού προτύπου που θα αντιστοιχεί στην υπό εξέταση περίπτωση. Η συνήθης μορφή των μαθηματικών αυτών προτύπων είναι ακέραίου προγραμματισμού. Ωστόσο η διατύπωση του προτύπου αποτελεί μόνο την αρχή της διαδικασίας επίλυσης των προβλημάτων χωροθέτησης, αφού στη συνέχεια ακολουθεί η εύρεση της βέλτιστης λύσης. Αυτό αποτελεί την πραγματική πρόκληση των συγκεκριμένων προβλημάτων. Η προσέγγιση των προβλημάτων αυτών γίνεται με χρήση προσεγγιστικών μεθόδων, όπως οι κατασκευαστικές, οι βελτιωτικές, αλλά και οι εξελικτικές μέθοδοι.

Συμπερασματικά τα πρότυπα προβλήματα χωροθέτησης ανεξάρτητα από τις δυσκολίες που παρουσιάζουν σχετικά με την επίλυσή τους προκαλούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της πρακτικής τους σημασίας. Επομένως οι αποφάσεις σχετικά με τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων αποτελεί μέρος στρατηγικού σχεδιασμού ενώ τα οικονομικά οφέλη, τα οποία έπονται της αποτελεσματικής χωροθέτησης, είναι πολλά.

Η Διαδικασία Επίλυσεως αυτού του τύπου των προβλημάτων, είναι μια τυποποιημένη και συστηματική προσέγγιση για τον καθορισμό και την ανάλυση ενός προβλήματος, την ανάπτυξη πιθανών λύσεων, την επιλογή της καλύτερης λύσεως και την εφαρμογή ενός σχεδίου ενεργείας που επιλύει το πρόβλημα.

Η Επίλυση προβλημάτων χωροθέτησης εμπεριέχει υποκειμενική ανάλυση μεταβλητών, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις είναι μη μετρήσιμες. Τα προβλήματα, από πλευράς επίλυσεως, είναι δυνατό να ταξινομηθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες: **εύκολα** (με γνωστές παραμέτρους), **μέτρια** (με παραμέτρους εν μέρει γνωστές) και **δύσκολα** (με άγνωστες παραμέτρους). Η κατανόηση της δομής ενός προβλήματος, βοηθά στον καθορισμό του χρόνου και των μέσων που απαιτούνται για την ανάπτυξη προτεινομένης λύσεως.



**Πίνακας 3.1: Πρότυπο επίλυσης Προβλημάτων Χωροθέτησης**

## 3.2 Σχέδιο Χωροθέτησης Κωλυμάτων Ανάσχεσης Κυκλοφοριακής Ροής

Τα σχέδια κωλυμάτων όπως προαναφέρθηκε αποτελεί το ζητούμενο αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Στο σχέδιο κωλυμάτων αρχικά επισημαίνονται τα διάφορα εδάφη αναλόγως της βατότητας τους (ορεινό ημιορεινό, βραχώδες, αμμώδες κτλ.), καθώς και οι εδαφικές προσβάσεις. Στη συνέχεια χωροθετούνται τα διάφορα κωλύματα επάνω στο χάρτη της περιοχής με βάση ορισμένα κριτήρια. Κατά τη διαδικασία αυτή προκύπτουν προβλήματα εφαρμογής. Τα προβλήματα αυτά σχετίζονται με:

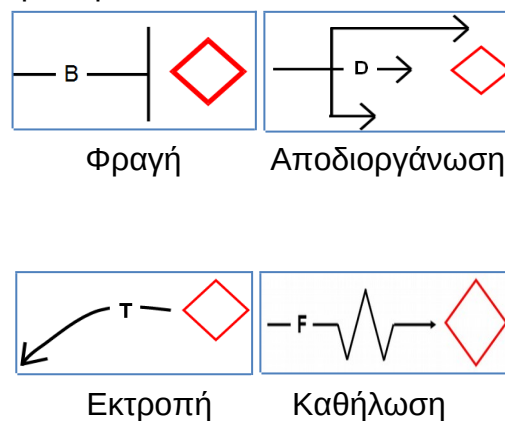
- Την βέλτιστη επιλογή τύπου κωλύματος
- Την επιλογή της κατάλληλης θέσης για την υλοποίηση του

Οι παράγοντες που συντελούν στην επίλυση του προβλήματος σχετίζονται με:

- Τη γεωμορφολογία
- Τα τακτικά σχέδια
- Τις δυνατότητες υλοποίησης (υλικά και προσωπικό)
- Τον διαθέσιμο χρόνο
- Τον απαιτούμενο χρόνο
- Το επιθυμητό αποτέλεσμα

Ο όρος επιθυμητό αποτέλεσμα αναφέρεται σε αυτό που θέλουμε να επιτύχουμε το οποίο αναλύεται στις κάτωθι επιλογές:

- Αναχαίτιση/Φραγή
- Εκτροπή/Διοχέτευση
- Καθήλωση/ Αγκίστρωση
- Αποδιοργάνωση/Εξάρθρωση



Σχήμα 3.1: Απεικόνιση Επιδιωκόμενων Αποτελεσμάτων

## 3.3 Περιγραφή Μαθηματικού Μοντέλου

Η γενική ιδέα για το πρόβλημα έγκειται στην βελτιστοποίηση της κάλυψης και της αποτελεσματικότητας χρήσης κωλυμάτων. Αρχικά και με σκοπό να περιοριστούν οι



μεταβλητές του προβλήματος έγινε επιλογή συγκεκριμένων ειδών κωλυμάτων με την κωδικοποίηση Ο1 – Ο31 όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΩΛΥΜΑΤΩΝ		
Κατηγορίες Ναρκαπεδίων		
α/α	Κατηγορία	Συμβολισμός
1	N/Π βαθους 60m μετώπου 250m	O1
2	N/Π βαθους 60m μετώπου 300m	O2
3	N/Π βαθους 60m μετώπου 350m	O3
4	N/Π βαθους 60m μετώπου 400m	O4
5	N/Π βαθους 60m μετώπου 450m	O5
6	N/Π βαθους 60m μετώπου 500m	O6
Κατηγορίες Τάφρων		
	Κατηγορία	Συμβολισμός
7	Ανταρματική τάφρος 300m	O7
8	Ανταρματική τάφρος 600m	O8
9	Ανταρματική τάφρος 900m	O9
10	Ανταρματική τάφρος 300m	O10
11	Ανταρματική τάφρος 600m	O11
12	Ανταρματική τάφρος 900m	O12
Κατηγορίες Καταστροφών		
	Κατηγορία	Συμβολισμός
13	Καταστροφή οδού	O13
14	Καταστροφή Γέφυρας	O14
15	Καταστροφές κτηρίων - εγκαταστάσεων	O15
16	Καταστροφή αεροδρομίου	O16
17	Καταστροφή σιδηροδρομικών γραμμών	O17
18	Καταστροφή σφράγγων	O18
Κατηγορίες κωλυμάτων από καρμοξυλεία		
	Κατηγορία	Συμβολισμός
19	Φορητά Εμπόδια	O19
20	Φυλίες	O20
Κατηγορίες Συρματοπλεγμάτων		
	Κατηγορία	Συμβολισμός
21	Φράχτης τεσσάρων οριζόντιων συρμάτων	O21
22	Διπλής ποδιάς 4 και 2 βημάτων	O22
23	Διπλής ποδιάς 6 και 3 βημάτων	O23
24	Διπλού πτυσσόμενου συρματοπλέγματος	O24
25	Τριπλού πτυσσόμενου συρματοπλέγματος	O25
26	Χαμηλό συρματοπλέγμα 4 και 2 βημάτων	O26
27	Ψηλό συρματοπλέγμα	O27
Κωλύματα Ακτών - Ποτάμιων γραμμών		
	Κατηγορία	Συμβολισμός
28	Κωλύματα από Καρμοξυλεία	O28
29	Κωλύματα από Χάλυβα	O29
30	Κωλύματα από σκυρόδεμα	O30
31	Κωλύματα από ακιδωτό σύρμα	O31

**Πίνακας 3.2: Κωδικοποίηση Κωλυμάτων**

Για την επίλυση του προβλήματος, και έπειτα από μελέτη παρόμοιων προβλημάτων στην Ελληνική και τη διεθνή βιβλιογραφία έγινε χρήση του προβλήματος χωροθέτησης μέγιστης κάλυψης. (Στοιχεία Επιχειρησιακής Έρευνας Μ. Καρλαύτης 2006).

Έστω, λοιπόν, ότι εξετάζουμε το πρόβλημα της χωροθέτησης των διατιθέμενων κωλυμάτων. Στόχος είναι η βέλτιστη κάλυψη της εξεταζόμενης εδαφικής έκτασης με βάση τα ορισμένα κριτήρια. Ο πραγματικός αντικειμενικός στόχος του συγκεκριμένου προβλήματος χωροθέτησης είναι η χωροθέτηση συγκεκριμένου αριθμού κωλυμάτων  $\rho$  που δύναται να κατασκευαστούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα τους σύμφωνα πάντα με τον αρχικό σχεδιασμό.

Δηλαδή η χωροθέτηση των κωλυμάτων θα πρέπει να μεγιστοποιεί την κάλυψη κατά τέτοιο τρόπο που να εκπληρώνονται όλοι οι περιορισμοί που έχουμε θέσει.

Η μαθηματική προσέγγιση του προβλήματος χωροθέτησης μέγιστης κάλυψης είναι η εξής:

$$\text{Max} \sum_{i \in I} h_i * z_i$$

με τους περιορισμούς:

3.1

$$\sum_{j \in \{i, x_j - z_i, \forall i \in I\}} x_j$$

3.2

$$\sum_{j \in J} x_j = p$$

3.3

$$x_j \in [0,1], \forall j \in J$$

3.4

$$z_i \in [0,1], \forall i \in I$$

3.5

όπου:

$h_i$ : η ζήτηση κωλυμάτων

$p$ : ο αριθμός των κωλυμάτων προς χωροθέτηση

$x_j$ : {1, εάν τοποθετηθεί κώλυμα στη θέση  $j$

{0, εάν δεν τοποθετηθεί κώλυμα στη θέση  $j$

$z_i$ : {1, εάν καλυφθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα στη θέση  $i$

{0, εάν δεν καλυφθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα στη θέση  $i$

Η σχέση (3.1) μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα των κωλυμάτων, τα οποία θα πρόκειται να καλύψουν την υπό μελέτη περιοχή, ενώ με τον περιορισμό (3.2) η ζήτηση της εκάστοτε θέσης  $i$  θα θεωρείται πως καλύπτεται, μόνο εάν χωροθετηθεί κάποιο κώλυμα σε μία από τις πιθανές τοποθεσίες που καλύπτουν τη ζήτηση της συγκεκριμένης θέσης. Παράλληλα ο περιορισμός (3.3) θέτει το μέγιστο αριθμό κωλυμάτων που είναι δυνατό να χωροθετηθούν, ενώ οι περιορισμοί (3.4) και (3.5) είναι αυτοί που κατατάσσουν το παρόν πρότυπο στην κατηγορία προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού της μορφής «0-1» (δυναμική μορφή).

### **3.4 Περιβάλλον Επίλυσης**

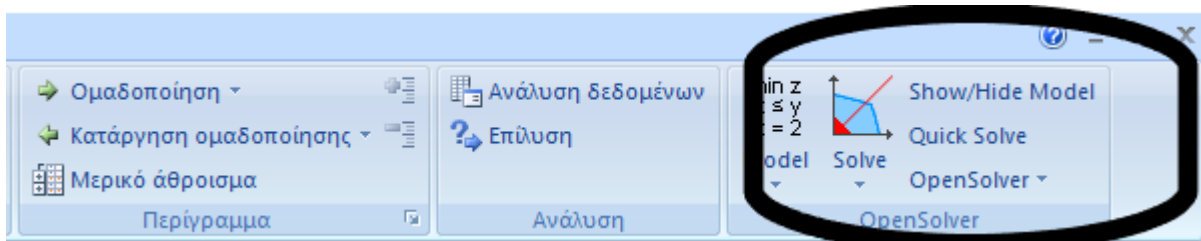
Για την κατάστρωση του προβλήματος και την επίλυση του έγινε χρήση του προγράμματος Microsoft Excel. Σε αυτό το περιβάλλον καταστρώθηκαν οι παράμετροι επιλογής των κωλυμάτων, τα διαφορετικά είδη κωλυμάτων και πινακοποιήθηκαν κατά αντιστοιχία με τις 15 «πιθανές» διαθέσιμες θέσεις χωροθέτησης.

Αρχικά έγινε προσπάθεια επίλυσης με το πρόσθετο «Solver» που ήδη διαθέτει το Excel αλλά επειδή το όριο των κελιών των πινάκων που αυτό επιλύει περιορίζεται στα

200 δεν ήταν δυνατό να λύσει το δικό μας πρόβλημα (465 κελιά). Γι' αυτό έπρεπε να βρεθεί άλλος τρόπος επίλυσης.

Τη λύση έδωσε το λογισμικό Open Solver (Excel AddIn) το οποίο διαθέτει μεγαλύτερες δυνατότητες και είναι σε θέση να λύσει προβλήματα μεγαλύτερου όγκου δεδομένων.

Το Open Solver διατίθεται δωρεάν και εμπίπτει στα πρόσθετα του Excel από όπου και γίνεται η ενεργοποίησή του. Μετά την εγκατάσταση και ενεργοποίηση του εμφανίζεται στο άνω δεξιά μέρος της καρτέλας «Δεδομένα».



Εικόνα 3.1: Εμφάνιση Open Solver σε περιβάλλον Excel

### 3.5 Κατάστρωση Προβλήματος

Προκειμένου λοιπόν να γίνει αυτή η κατανομή κωλυμάτων, ακολουθήθηκε η ανάστροφη διαδικασία. Έγινε η Θεώρηση 15 υποτιθέμενων υποψηφίων θέσεων εγκατάστασης κωλυμάτων (Position 1 – Position 15), σε κάθε μια από τις οποίες αποδόθηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά επηρεάζουν άμεσα την απόφαση χρήσης ή μη του εκάστοτε κωλύματος καθώς και την υφιστάμενη αποτελεσματικότητά του. Αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες που ακολουθούν με τη μορφή υπομνήματος.

Υπόμνημα Κατηγορίας Εδάφους		
Κατηγορία Εδάφους	Κωδικοποίηση	Παρατηρήσεις Παροχή Πρόσβασης σε:
Εδαφος Πεδινό	0	Ερπυστριοφόρα, Λαστιχοφόρα, Πεζοί
Εδαφος Ημιορεινό	1	Λαστιχοφόρα, Πεζοί, ερπυστριοφόρα (με μεγάλες καθυστερήσεις υπό προϋποθέσεις)
Εδαφος Ορεινό	2	Πεζοί, Λαστιχοφόρα (αργή ή απαγορευτική κίνηση)

Πίνακας 3.3: Κατηγοριοποίηση Εδάφους

Υπόμνημα Κατηγορίας Θέσης		
Κατηγορία Θέσης	Κωδικοποίηση	Παρατηρήσεις (τυπικές τιμές μετώπου)
Γέφυρα	0	10
Διάβαση	1	20
Προέκταση ορεινού όγκου	2	
Υφιστάμενο υδάτινο κώλυμα	3	
Αναπεπταμένο έδαφος	4	
Εδαφική πρόσβαση 500μ	5	
Εδαφική πρόσβαση 1000μ	6	
Αεροδρόμιο (Ζώνη Προσγείωσης)	7	50
Κτηριακές Εγκαταστάσεις	8	0
Οδός	9	20
Σιδηροδρομική Γέφυρα	10	10
Σήραγγα	11	15
Θαλάσσια Ακτή	12	

Πίνακας 3.4: Κατηγορία Θέσης - Κωδικοποίηση

Υπόμνημα Επιδιωκόμενο Αποτέλεσμα		
Επιθυμητό Αποτέλεσμα	Κωδικοποίηση	Παρατηρήσεις
Αναχαίτηση/Φραγή	0	
Εκτροπή/Διοχέτευση	1	
Καθήλωση/Αγκίστρωση	2	
Αποδιοργάνωση/Εξάρθρωση	3	

Πίνακας 3.5: Επιδιωκόμενο αποτέλεσμα – Κωδικοποίηση

Επιπλέον των παραπάνω παραμέτρων τέθηκαν επιπλέον οι ακόλουθοι:

- Ο Διατιθέμενος Χρόνος υλοποίησης του εκάστοτε κωλύματος
- Ο Απαιτούμενος χρόνος υλοποίησης κωλύματος
- Το μέτωπο της εκάστοτε θέσης
- Το βάθος της κάθε θέσης
- Το βάθος του κωλύματος και
- Το μέτωπο του κωλύματος

Ειδικότερα για τις τρεις τελευταίες παραμέτρους αυτές αφορούν στην απόφαση χρήσης ή μη και στην αποτελεσματικότητα κωλυμάτων από κορμοξυλεία, συρματοπλέγματα καθώς και κωλύματα ακτών όλων των κατηγοριών.

Συγκεκριμένα για την περίπτωση των Ναρκοπεδίων και προκειμένου να υπολογιστεί ο απαιτούμενος χρόνος στρώσης έγινε χρήση του και του προγράμματος Excel. Ενδεικτικοί είναι οι Πίνακες 3.6 και 3.7 παρακάτω:

Φύλλο υπολογισμού Ναρκοπεδίων						
Δεδομένα						
Επιθυμητή πυκνότητα Ναρκοπεδίου	α=	1	β=	0	γ=	0
Σύνθεση αντιπροσωπευτικής δέσμης ΠΟΝ	α=	1	β=	0	γ=	0
Μέτωπο Ναρκοπεδίου	M=	400				
Απαντήσεις						
Αριθμός Ναρκοδεσμών στις ΠΟΝ		44,444444				
Στρογγυλοποίηση προς τα πάνω		45				
Αριθμός Ναρκών ΠΟΝ	α=	45	β=	0	γ=	0
Αριθμός Ναρκών Ναρκοπεδίου	α=	400	β=	0	γ=	0
Συνολικός Αριθμός Ναρκών	α=	445	β=	0	γ=	0
Προσαύξηση 10%		44,5		0		0
Στρογγυλοποίηση προς τα πάνω		45		0		0
Γενικό Σύνολο Ναρκών	α=	490	β=	0	γ=	0
Σύνολο Πυκνότητας $P=a+b+\gamma$		1				
Αριθμός Ναρκολωρίδων $P*3/5$		0,6				
Στρογγυλοποίηση προς τα πάνω		1				
Ελάχιστος Αριθμός Ναρκολωρίδων		3				
Λαμβάνεται ο μεγαλύτερος αριθμός		3				
Επιθυμητή Πυκνότητα $\chi_3$		3		0		0
Βάθος Ναρκοπεδίου		60	μέτρα			
Μήκος Φράχτη μια σειρά		1512	μέτρα			
Για Δύο Σειρές Φράχτη		3024	μέτρα			
Πάσσαλοι		76	τεμάχια			
Πινακίδες Σήμανσης		76	τεμάχια			
Αριθμός Απαιτούμενων Γραμμών Κυκλοφορίας		4				
Αριθμός Απαιτούμενων ταινιών Χάραξης Γρ. Κυκλ.		1,4117647				
Ταινία Χάραξης σε ατράκτους των 170μ	2	11,858824	άτρακτοι			
Στρογγυλοποίηση προς τα πάνω		14	άτρακτοι			
Πινακίδες Διαδρόμων		108,36	τεμάχια			
Στρογγυλοποίηση προς τα πάνω		109	τεμάχια			
Βοηθητικά Μεγέθη Γαιώσακων		135				
		405				
		1215				
Γαιώσακοι		1350	τεμάχια			

Πίνακας 3.6: Δεδομένα υπολογισμού Ναρκοπεδίων

Χρόνος Στρώσης			
Δώσε ποσοστό Παγιδευμένων (α) Ναρκών			0,02
Δώσε ποσοστό Παγιδευμένων (β) Ναρκών			0,04
Δώσε ποσοστό Παγιδευμένων (γ) Ναρκών			0,06
Εκτιμώμενος Χρόνος Στρώσης			3,264 ώρες
0,00	0,00	2,04	
Απαιτούμενα Οχήματα 2 1/2 Τόννων			
		Αριθμός	Οχήματα
Δώσε αριθμό χρησιμοποιούμενων Α/Τα Ναρκών Σειράς M6		0	0
Δώσε αριθμό χρησιμοποιούμενων Α/Τα Ναρκών Σειράς M15		490	4,4
Δώσε αριθμό χρησιμοποιούμενων Κ/Π Ναρκών Σειράς M2A1		0	0
Δώσε αριθμό χρησιμοποιούμενων Κ/Π Ναρκών Σειράς M2A3		0	0,0
Δώσε αριθμό χρησιμοποιούμενων Κ/Π Ναρκών Σειράς M16		0	0
Δώσε αριθμό χρησιμοποιούμενων Κ/Π Ναρκών Σειράς M18A1		0	0
Αριθμός χρησιμοποιούμενων Κ/Π ναρκών σειράς M14		0	0,0
Δώσε αριθμό οχημάτων για τη μεταφορά του προσωπικού			2
Δώσε αριθμό οχημάτων με υλικά			1
Συνολικός απαιτούμενος αριθμός οχημάτων			7,4
Συνολικός απαιτούμενος αριθμός οχημάτων στρογγυλοποίηση πάνω			8

**Πίνακας 3.7: Απαιτούμενος χρόνος στρώσης και αντίστοιχα οχήματα**

Στα κελιά με πράσινο χρώμα εισάγονται τα δεδομένα και τα κελιά με μπλέ χρώμα είναι να εξαγόμενα αποτελέσματα. Έτσι στην προκειμένη περίπτωση, στο παράδειγμα, με δεδομένα:

- Επιθυμητή πυκνότητα Ν/Π: 1 Α/Τ νάρκη ανά μέτρο μετώπου
- Πυκνότητα Δέσμης ΠΟΝ: 1 Α/Τ νάρκη ανά μέτρο μετώπου
- Μέτωπο Ν/Π: 400m

Προκύπτει ο απαιτούμενος χρόνος στρώσης 3 ώρες και 15 λεπτά και για τη μεταφορά θα χρειαστούν 8 οχήματα 2 ½ τόνων.

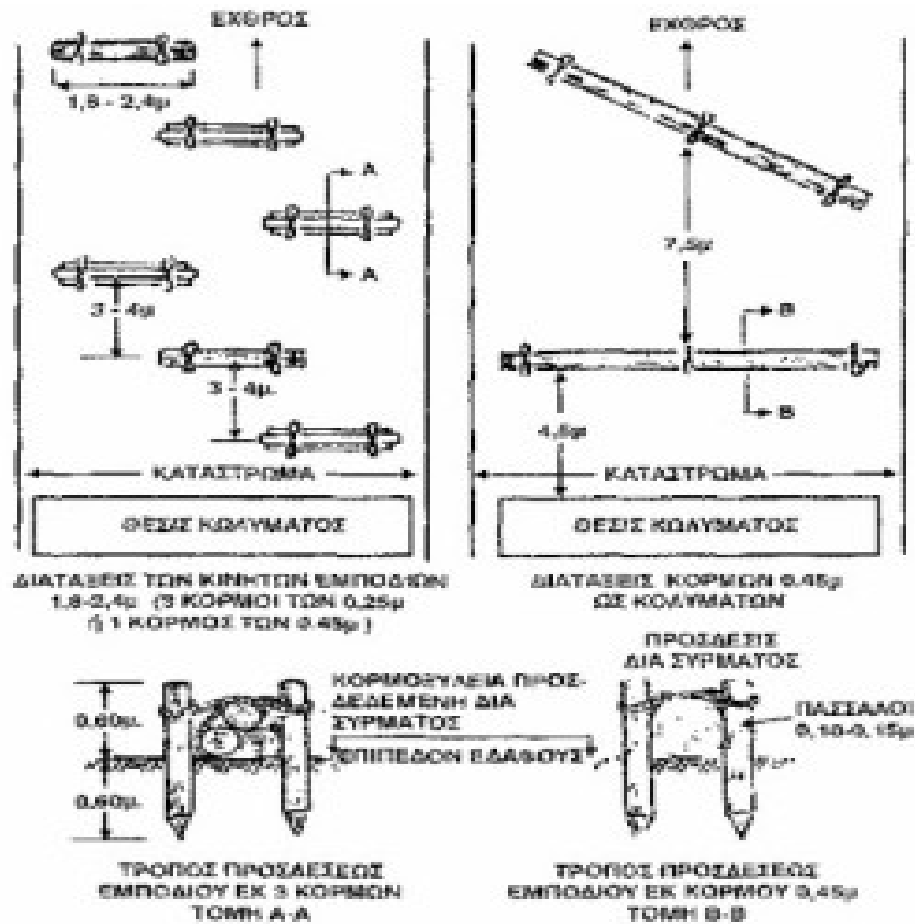
Για τις υπόλοιπες κατηγορίες κωλυμάτων ο απαιτούμενος χρόνος στρώσης δεν παραμετροποιήθηκε λόγω των ασύμμετρων παραγόντων που τον επηρεάζουν. Έτσι απλά αναφορικά, ο χρόνος κάθε κωλύματος αντίστοιχα επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Τάφροι
  - Τη φύση του εδάφους
  - Τα διατιθέμενα μέσα
  - Τον όγκο εκσκαφής

Η εκσκαφή των τάφρων γίνεται με μηχανήματα μηχανικού, με εργαλεία χειρός ή με εκρηκτικές ύλες.

- Καταστροφές
  - Τύπο της καταστροφής
  - Τον χρόνο μεταφοράς και εγκατάστασης των υλικών καταστροφής
  - Τον χρόνο μεταφοράς του προσωπικού

- Τον χρόνο υλοποίησης της καταστροφής
- Κωλύματα από κορμοξυλεία
  - Τον τύπο του κωλύματος
  - Τον χρόνο προκατασκευής των κωλυμάτων
  - Το βαθμό εκπαίδευσεως του στρατιωτικού προσωπικού κατασκευής και τοποθέτησης



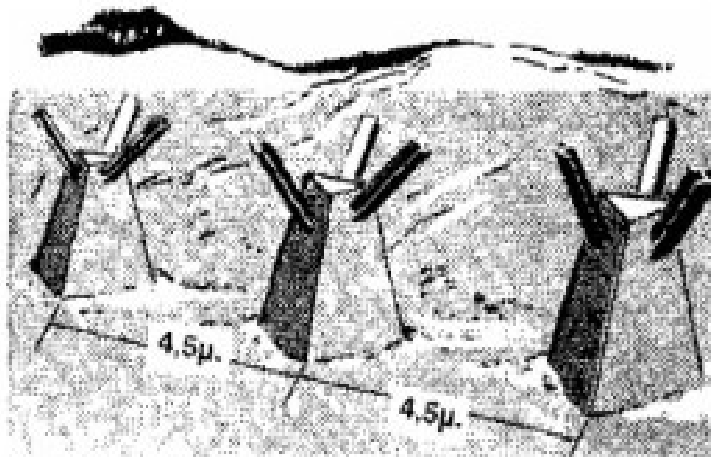
Εικόνα 3.2: Φορητά εμπόδια από κορμοξυλεία

- Συρματοπλέγματα
  - Ο χρόνος ανάπτυξης των συρματοπλεγμάτων εξαρτάται από τον τύπο του συρματοπλέγματος
  - Την απόσταση των υλικών από το χώρο στρώσης
  - Τα διαθέσιμα οχήματα
  - Την αποτελεσματικότητα του προσωπικού

Πίνακας 10 Υλικά συρματοπλέγματος				
A/A	Όνομασία Υλικού	Περίπου βάρος σε χιλιόγραμμα	Περίπου μήκος σε μέτρα	Αριθμός μεταφερομένων τεμαχίων από έναν άνδρα.
1.	Ακιδωτό σύρμα σε ατράκτους	41,5	400	½ (απαιτούνται 2 άνδρες)
2	Πρότυπο πτυσσόμενο συρματοπλέγμα (κονσερτίνα)	25,4	15,2	1
3.	Ελικοειδής πάσσαλος μεγάλος	4	1,6	4
4.	Ελικοειδής πάσσαλος μεσαίος.	2,7	0,81	6
5.	Ελικοειδής πάσσαλος μικρός	1,8	0,53	8
6.	Πάσσαλος Σχήμα U ευμεγέθης.	7,25	2,4	3-4
7.	Πάσσαλος Σχήμα U μεγάλος.	4,5	1,5	4
8	Πάσσαλος Σχήμα U μεσαίος	2,7	0,81	6
9.	Πάσσαλος Σχήμα U μικρός.	1,8	0,61	8
10.	Ξύλινος πάσσαλος ευμεγέθης	7,7-10,5	2,13	2
11	Ξύλινος πάσσαλος μεγάλος.	5,4-7,25	1,5	3
12.	Ξύλινος πάσσαλος μικρός.	1,4-2,7	0,75	8

Πίνακας 3.8: Υλικά Συρματοπλέγματος

- Κωλύματα ακτών και ποτάμιων γραμμών
  - Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος του κωλύματος



Εικόνα 3.3: Κερατοειδή κωλύματα σε πυραμίδες από σκυρόδεμα

Όλοι οι παραπάνω χρόνοι δύναται να παραμετροποιηθούν και να υπολογίζονται κατ' εκτίμηση σε λογιστικό φύλλο Excel αλλά χάριν συντομίας και επικέντρωσης στο αντικείμενο της μελέτης αυτό το βήμα παραλήφθηκε.



### 3.6 Η υπόθεση (Δεδομένα του προβλήματος)

Προκειμένου να γίνει η επαλήθευση του μοντέλου (σχέση 3.1) της παραγράφου 3.4 εισήχθησαν ως δεδομένα 15 υποθετικές γεωγραφικές θέσεις εγκατάστασης κωλυμάτων, εντός της περιοχής ενδιαφέροντος. Κάθε μια από αυτές τις θέσεις έχει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Κριτήρια Προσδιορισμού του Χ <sub>ij</sub> (ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ)									
Εξεταζόμενες Θέσεις	Κατηγορία Θέσης	Κατηγορία Εδάφους	Επιθυμητό Αποτέλεσμα/θέση	Διατιθέμενος Χρόνος ώρες	Απαιτούμενος Χρόνος	Μέτωπο Θέσης (m)	Βάθος Θέσης	Βάθος Κωλύματος (m)	Μέτωπο κωλύματος (m)
P1	2	0	0	20	10	2000	50	400	2000
P2	1	1	1	20	19	20	50	50	20
P3	2	2	3	20	25	1000	50	200	800
P4	3	0	2	20	15	10000	50	500	5000
P5	5	1	1	20	10	500	50	100	250
P6	4	0	1	20	15	30000	50	300	30000
P7	6	0	1	20	18	1000	50	100	1000
P8	8	0	0	20	13	0	0	0	0
P9	9	0	0	20	14	20	50	100	20
P10	3	1	0	20	20	20000	50	400	15000
P11	1	2	1	20	11	20	50	50	20
P12	11	2	1	20	9	15	1000	1000	15
P13	10	0	1	20	8	10	1000	1000	10
P14	5	0	2	20	7	500	50	100	500
P15	1	0	1	20	6	20	50	50	20

Πίνακας 3.9: Πίνακας Δεδομένων

Ύστερα από μια απλή ανάγνωση του Πίνακα παρατηρούμε ότι κάθε θέση (Position, P) περιγράφεται από αυτά τα χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν την επιλογή του κάθε τύπου κωλύματος. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούν και τα δεδομένα του προβλήματος.

### 3.7 Παραμετροποίηση των Κωλυμάτων

Σύμφωνα με τα γνωρίσματα του κάθε κωλύματος εισήχθησαν (σε περιβάλλον Excel) οι ανάλογες συναρτήσεις οι οποίες καθορίζουν και επηρεάζουν αρχικά την επιλογή ή μη ενός τύπου κωλύματος σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε θέσης. Στον Πίνακα 12 που ακολουθεί καταγράφεται σε δυαδική μορφή αυτή η απόφαση τοποθέτησης (1) ή μη τοποθέτησης (0) του κάθε κωλύματος στην αντίστοιχη θέση.

χ <sub>j</sub>		Ναρκοπέδια					Τάφροι						Καταστροφές						Κορμοξυλεία		Συρματοπλέγματα						Κωλύματα ακτών						
Θέσεις (positions)	Κατηγορία Θέσης	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31	
P1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P4	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P7	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P14	5	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
Σύνολο		0	1	0	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	0	1	0	1	1	14	6	15	15	15	15	15	15	15	2	2	2	2	
Γενικό Σύνολο		151																															

Πίνακας 3.10: Απόφαση τοποθέτησης ή μη του εκάστοτε κωλύματος (χ<sub>j</sub>)

Έτσι για παράδειγμα στη θέση P9 που ανήκει στην κατηγορία 9, δηλαδή πρόκειται για οδό, προτείνεται η τοποθέτηση κωλυμάτων από κορμοξυλεία O19 (Φορητά εμπόδια), O20 (Φωλιές), όλων των ειδών τα συρματοπλέγματα O21 έως O27, καθώς και η καταστροφή οδού O13. Το αποτέλεσμα είναι προϊόν της λογικής συνάρτησης (IF) που εμείς θέσαμε.

Αντίστοιχα στη θέση P14 η οποία είναι θέση κατηγορίας 5, δηλαδή εδαφική πρόσβαση πλάτους 500m, προτείνεται η τοποθέτηση ναρκοπεδίου βάθους 60m και μετώπου 300m O2, ναρκοπεδίου μετώπου 400m O4, αντιστοίχης τάφρου μήκους 300m O7, αντιστοίχης τάφρου 300m O10, Φορητά εμπόδια από κορμοξυλεία και όλα τα ήδη συρματοπλεγμάτων.

Η δυαδική μεταβλητή λοιπόν χ<sub>j</sub> μας δείχνει τελικά αν προτείνεται η όχι η τοποθέτηση του κωλύματος.

Στο πρόβλημα εισάγεται μια ακόμη μεταβλητή που έχει να κάνει με την ικανοποίηση ή όχι του επιδιωκόμενου αποτελέσματος. Ως επιδιωκόμενο αποτέλεσμα αναφέρεται η αναχαίτιση, η εκτροπή, η καθήλωση, η αποδιοργάνωση. Η μεταβλητή αυτή είναι το z<sub>i</sub> ή οποία με τη σειρά της είναι και αυτή δυαδικής μορφής και εκφράζει την ικανοποίηση του επιδιωκόμενου αποτελέσματος ανά θέση και κώλυμα 1 ή τη μη ικανοποίηση 0. Η λογική είναι η ίδια και εδώ με τη χρήση της συνάρτησης IF σε συνδυασμό με την OR και την AND.

Σε αυτό το σημείο προέκυψε ένα πρόβλημα σχετικά με τη φύση των μεταβλητών. Η δυαδική φύση του z ερχόταν σε ρήξη με τις 4 διαφορετικές επιλογές του επιδιωκόμενου αποτελέσματος. Προκειμένου να προσπελαστεί αυτό το κώλυμα χωρίστηκαν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα σε δύο διαφορετικούς πίνακες, έναν πίνακα με αποτέλεσμα 0-1 (αναχαίτιση – εκτροπή) και έναν πίνακα με αποτέλεσμα 2-3 (καθήλωση – αποδιοργάνωση).

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνεται ο πίνακας z και οι επιμερισμένοι πίνακες επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων.

ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΑΜ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΩΛΥΜΑΤΩΝ

Zi		Ναρκωπέδια					Τάφροι						Καταστροφές						κορμοφυλεία		Συρματοπλέγματα							Κωλύματα ακτών -				
Θέσεις (positions)	κατηγορία θέσης	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31
P1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P7	6	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
P14	5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
Σύνολο		3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2	1	0	1	0	0	0	10	6	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0	
Γενικό Σύνολο		104																														

Πίνακας 3.11: Επίτευξη επιδιωκόμενου αποτελέσματος (zi)

0---1		Αντιστοίχιση Κωλυμάτων με τα επεκτά αποτελέσματα/κώλυμα 0-1																																	
Θέσεις (positions)	Επεξήγηση κωλύμ.	Ναρκωπέδια					Τάφροι						Καταστροφές						κορμοφυλεία		Συρματοπλέγματα							Κωλύματα ακτών -							
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31			
		250	500	750	500	1000	1500	1000	10000	30000	1000	10000	30000	Οδός	Γεφ	Κτηρ	Αερ	Σιδ	Σηρ	Εμπ	Φωλ	4 ορ	2 ποέ2	ποδ	κον2	κον3	χαμ	ψηλ	κορμ	χαλ	Σκυρ	ακίδ			
P1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1			
P2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
P3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
P4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
P5	5	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
P6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1			
P7	6	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1			
P8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
P9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1			
P10	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
P11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
P12	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
P13	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
P14	5	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
P15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Σύνολο																																			
Γενικό Σύνολο																																			

Πίνακας 3.12: Αποτέλεσμα Αναχαίτηση – Εκτροπή (0-1)

2---3		Αντιστοίχιση Κωλυμάτων με τα επεκτά αποτελέσματα/κώλυμα 2-3																																		
Θέσεις (positions)	Επεξήγηση κωλύμ.	Ναρκωπέδια					Τάφροι						Καταστροφές						κορμοφυλεία		Συρματοπλέγματα							Κωλύματα ακτών -								
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31				
		250	500	750	500	1000	1500	1000	10000	30000	1000	10000	30000	Οδός	Γεφ	Κτηρ	Αερ	Σιδ	Σηρ	Εμπ	Φωλ	4 ορ	2 ποέ2	ποδ	κον2	κον3	χαμ	ψηλ	κορμ	χαλ	Σκυρ	ακίδ				
P1	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
P2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
P3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
P4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
P5	5	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
P6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
P7	6	3	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P8	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P10	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P11	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P12	11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P13	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P14	5	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P15	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Σύνολο																																				
Γενικό Σύνολο																																				

Πίνακας 3.13: Αποτέλεσμα Καθήλωση – Αποδιοργάνωση (2-3)



## *Κεφάλαιο 4: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων*

---



## 4.1 Γενικά Στοιχεία – Περιορισμοί

Στην διαδικασία εφαρμογής του προγράμματος πρέπει να υπάρχουν ορισμένες σταθερές παράμετροι προκειμένου να λειτουργούν σωστά οι περιορισμοί των συναρτήσεων και κατ' επέκταση τα εξαγόμενα αποτελέσματα.

Ο πρώτος περιορισμός στην εισαγωγή νέων δεδομένων αφορά στις τυπικές τιμές μετώπου των κωλυμάτων. Ο Πίνακας 16 συνοψίζει αυτές τις τιμές.

Τυπικές Τιμές Μετώπου		
Κατηγορία Θέσης	Κωδικοποίηση	Τιμές μετώπου σε (m)
Γέφυρα	0	10
Διάβαση	1	20
Προέκταση ορεινού όγκου	2	1000 - 2000
Υφιστάμενο υδάτινο κώλυμα	3	10000
Αναπεπταμένο έδαφος	4	30000
Εδαφική πρόσβαση 500μ	5	500
Εδαφική πρόσβαση 1000μ	6	1000
Αεροδρόμιο (Ζώνη Προσγείωσης)	7	50
Κτηριακές Εγκαταστάσεις	8	0
Οδός	9	20
Σιδηροδρομική Γέφυρα	10	10
Σήραγγα	11	15
Θαλάσσια Ακτή	12	500

Πίνακας 4.1: Τυπικές τιμές μετώπου εξεταζόμενων θέσεων

Οποιαδήποτε παρέκκλιση από τις ανωτέρω τιμές, κατά την εισαγωγή των δεδομένων του προβλήματος μπορεί να επιφέρει σφάλματα στα εξαγόμενα αποτελέσματα.

Ο δεύτερος περιορισμός έγκειται στο εύρος των εξεταζόμενων θέσεων. Οι εξεταζόμενες θέσεις στο πρόγραμμα είναι 15. Προκειμένου να εξεταστεί πρόβλημα με μεγαλύτερο αριθμό θέσεων θα πρέπει να γίνει επέκταση των πινάκων και εκ νέου οριοθέτηση του προβλήματος.

Ο τρίτος περιορισμός αφορά στην τιμή του βάθους σε (m) της κάθε θέσης. Οι τυποποιημένες τιμές βάθους καταγράφονται στον Πίνακα 17.

Τυπικές Τιμές Βάθους Εξεταζόμενης Θέσης		
Κατηγορία Θέσης	Κωδικοποίηση	Τιμές βάθους σε (m)
Γέφυρα	0	50
Διάβαση	1	50
Προέκταση ορεινού όγκου	2	50
Υφιστάμενο υδάτινο κώλυμα	3	50
Αναπεπταμένο έδαφος	4	50
Εδαφική πρόσβαση 500μ	5	50
Εδαφική πρόσβαση 1000μ	6	50
Αεροδρόμιο (Ζώνη Προσγείωσης)	7	50
Κτηριακές Εγκαταστάσεις	8	0
Οδός	9	50
Σιδηροδρομική Γέφυρα	10	1000
Σήραγγα	11	1000
Θαλάσσια Ακτή	12	50

Πίνα

Πίνακας 4.2: Τυπικές τιμές βάθους εξεταζόμενων θέσεων

Το βάθος και το μέτωπο του κωλύματος που θέλουμε να εφαρμόσουμε σε κάθε θέση ποικίλουν και εξαρτώνται από το αποτέλεσμα που θέλουμε να έχουμε.

## 4.2 Επεξεργασία Μαθηματικού Μοντέλου

Το Μαθηματικό Μοντέλο βέλτιστης κάλυψης, το οποίο αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα, μεγιστοποιεί το γινόμενο δύο πινάκων διαστάσεων 15X31 (465 κελιά), αυτόν της τελικής κατανομής των κωλυμάτων  $h_i$  με αυτόν της ικανοποίησης του επιδιωκόμενου αποτελέσματος ανά θέση  $z_i$ . Δηλαδή ουσιαστικά μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα χρήσης των προτεινόμενων κωλυμάτων.

Για να επιτευχθεί αυτή η μεγιστοποίηση το μοντέλο αντλεί τα δεδομένα των κωλυμάτων που του έχουμε εισάγει, αναλύει την αποτελεσματικότητά τους και τελικά προβάλλει στον πίνακα  $h_i$  την τελική τους χωροθέτηση. Η Χωροθέτηση στον πίνακα  $h_i$  γίνεται με γνώμονα τους περιορισμούς που εμείς έχουμε προηγουμένως θέσει και το μέγιστο του γινομένου.

Για την επίλυση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν δύο ‘μηχανές’ επίλυσης του Open Solver η COIN-OR CBC (Linear Solver) και η Satalia (Solver Engine), με τη δεύτερη να παράγει τα πιο λογικά αποτελέσματα.

## 4.3 Αποτελέσματα

Το αποτέλεσμα της χωροθέτησης φαίνεται στους παρακάτω Πίνακες 18 και 19:

Ζήτηση $h_i$		Ναοκπέδια					Τάφοι					Καταστροφές					Κωλύματα					Συματοπλέγματα					Κωλύματα ακτών						
Θέσεις (positions)	Κατηγορία Θέσης	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31	
P1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
P2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
P3	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
P4	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	
P5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
P6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P7	6	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
P10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P14	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Σύνολο		8	8	6	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	0	2	1	0	1	10	7	9	9	9	9	9	10	10	3	2	3	1	
Γενικό Σύνολο		151																															

Πίνακας 4.3: Τελικό αποτέλεσμα χωροθέτησης κωλυμάτων (Satalia Engine)

Με μια λεπτομερή παρατήρηση παρατηρούμε τα κάτωθι:

- Το σύνολο των χωροθετημένων πλέον κωλυμάτων είναι 151, όσα και αυτά του πίνακα  $x_i$ , όπως άλλωστε αναμενόταν από τους τιθέμενους περιορισμούς.
- Οι επιλεγμένες θέσεις χωροθέτησης των κωλυμάτων συμπίπτουν με τη λογική χρησιμοποίησή τους
- Το μαθηματικό μοντέλο παίρνει τη μέγιστη τιμή 104.







## *Κεφάλαιο 5: Επαλήθευση Μοντέλου – Έλεγχος Ευαισθησίας*

---





ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΑΜ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΩΛΥΜΑΤΩΝ

Ζι		Ναρκοπέδια					Τάφροι					Καταστροφές					κορμολυγεία		Συρματοπλέγματα					Κωλύματα ακτών -								
Θέσεις (positions)	Κατηγορία Θέσης	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31
P1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
P2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P7	6	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P10	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P11	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P14	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Σύνολο		4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	0	1	0	0	0	10	6	7	7	7	7	7	7	7	0	0	0		
Γενικό Σύνολο		108																														

Πίνακας 5.3: Πίνακας ζι

Ζήτηση hi		Ναρκοπέδια					Τάφροι					Καταστροφές					Κωλύματα		Συρματοπλέγματα					Κωλύματα ακτών -								
Θέσεις (positions)	Κατηγορία Θέσης	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31
P1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
P2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P3	11	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1		
P4	3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1		
P5	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1		
P6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P7	6	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P10	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P11	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P14	5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Σύνολο		9	9	8	7	6	6	5	5	4	4	4	4	3	1	3	0	1	0	10	7	7	7	7	7	7	8	8	2	3		
Γενικό Σύνολο		158																														

Πίνακας 5.4: Πίνακας hi

Ζήτηση hi τελικό		Ναρκοπέδια					Τάφροι					Καταστροφές					Κωλύματα		Συρματοπλέγματα					Κωλύματα ακτών -								
Θέσεις (positions)	Κατηγορία Θέσης	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31
P1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1		
P5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P6	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P10	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
P14	5	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Σύνολο		0	1	0	1	0	0	1	0	2	1	0	2	2	0	1	0	0	0	10	6	7	7	7	7	7	8	8	1	1		
Γενικό Σύνολο		82																														

Πίνακας 5.5: Πίνακας hi (μετά το λογικό έλεγχο)

Παρατηρούμε με απλή οπτική εξέταση τα ακόλουθα:

- Ο Πίνακας Χι (5.2) είναι ο 'καθρέφτης της πραγματικής κατάστασης, το που δηλαδή τοποθετείται το κάθε κώλυμα
- Ο Πίνακας Ζι (5.3) μας δείχνει σε ποιες από αυτές τις θέσεις ικανοποιείται το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα που εμείς θέσαμε ως στόχο

- Ο Πίνακας hi (5.4) Είναι η τελική πρόταση που προκύπτει από την επίλυση του μαθηματικού μοντέλου και η οποία μεγιστοποιεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.
- Ο Πίνακας (5.5) περιλαμβάνει εκείνες τις τιμές που έχουν περάσει το λογικό έλεγχο.

## **5.2 Έλεγχος Ευαισθησίας**

Επειδή το πρόγραμμα δεν εμφανίζει καρτέλα Sensitivity Report για αυτή τη «μηχανή επίλυσης» έγινε εφαρμογή πολλών διαφορετικών δεδομένων, από όπου και διαπιστώθηκε η εύρυθμη λειτουργία του μαθηματικού μοντέλου.





## *Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προοπτικές*

---



## **6.1 Συμπεράσματα – Προοπτικές**

Τα μαθηματικά μοντέλα δεν δύναται και δεν πρέπει να αντικαθιστούν την ανθρώπινη κρίση. Πλήν όμως, λόγω της πολυπαραμετρικής φύσης των προβλημάτων χωροθέτησης, αποτελούν έναν ισχυρό σύμμαχο του εκάστοτε μηχανικού που καλείται να προτείνει τη βέλτιστη λύση.

Από την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης προκύπτουν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Τα αποτελέσματα βελτιστοποίησης της χρήσης κωλυμάτων αφορούν στα επιδιωκόμενα αποτελέσματα που εμείς θέσαμε.
- Η λύση είναι δυαδικής μορφής λόγω της φύσης του μοντέλου
- Ο λογικός έλεγχος στα τελικά αποτελέσματα είναι επιβεβλημένος

## **6.2 Προοπτικές – Μελλοντικές Επεκτάσεις**

Η τεχνολογία, η ευρεία χρήση Η/Υ καθώς και η πληθώρα ψηφιακών εργαλείων δίνουν αμέτρητες δυνατότητες για την εκμετάλλευση και λύση τέτοιου είδους προβλημάτων. Πάντοτε θα υπάρχουν περιθώρια για νέες ιδέες και βελτιώσεις σε αυτά.

Στην ήδη υπάρχουσα βάση δεδομένων θα μπορούσαν να εισαχθούν νέες παράμετροι όπως είναι:

- Ο τυποποιημένος υπολογισμός του χρόνου υλοποίησης του κάθε κωλύματος
- Ο εμπλουτισμός με περισσότερα και πιο αναλυτικά είδη κωλυμάτων
- Η σύνδεση και αποτύπωση των αποτελεσμάτων με ψηφιακό χάρτη της περιοχής ενδιαφέροντος

Εκτός του περιβάλλοντος Excel θα μπορούσε να γίνει ακόμη εφαρμογή και δοκιμή και άλλων μαθηματικών μοντέλων, ή χρήση άλλων εργαλείων μαθηματικού προγραμματισμού.

## **6.3 Επίλογος**

Το διεθνές περιβάλλον σήμερα, ουσιαστικά έχει μεταβληθεί σε έναν απόλυτα ανταγωνιστικό στίβο, όπου κυριαρχεί ο όρος "παγκοσμιοποίηση". Πηγαίνοντας προς τον 21ο αιώνα, πέρα από τον διαρκώς συρρικνούμενο προϋπολογισμό σε διεθνή κλίμακα, διαφαίνεται μια διαρκώς αυξανόμενη τάση ροών όσον αφορά τα οχήματα και τους πεζούς (αύξηση στόλου οχημάτων, αλλαγή σύγχρονου τρόπου ζωής κτλ).

Οι διαμορφωμένες τάσεις διεθνώς σε θέματα οργάνωσης των συγκοινωνιών, και τεχνολογίας, καθώς και η εμφάνιση πρωτόγνωρων καταστάσεων (μεταναστευτικό, αυξανόμενη περιβαλλοντολογική ευαισθησία κτλ), δεν αφήνουν ανεπηρέαστη την τέχνη του συγκοινωνιολόγου μηχανικού.

Οι νέες τάσεις και το είδος και μέγεθος των μετακινήσεων που παρουσιάζονται στις αρχές του 21ου αιώνα δημιουργούν στους πολιτικούς μηχανικούς, τακτικές και εκπαιδευτικές απαιτήσεις, μεγαλύτερες από ποτέ. Οι εξελίξεις είναι πραγματικά θεαματικές, ταχύτατες και προκλητικές.

Η Ιστορία έχει δείξει ότι η επιστήμη του Πολιτικού Μηχανικού πάντοτε προσαρμοζόταν στις απαιτήσεις της κάθε εποχής με αποτελεσματικότητα. Σήμερα όπως και στο παρελθόν έχει να επιδείξει πλούσιο έργο. Είναι πάντα ενημερωμένη και εξελίσσεται μέσα στο νέο αυτό πλαίσιο της σύγχρονης εποχής.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. US Army (1993). Field Manual 5-71-100: Division Engineer Combat Operations, <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-71-100/index.html>,USA.
2. US Army (1994): Field Manual 90-7: Combined Arms Obstacle Integration <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/90-7/index.html>,USA.
3. US Army (1995): Field Manual 5-100-15: Corps Engineer Operations <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-100-15/index.html>,USA.
4. US Army (1996). Field Manual 5-100: Engineer Operations <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-100/index.html>,USA.
5. US Army (1990). Field Manual 7-10: The Infantry Rifle Company <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/7-10/index.html>,USA.
6. Keefer, D.L., Kirkwood, C.W. and Corner J.L. Summary of Decision Analytics Applications in the Operations Research Literature, 1990-2001, Technical Paper, Arizona State University, Arizona, USA, 2002.
7. ISMIS – A Military Transportation Decision Support Framework
8. John Bird – Engineering Mathematics (4<sup>th</sup> Edition)
9. John Wiley & Sons – Foundations of Risk Analysis
10. ΣΚ 30-1 Η Σχεδίαση στο Στρατό Ξηράς (Τόμος Α & Β), Στρατιωτικός Κανονισμός
11. ΣΚ 210-1 Διοικητική Μέριμνα, Στρατιωτικός Κανονισμός
12. ΕΕ 10-57 Εκρηκτικές Ύλες και Καταστροφές, Εγχειρίδιο Εκστρατείας
13. ΕΕ 10-30 Οργάνωση Εδάφους, Εγχειρίδιο Εκστρατείας
14. ΤΕ 10-102 Πλωτή Γέφυρα Αλουμινίου, Τεχνικό Εγχειρίδιο
15. ΤΕ 10-104 Ελαφρά Τακτική Σχεδία, Τεχνικό Εγχειρίδιο
16. ΤΕ 10-205 Στοιχεία Οπλισμένου Σκυροδέματος, Τεχνικό Εγχειρίδιο
17. ΤΕ 10-220 Χρήση Μηχανημάτων Μηχανικού, Τεχνικό Εγχειρίδιο
18. ΤΕ 10-300 Βασικοί Τύποι Έργων Στρατωνισμού, Τεχνικό Εγχειρίδιο
19. Μαθηματικά Μοντέλα, Άγγελος Μάρκος  
<http://www.amarkos.gr/courses/mathmode/MathModels1.pdf>
20. Π. Βυθούλας, Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων και Οικονομία των Μεταφορών, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, ΕΜΠ
21. Open Solver, Instructions Guide. <https://opensolver.org/>
22. Μ. Καρλαύτης, Στοιχεία Επιχειρησιακής Έρευνας για Πολιτικούς Μηχανικούς, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Προγραμματισμού & Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, ΕΜΠ.
23. Engineer devices for obstacle breaching in offensive operations and possible application of engineer robots 2017 (Ota Rolnec University of Defence, Šumavská 4, 602 00, Brno, Czech Republic Michal Kopulety 153 engineer battalion, Libušina 648/111, 779 00, Olomouc, Czech Republic)
24. An algorithm for path planning with polygon obstacles avoidance based on the virtual circle tangents 2016 (Zahraa Y. Ibrahim --- Abdulmuttalib T. Rashid --- Ali F. Marhoon)

25. Determining forces required to override obstacles for ground vehicles (George L.Mason, Burhman Q. Gates, Victoria D. Moore 2012)