ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΜΕΤΑΞΑΣ ΠΕΤΡΟΣ
Κωδικός φοιτητή: 08100313

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΑΠΕΙΛΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Επιβλέπων: κ. **Ν.Π. Βεντίκος** Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Τριμελής Επιτροπή: κ. **Ν.Π. Βεντίκος** Λέκτορας Ε.Μ.Π.
κ. **Χ. Ψαραύτης** Καθηγητής Ε.Μ.Π.
κ. **Δ. Λυρίδης** Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ιούλιος 2009

ΑΘΗΝΑ

Ευχαριστίες:

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Βεντίκο για την εμπιστοσύνη στις δυνατότητές μου και τη σημαντική καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής. Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Κωνσταντίνο Γκόνη για το ενδιαφέρον που υπέδειξε στην προσπάθεια μου και την υποστήριξη με τις εξειδικευμένες γνώσεις του. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τη δεσποινίδα Η. Λιάπη που όλα αυτά τα χρόνια, με την παρουσία τους και την αμέριστη συμπαράσταση τους βοήθησαν σημαντικά στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα....3
Κατάλογος Πινάκων....8
Κατάλογος Σχημάτων....10
Κατάλογος Γραφημάτων....11
Εισαγωγή-Σύνοψη....13
Introduction-Brief summary....15
1. Θεωρία Παιγνίων....17
1.1 Εισαγωγή....17
1.2 Ιστορική αναδρομή....18
1.3 Ορισμός....19
1.4 Βασικά χαρακτηριστικά....19
1.5 Τρόποι περιγραφής και ανάλυσης παιγνίων....21
1.5.1 Ταξινόμηση παιγνίων....22
1.6 Στατικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης....24
1.6.1 Εισαγωγή....24
1.6.2 Κυρίαρχη στρατηγική....24
1.6.3 Ισορροπία Nash....27
1.6.4 Μεικτές στρατηγικές....29
1.6.5 Παίγνια δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος....35
1.6.5.1 Εισαγωγή....35
1.6.5.2 Κυρίαρχες στρατηγικές....37
1.6.5.3 Κριτήριο minimax....39
1.6.5.4 Μεικτές στρατηγικές....42
1.6.5.5 Λύση με γραμμικό προγραμματισμό....45
1.6.5.6 Γενικά....49
1.7 Στατικά παίγνια μη πλήρους πληροφόρησης....51
1.8 Δυναμικά παίγνια πλήρους και τέλειας πληροφόρησης....56
1.8.1 Εισαγωγή....56
1.8.2 Οπισθοβατική επαγωγή....59
1.8.3 Ιδιότητα της Μιας Απόκλισης....62
1.8.4 Η εκλογίκευση της SPNE....64
1.8.5 Ολιγοπώλιο....66
1.8.5.1 Ολιγοπώλιο Cournot....67
1.8.5.2 Ολιγοπώλιο Stackelberg....71
1.8.5.3 Ολιγοπώλιο Bertrand....74
1.8.6 Επαναλαμβανόμενα παίγνια....77
1.9 Δυναμικά παίγνια ατελούς πληροφόρησης....83
1.9.1 Εισαγωγή....83
1.9.2 Ισοδυναμία στρατηγικών και Τέλεια Ανάκληση....87
1.9.3 Ισοδυναμία Nash (μεικτών) συμπεριφορικών στρατηγικών....90

1.9.4 Τέλεια ισορροπία για τα υποπαίγνια Nash (SPNE).....93
1.9.5 Τέλεια ισορροπία Bayes.....97
1.9.6 Ακολουθητική ισορροπία.....101
2 . Αποτίμηση κινδύνου στα πλοία (Threat Assessment).....104
2.1 Εισαγωγή.....104
2.2 Ιστορική αναδρομή της Διεθνούς Συμβάσεως περί ασφαλείας της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα (SOLAS).....105
2.2.1 Εισαγωγή και ιστορική αναδρομή.....105
2.2.2 Διαδικασία τροποποιήσεων.....106
2.2.3 Τεχνικές Διατάξεις.....107
2.3 «Κεφάλαιο XI-2» Ειδικά μέτρα για την ενίσχυση της ασφαλείας στη θάλασσα.....113
2.3.1 Πρόλογος.....113
2.3.2 Κανονισμοί.....113
2.4 Το έγγραφο MSC.159(78).....127
2.4.1 Αναδρομή.....127
2.4.2 Εισαγωγή στο έγγραφο MSC.159(78).....127
2.4.3 Προσδιορισμός του MSC.78.....128
2.4.3.1 Πλήρως Εξουσιοδοτημένοι Ελεγκτές.....128
2.4.3.2 Πλοία που σκοπεύουν να εισέλθουν σε λιμάνι που ανήκει σε άλλο Συμβαλλόμενο κράτος.....129
2.4.3.3 Έλεγχος πλοίου στο λιμάνι.....133
2.4.3.4 Λεπτομερής επιθεώρηση όπου υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για ατέλειες του πλοίου (Clear Grounds).....136
2.4.3.5 Προστασία (Safeguards).....139
2.4.3.6 Αναφορά (Reporting).....140
2.5 Αποτίμηση-αξιολόγηση ασφαλείας στα πλοία.....142
2.5.1 Γενικά.....142
2.5.2 Αναλυτικότερα στοιχεία που πρέπει να περιλάβει μια επιτόπια επιθεώρηση (αυτοψία) ασφαλείας.....144
2.5.3 Επιτόπιος επιθεώρηση ασφαλείας.....146
2.5.4 Τρόπος διεξαγωγής της αποτίμησης ασφαλείας στα πλοία.....147
2.5.5 Συμπεράσματα.....164
3. Σενάρια επίθεσης βασισμένα στη θεωρία παιγνίων Μηδενικού Αθροίσματος....165
3.1 Εισαγωγή.....165
3.2 Σενάρια επίθεσης.....166
3.3 Βασικές παραδοχές.....166
3.4 Σενάριο Α.....168
3.4.1 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ).....168
3.4.2 Επιλογές Φυλάκων.....169
3.4.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ).....175
3.4.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης.....175

3.4.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Α...175
3.4.4.2 Linear programming....179
3.4.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....182
3.4.6 Δρομολόγια Στρατηγικών των Τρομοκρατών....187
3.4.6.1 Στρατηγική A_1....187
3.4.6.2 Στρατηγική A_2....191
3.4.6.3 Στρατηγική A_3....193
3.4.6.4 Στρατηγική A_4....197
3.4.6.5 Στρατηγική A_5....199
3.5 Σενάριο Β....201
3.5.1 Στρατηγικές επίθεσης των Πειρατών (Τ)....201
3.5.2 Επιλογές Φυλάκων....202
3.5.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)....203
3.5.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι επίλυσης....204
3.5.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Β...204
3.5.4.2 Linear programming....207
3.5.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....210
3.5.6 Σενάριο B_2....213
3.5.6.1 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....216
3.5.7 Δρομολόγια στρατηγικών των Πειρατών....220
3.5.7.1 Στρατηγική B_1....220
3.5.7.2 Στρατηγική B_2....223
3.5.7.3 Στρατηγική B_3....225
3.5.7.4 Στρατηγική B_4....229
3.5.7.5 Στρατηγική B_5....223
3.6 Σενάριο Γ....235
3.6.1 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ)....235
3.6.2 Επιλογές Φυλάκων....236
3.6.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)....237
3.6.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης....238
3.6.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Γ....238
3.6.4.2 Linear programming....242
3.6.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....245
3.6.6 Δρομολόγια στρατηγικών των Τρομοκρατών....251
3.6.6.1 Στρατηγική $Γ_1$....251
3.6.6.2 Στρατηγική $Γ_2$....255
3.6.6.3 Στρατηγική $Γ_3$....257
3.6.6.4 Στρατηγική $Γ_4$....261
3.6.6.5 Στρατηγική $Γ_5$....263
3.7 Σενάριο Δ....265
3.7.1 Στρατηγικές επίθεσης των Ληστών (Τ)....265
3.7.2 Επιλογές Φυλάκων....266

3.7.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)....267
3.7.4 Πίνακες αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης....268
3.7.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Δ....268
3.7.4.2 Linear programming....270
3.7.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....273
3.7.6 Σενάριο $Δ_2$....276
3.7.6.1 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....280
3.7.7 Δρομολόγια στρατηγικών των Ληστών....283
3.7.7.1 Στρατηγική $Δ_1$....283
3.7.7.2 Στρατηγική Δ2....288
3.7.7.3 Στρατηγική Δ3....289
3.7.7.4 Στρατηγική Δ4....292
3.7.7.5 Στρατηγική Δ5....297
3.8 Σενάριο Ε....298
3.8.1 Στρατηγικές επίθεσης των Ανταγωνιστών (Τ)....298
3.8.2 Επιλογές Φυλάκων....299
3.8.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)....300
3.8.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης....301
3.8.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Ε....301
3.8.4.2 Linear programming....304
3.8.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....307
3.8.6 Δρομολόγια στρατηγικών των Ανταγωνιστών....311
3.8.6.1 Στρατηγική E_1....311
3.8.6.2 Στρατηγική E_2....315
3.8.6.3 Στρατηγική E_4....318
3.8.6.4 Στρατηγική E_5....319
4. Σενάριο επίθεσης βασισμένο στη θεωρία Δυναμικών παιγνίων....322
4.1 Εισαγωγή....322
4.2 Βασικές παραδοχές....322
4.3 Σενάριο 1....323
4.3.1 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)....323
4.3.2 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ)....323
4.3.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Δυνάμεων Καταστολής (Δ)....324
4.3.4 Αποδόσεις / Συμβάσεις....324
4.3.5 Δένδρο παιγνίου – Πίνακας αποδόσεων – Λύση....326
4.3.6 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός....331
4.4 Σενάριο 2....335
4.4.1 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)....335
4.4.2 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ)....335
4.4.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Δυνάμεων Καταστολής (Δ)....336
4.4.4 Αποδόσεις / Συμβάσεις....336
4.4.5 Δένδρο παιγνίου – Πίνακας αποδόσεων – Λύση....337

4.4.6 Εναλλακτικό Σενάριο 2α.....340
4.4.7 Εναλλακτικό Σενάριο 2β.....342
4.4.8 Εναλλακτικό Σενάριο 2γ.....345
4.4.9 Παρατηρήσεις.....348
5. Συμπεράσματα – Προτάσεις.....349
6. Παράρτημα Α.....352
7. Βιβλιογραφικές Αναφορές.....373

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Το δίλημμα των φυλακισμένων.....25
Πίνακας 2: Παράδειγμα ισορροπίας Nash.....28
Πίνακας 3: Το παίγνιο της σύγκρουσης των φύλων.....30
Πίνακας 4: Χρήση μεικτών στρατηγικών σε παίγνια μεγάλων διαστάσεων.....31
Πίνακας 5: Επαναλαμβανόμενη απάλειψη στρατηγικών από μεικτές στρατηγικές....34
Πίνακας 6: Παίγνιο μονά – ζυγά.....36
Πίνακας 7: Παίγνιο των αντίπαλων πολιτικών.....38
Πίνακας 8: minimax κριτήριο, σταθερή λύση.....41
Πίνακας 9: minimax κριτήριο, ασταθής λύση.....42
Πίνακας 9β: Παίγνιο γραμμικού προγραμματισμού.....48
Πίνακας 10: Εναλλακτική μορφή του παιγνίου του διλήμματος των Φυλακισμένων.....51
Πίνακας 11: Παίγνιο συντονισμού.....53
Πίνακας 11β: Παίγνιο συντονισμού με μεταβλητές.....54
Πίνακας 12: Κανονική μορφή αναπαράστασης του παιγνίου του Σχήματος 3.....62
Πίνακας 13: Κανονική μορφή παραδείγματος επαναλαμβανόμενου παιγνίου.....78
Πίνακας 14: Κανονική μορφή απεικόνισης του Σχήματος 9.....84
Πίνακας 15: Κανονική απεικόνιση του παιγνίου του Σχήματος 10.....85
Πίνακας 16: Κανονική απεικόνιση του παιγνίου του Σχήματος 14.....92
Πίνακας 17: Διατάξεις του Σχεδίου Ασφαλείας του πλοίου.....138
Πίνακας 18: Αυστηρότερες διατάξεις του Σχεδίου Ασφαλείας του πλοίου.....139
Πίνακας 19: Σελίδα 1 της αναφοράς του SSA – προετοιμασία.....148
Πίνακας 20: Σελίδα 2 της αναφοράς του SSA – τα πέντε στάδια του SSA.....149
Πίνακας 21: Σελίδα 2 της αναφοράς του SSA – προετοιμασία.....149
Πίνακας 22: Σελίδα 3 της αναφοράς του SSA – προετοιμασία.....150
Πίνακας 23: Σελίδα 4 της αναφοράς του SSA – προετοιμασία.....151
Πίνακας 24: Σελίδα 5 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 1ου σταδίου (1/3).....152
Πίνακας 25: Σελίδα 5 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 1ου σταδίου (2/3).....153
Πίνακας 26: Σελίδα 5 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 1ου σταδίου (3/3).....153
Πίνακας 27: Σελίδα 7 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 2ου σταδίου (1/3).....154
Πίνακας 28: Σελίδα 7 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 2ου σταδίου (2/3).....155
Πίνακας 29: Σελίδα 7 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 2ου σταδίου (3/3).....156
Πίνακας 30: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (1/5).....157
Πίνακας 31: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (2/5).....157
Πίνακας 32: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (3/5).....158
Πίνακας 33: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (4/5).....159
Πίνακας 34: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (5/5).....160
Πίνακας 35: Σελίδα 11 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 4ου σταδίου (1/3).....161
Πίνακας 36: Σελίδα 11 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 4ου σταδίου (2/3).....162
Πίνακας 37: Σελίδα 11 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 4ου σταδίου (3/3).....162

Πίνακας 38: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 5ου σταδίου.....163
Πίνακας A_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α.....176
Πίνακας A_2: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά την πρώτη απαλοιφή.....177
Πίνακας A_3: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά τη δεύτερη απαλοιφή.....177
Πίνακας A_4: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά την τρίτη απαλοιφή.....177
Πίνακας A_5: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά την τέταρτη απαλοιφή.....178
Πίνακας A_6: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Α.....178
Πίνακας A_7: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Α για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό.....180
Πίνακας A_8: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας.....183
Πίνακας A_9: Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης του σεναρίου Α).....186
Πίνακας B_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β.....205
Πίνακας B_2: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β μετά την πρώτη απαλοιφή.....205
Πίνακας B_3: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β μετά τη δεύτερη απαλοιφή.....206
Πίνακας B_4: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β μετά την τρίτη απαλοιφή.....206
Πίνακας B_5: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Β.....206
Πίνακας B_6: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Β για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό.....209
Πίνακας B_7: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας.....211
Πίνακας B_8: Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης του σεναρίου Β).....212
Πίνακας B_9: Πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2.....214
Πίνακας B_{10}: Πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2 μετά την πρώτη απαλοιφή.....214
Πίνακας B_{11}: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2.....215
Πίνακας B_{12}: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2 για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό.....215
Πίνακας B_{13}: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας σεναρίου B_2.....217
Πίνακας $Γ_1$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ.....240
Πίνακας $Γ_2$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ μετά την πρώτη απαλοιφή.....240
Πίνακας $Γ_3$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ μετά τη δεύτερη απαλοιφή.....241
Πίνακας $Γ_4$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ μετά την τρίτη απαλοιφή.....241
Πίνακας $Γ_5$: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ.....241
Πίνακας $Γ_6$: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό.....244
Πίνακας $Γ_7$: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας.....246
Πίνακας $Γ_8$: Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης του σεναρίου Γ).....248
Πίνακας $Δ_1$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ.....269
Πίνακας $Δ_2$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ μετά την πρώτη απαλοιφή.....269
Πίνακας $Δ_3$: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ.....269

Πίνακας $Δ_4$: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό....272
Πίνακας $Δ_5$: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας....274
Πίνακας $Δ_6$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου $Δ_2$....277
Πίνακας $Δ_7$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου $Δ_2$ μετά την πρώτη απαλοιφή....277
Πίνακας $Δ_8$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου $Δ_2$ μετά τη δεύτερη απαλοιφή....278
Πίνακας $Δ_9$: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου $Δ_2$....278
Πίνακας $Δ_{10}$: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου $Δ_2$ για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό....279
Πίνακας $Δ_{11}$: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας σεναρίου $Δ_2$....280
Πίνακας E_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε....302
Πίνακας E_2: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε μετά την πρώτη απαλοιφή....302
Πίνακας E_3: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε μετά τη δεύτερη απαλοιφή....303
Πίνακας E_4: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε....303
Πίνακας E_5: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό....305
Πίνακας E_6: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας....307
Πίνακας E_7: Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης του σεναρίου Ε)....308
Πίνακας 39: Κανονική μορφή αναπαράστασης του $1^{ου}$ σεναρίου δυναμικών παιγνίων....327
Πίνακας 40: Κανονική μορφή αναπαράστασης του $2^{ου}$ σεναρίου δυναμικών παιγνίων....338

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Εκτατική μορφή παιγνίου του διλήμματος των φυλακισμένων....56
Σχήμα 2: Επεξήγηση υποπαιγνίων....58
Σχήμα 3: Παίγνιο επεξήγησης της οπισθοβατικής επαγωγής....60
Σχήμα 4: Παράδειγμα για την ιδιότητα της μιας απόκλισης....63
Σχήμα 5: Δεύτερο παράδειγμα για την ιδιότητα της μιας απόκλισης....64
Σχήμα 6: Εκτατική μορφή δυοπωλίου Cournot....68
Σχήμα 7: Εκτατική μορφή δυοπωλίου Stackelberg....72
Σχήμα 8: Εκτατική μορφή δυοπωλίου Bertrand....74
Σχήμα 9: Παραλλαγή του παιγνίου της μάχης των φύλων ατελούς πληροφόρησης...84
Σχήμα 10: Παραλλαγή του παιγνίου της μάχης των φύλων τέλεια πληροφόρησης....85
Σχήμα 11: Εκτατική μορφή $2^{ου}$ παραδείγματος δυναμικού παιγνίου ατελούς πληροφόρησης....86
Σχήμα 12: Παράδειγμα «αφηρημένης» συμπεριφοράς....87
Σχήμα 13: Παράδειγμα ατελούς ανάκλησης....87
Σχήμα 14: Εκτατική μορφή $3^{ου}$ παραδείγματος δυναμικού παιγνίου ατελούς Πληροφόρησης....92
Σχήμα 15: Απεικόνιση του πλοίου του σεναρίου μας στο λιμάνι του Πειραιά....249

Σχήμα 16: Εκτατική μορφή 1ου σεναρίου δυναμικών παιγνίων.....326
Σχήμα 17: Εκτατική μορφή 1ου σεναρίου δυναμικών παιγνίων με εισαγωγή πιθανοτήτων.....328
Σχήμα 18: Εκτατική μορφή 1ου σεναρίου δυναμικών παιγνίων με αλλαγή απόδοσης των (Τ).....332
Σχήμα 19: Εκτατική μορφή 1ου σεναρίου δυναμικών παιγνίων με αλλαγή απόδοσης των (Δ).....332
Σχήμα 20: Εκτατική μορφή 2ου σεναρίου δυναμικών παιγνίων.....338
Σχήμα 21: Εκτατική μορφή 2ου σεναρίου δυναμικών παιγνίων με εισαγωγή πιθανοτήτων.....339
Σχήμα 22: Εκτατική μορφή εναλλακτικού σεναρίου 2α δυναμικών παιγνίων.....341
Σχήμα 23: Εκτατική μορφή εναλλακτικού σεναρίου 2β δυναμικών παιγνίων.....343
Σχήμα 24: Εκτατική μορφή εναλλακτικού σεναρίου 2β όταν επιλεγεί η στρατηγική Δ_1.....344
Σχήμα 25: Εκτατική μορφή εναλλακτικού σεναρίου 2β όταν επιλεγεί η στρατηγική Δ_2.....345
Σχήμα 26: Εκτατική μορφή εναλλακτικού σεναρίου 2γ δυναμικών παιγνίων.....346

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1: Συναρτήσεις αντίδρασης δυοπωλίου Cournot.....69
Γράφημα 2: Συναρτήσεις αντίδρασης δυοπωλίου Stackelberg.....74
Γράφημα 3: Συναρτήσεις αντίδρασης δυοπωλίου Bertrand.....76
Γράφημα A_1: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....183
Γράφημα A_2: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνομένων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....184
Γράφημα A_3: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....185
Γράφημα B_1: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....211
Γράφημα B_2: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνομένων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....212
Γράφημα B_3: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....212
Γράφημα B_4: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο B_2.....217
Γράφημα B_5: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνομένων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο B_2.....218
Γράφημα B_6: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο B_2.....218
Γράφημα Γ_1: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....246
Γράφημα Γ_2: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνομένων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....247

Γράφημα $Γ_3$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....247
Γράφημα $Δ_1$: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....274
Γράφημα $Δ_2$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνομένων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....275
Γράφημα $Δ_3$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....275
Γράφημα $Δ_4$: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο $Δ_2$.....281
Γράφημα $Δ_5$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνομένων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο $Δ_2$.....281
Γράφημα $Δ_6$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο $Δ_2$.....282
Γράφημα $Ε_1$: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....308
Γράφημα $Ε_2$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνομένων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....309
Γράφημα $Ε_3$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων.....309

Εισαγωγή - Σύνοψη

Στην παρούσα εργασία ασχολούμαστε με την αποτίμηση κινδύνου στα πλοία στηριζόμενοι στις αρχές της θεωρίας παιγνίων. Στόχος μας είναι να αναδείξουμε ένα διαφορετικό τρόπο για τον εντοπισμό αλλά και την αντιμετώπιση των κινδύνων, που είναι πιθανό να εμφανιστούν πάνω στο πλοίο, στηριζόμενοι περισσότερο όχι σε τυποποιημένες φόρμες ερωτηματολογίων αλλά σε μαθηματικές προσεγγίσεις που, όπως ήδη αναφέραμε, έχουν σαν βάση τους την ραγδαίος αναπτυσσόμενη τα τελευταία χρόνια θεωρία παιγνίων. Ασφαλώς δεν φιλοδοξούμε να φέρουμε την "επανάσταση" στον κλάδο της θαλάσσιας ασφάλειας, αλλά είμαστε βέβαιοι ότι η προσέγγισή μας στην έρευνα αυτή θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για μια σειρά καινοτομιών που θα προήγαγαν τον συγκεκριμένο τομέα σε νέο επίπεδο. Η εργασία μας χωρίζεται σε τέσσερα μέρη, των οποίων το περιεχόμενο συνοψίζεται παρακάτω.

Το πρώτο μέρος της μελέτης είναι κυρίως θεωρητικής φύσεως καθώς επικεντρωνόμαστε στο να εξηγήσουμε τι ακριβώς είναι η θεωρία παιγνίων. Ξεκινώντας το κεφάλαιο αυτό απαντώνται ερωτήματα ως προς το ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της θεωρίας, αλλά και με ποιον τρόπο μπορούν να περιγραφούν και να αναλυθούν οι εφαρμογές της. Στην συνέχεια, και στο μεγαλύτερο κομμάτι του πρώτου αυτού μέρους, περνάμε στην ταξινόμηση των παιγνίων και στην εκτενή περιγραφή τους με αριθμητικά παραδείγματα ώστε να αντιληφθούμε τον τρόπο λειτουργίας της θεωρίας στην οποία στηρίζονται τα δύο τελευταία κεφάλαια.

Στο δεύτερο μέρος, το οποίο είναι και αυτό θεωρητικής φύσεως, ασχολούμαστε με την αποτίμηση κινδύνου στα πλοία. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο ξεκινάει με την παράθεση στοιχείων που παρουσιάζουν κάποιους από τους κινδύνους στους οποίους εκτίθεται ένα πλοίο και τονίζεται έτσι το πόσο επιτακτική είναι η ανάγκη για την τήρηση των διεθνών κανονισμών ασφάλειας. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τη Διεθνή Σύμβαση SOLAS, έτσι ώστε να έχουμε μια πρώτη εικόνα για το Κεφάλαιο XI-2, το οποίο υιοθετήθηκε από τη Σύμβαση το Δεκέμβριο του 2002 και αναφέρεται σε ειδικά μέτρα για την αύξηση της θαλάσσιας ασφαλείας. Παραθέτουμε επίσης αναλυτικά τους 13 κανονισμούς από τους οποίους το Κεφάλαιο αυτό αποτελείται. Το αμιγώς θεωρητικό κομμάτι του δευτέρου μέρους συμπληρώνεται με την παρουσίαση του εγγράφου MSC.159(78), το οποίο αποτελεί μια βασική καθοδήγηση όσον αφορά την υλοποίηση των μέτρων ασφαλείας εν ισχύ και τη συμμόρφωση με αυτά. Επιδίωξη του εγγράφου αυτού είναι να βοηθήσει στον εντοπισμό και την διόρθωση των διακριτών ατελειών στο σχέδιο ασφαλείας (security plan) του πλοίου, στον εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης, στην επικοινωνία με το λιμένα, και στο ίδιο το προσωπικό του πλοίου. Κλείνοντας το κεφάλαιο περιγράφουμε τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η αποτίμηση κινδύνου στα πλοία σήμερα και αναλύουμε την αναφορά του SSA (Ship Security Assessment) παραθέτοντας τα συμπεράσματά μας.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι και το βασικότερο κομμάτι της μελέτης μας. Στο μέρος αυτό της εργασίας έχουμε δημιουργήσει υποθετικά σενάρια στα οποία πλοίο τύπου Ro-Ro, το οποίο εκτελεί ακτοπλοϊκά δρομολόγια στα Ελληνικά νησιά, δέχεται επίθεση ενώ μέρος του πληρώματος (οι φύλακες) έχει αναλάβει την υπεράσπιση του. Πιο συγκεκριμένα έχουμε δημιουργήσει πέντε πιθανούς τρόπους επίθεσης οι οποίοι είναι:

1. δηλητηρίαση επιβατικού κοινού και πληρώματος από τρομοκρατική οργάνωση,
2. κατάληψη του πλοίου με σκοπό την απόκτηση λύτρων από πειρατές,
3. βομβιστική επίθεση από τρομοκρατική οργάνωση ενώ το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι,
4. ληστεία στο καζίνο του πλοίου και
5. δολιοφθορά από ανταγωνιστική εταιρεία.

Για κάθε ένα από τα σενάρια αυτά οι επιτιθέμενοι έχουν συγκεκριμένες στρατηγικές δράσης, τις οποίες προσπαθούν να αποκρούσουν οι αμυνόμενοι με τις επίσης ορισμένες δικές τους στρατηγικές. Η επίλυση των σεναρίων στηρίζεται στο κομμάτι της θεωρίας παιγνίων δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος (two person zero-sum games), έχοντας κάνει κάποιες αναγκαίες παραδοχές. Με τη βοήθεια του excel στο οποίο έχουμε δημιουργήσει τη διαδικασία επίλυσης καταλήγουμε κάθε φορά στον "νικητή" του σεναρίου. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι εκτός από την κατάληξη του σεναρίου μπορούμε να προβλέψουμε και τις πιθανότητες των στρατηγικών με τις οποίες σκοπεύουν κάθε φορά να δράσουν οι δύο αντίπαλες πλευρές. Τέλος αφού προσδιορίσουμε τη λύση σε κάθε σενάριο, σχολιάζουμε τα αποτελέσματα και κρίνουμε την εγκυρότητα τους με τη βοήθεια αναλύσεων ευαισθησίας.

Στο τέταρτο μέρος της εργασίας μας έχουμε δουλέψει σε ένα μοτίβο παρόμοιο με αυτό του τρίτου κεφαλαίου. Πιο αναλυτικά επεξεργαζόμαστε ένα σενάριο επίθεσης σε κρουαζιερόπλοιο που διανυκτερεύει σε λιμάνι. Η διαφορά με τα σενάρια του προηγούμενου κεφαλαίου είναι ότι πλέον συμμετέχουν τρεις παίκτες στο παίγνιο μας (φύλακες, τρομοκράτες, δυνάμεις καταστολής) και η διαδικασία επίλυσης στηρίζεται σε ένα άλλο κομμάτι της θεωρίας παιγνίων, τα δυναμικά παίγνια (διαφορετικός τρόπος επίλυσης). Το συγκεκριμένο σενάριο επίθεσης επιλύεται σε διαφορετικές εκδοχές από τις οποίες προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Τέλος παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα συμπεράσματα που αποκομίσαμε και από τα τέσσερα κεφάλαια της εργασίας μας και αξιολογούμε την πρακτική τους εφαρμογή.

Introduction – Brief summary

In this present essay we are dealing with the issue of threat assessment on ships, based on the principles of game theory. Our target is to bring out a different way for identifying as well as dealing with threats that are likely to occur on a ship, not based on standardized questionnaires but on mathematical approaches which, as we have already mentioned, make use of game theory, a field that is rapidly developing these last few years. We do not aspire to bring about a "revolution" to the branch of security at sea, however, we are sure that our approach in this research paper could become the foundation of a series of innovations that would take this field of research to another level. Our essay is divided in four parts, the context of which is summarized below.

The first part of the essay is mostly theoretical as we focus on explaining what the exact definition of game theory is. In the beginning of this chapter we answer questions such as which are the fundamental principles of the theory as well as in which way its applications can be explained and analyzed. Furthermore, in what constitutes the largest part of this first chapter, we advance on to the classification of the games and their detailed description with arithmetical examples so that we are able to conceive the function of the theory on which the last two chapters are based.

In the second, also theoretical, part we are dealing with the issue of threat assessment on ships. This particular chapter begins with the display of data which demonstrate some of the threats a ship is likely to face and highlight in this way the urgent need to abide by the international security regulations. What is more, we present the International Convention SOLAS, so that we can provide a context for Chapter XI-2, which was adopted by the Convention in December 2002 and refers to the special measures to be taken for the increase of security at sea. This aforementioned Chapter consists of 13 regulations which are cited in the next part of the essay. This purely theoretical part of the second chapter is completed with the presentation of the MSC.159(78) document, which is an essential guide to the compliance with and implementation of security measures in force. The objective of this document is to help identify and rectify the distinct defects of the security plan of the ship, of the emergency gear, of the communication with the port and of the crew of the ship. Closing the chapter we describe the way threat assessment is carried out today and analyze the SSA report (Ship Security Assessment) indicating our conclusions.

The third chapter is the most important part of our research. In this part of the essay we have created some imaginary scenarios, in which a Ro-Ro ship which navigates the coastal lines between the Greek islands is attacked and a part of the crew

(the guards) have undertaken its defence. More specifically, we have created five possible ways of attack which are:

1. Poisoning of passengers and crew by a group of terrorists,
2. Seizure of the ship by pirates to ransom,
3. Bomb attack by a group of terrorists while the ship is docked,
4. Robbery in the casino of the ship and
5. Sabotage by rival firm.

In each one of the above scenarios the attackers have specific action strategies, which the defenders are trying to repel with their own, also specific, strategies. The scenarios are settled according to "two person zero-sum games" system, having made certain necessary assumptions. Within the Excel environment, the settlement procedure leads us up to the "victor" of each scenario. It is rather interesting that not only can we predict the outcome but also the odds of the strategies according to which either side is planning to act each time. Finally, after we assess the settlement of each scenario, we comment on the results and examine their validity with the help of sensitivity analysis.

In part four of our research we work on a similar pattern as the one described above. More specifically, we process a scenario of an attack on a cruise ship that is staying in port overnight. The difference between the scenarios of the previous chapter and the scenario in question is that there are now three players in our game (the guards, the terrorists and riot control forces) and the settlement procedure is based on a different chapter of game theory, the dynamic games (different way of settlement). This attack scenario is settled in multiple versions from which interesting conclusions arise.

Finally, we summarize the conclusions we have obtained from all four chapters of our essay and we evaluate their implementation.

Λέξεις κλειδιά (Keywords): Θεωρία παιγνίων (Game theory), Παίγνια μηδενικού αθροίσματος (Zero sum games), Δυναμικά παίγνια (Dynamic games), Αποτίμηση κινδύνου (Threat assessment), Θαλάσσια ασφάλεια (Maritime security).

1. ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θεωρία παιγνίων μελετά το πώς λαμβάνονται οι αποφάσεις από αλληλεξαρτώμενες μονάδες λήψης αποφάσεων όταν υφίσταται σύγκρουση συμφερόντων. Οι μονάδες μπορεί να είναι οικονομικές, πολιτικές ,στρατιωτικές, κλπ. Δηλαδή, οι αντίπαλοι μπορεί να είναι όχι μόνο δύο παίκτες σκάκι αλλά και δύο επιχειρήσεις, ένα εργατικό σωματείο και η εργοδοσία, δύο πολιτικά κόμματα, δύο δικηγόροι, δύο στρατοί κλπ. Αρκεί ο κάθε παίκτης να επιδιώκει το συμφέρον του, δεδομένων των ιδιαιτεροτήτων του (να είναι ορθολογικός) και να είναι βέβαιος ότι το ίδιο κάνει και ο αντίπαλός του (να είναι και λειτουργικά ορθολογικός).

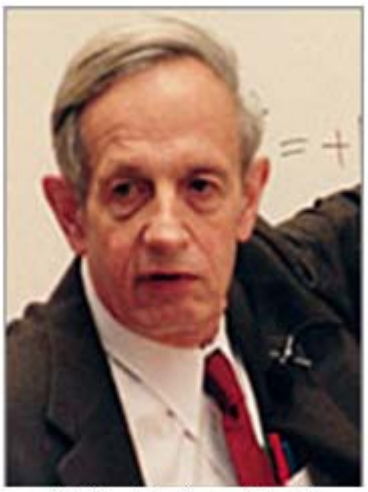
Γενικότερα, πρόκειται για ένα αναλυτικό όργανο, που όμως δεν οδηγεί πάντα σε οριστικά συμπεράσματα όπως τα μαθηματικά, παρά το αυστηρά επιστημονικό πλαίσιο ανάπτυξής του. Δεν είναι τυχαίο ότι εντοπίζονται ορισμένες ουσιώδεις διαφορές στα εγχειρίδια θεωρίας παιγνίων, είναι απλώς ανθρωπίνως αδύνατο να προβλεφθούν και να υποδειγματοποιηθούν όλες οι φανερές και κρυφές πτυχές, όλα τα «αν», σε μια σχέση αντιπαράθεσης. Για αυτό και ίσως μερικές φορές αναρωτιόμαστε αν αυτό που κάνει η Θεωρία είναι να επαναδιατυπώνονται τα αυτονόητα με γλώσσα τεχνική και ορισμένες φορές μυστικιστική. Η απάντηση ασφαλώς είναι Όχι, γιατί η εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων αποκαλύπτει πλευρές μιας αντιπαλότητας, που είναι αδύνατον να συλλάβει από μόνη της η μαθηματική προσέγγιση. Επομένως, η εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων είναι απαραίτητη, αλλά πρέπει να καθοδηγεί και όχι να υποκαθιστά τη μαθηματική ανάλυση.

Η παραπάνω διαπίστωση ασφαλώς δεν αποτελεί μια ακόμα επιβεβαίωση των πρωτείων των μαθηματικών. Οι καταστάσεις στις οποίες καλείται να δώσει λύση η θεωρία παιγνίων είναι τέτοιας φύσης ώστε ούτε τα μαθηματικά να μπορούν από μόνα τους να προσφέρουν λύση. Ποτέ για παράδειγμα δεν μπορεί να υπάρξει κάποιος αλγόριθμος νικηφόρας στρατηγικής στο σκάκι εάν δεν λάβει υπόψη τις δυνατότητες υλοποίησής της από τους παίκτες, και εκεί θα έχει το λόγο η θεωρία παιγνίων. Η ουσία είναι, λοιπόν, ότι μαθηματικά και θεωρία παιγνίων αλληλοσυμπληρώνονται και δεν χρησιμοποιούνται ανταγωνιστικά.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Προάγγελος της Θεωρίας παιγνίων ο Γάλλος οικονομολόγος Augustin Cournot, ο οποίος το 1838 ανέλυσε ολιγοπωλιακές καταστάσεις με τρόπο παρόμοιο με τις σύγχρονες μεθόδους της θεωρίας (μοντέλο Cournot). Στην συνέχεια ο Άγγλος οικονομολόγος Francis Edgeworth το 1881 ασχολήθηκε με την εφαρμογή των μαθηματικών στις κοινωνικές επιστήμες, ενώ το 1913 ο Γερμανός καθηγητής Ernest Zermelo απέδειξε ότι το σκάκι έχει λύση κάτω από οποιαδήποτε κατάσταση. Η ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων αποδίδεται στον Ούγγρο φυσικό και μαθηματικό John Von Neumann (1928), ο οποίος μελετώντας το αντικείμενο αυτό ανακάλυψε και όρισε την σχέση της θεωρίας παιγνίων με το μαθηματικό προγραμματισμό. Αργότερα ο George B. Dantzig δημιούργησε την θεωρία Simplex του γραμμικού προγραμματισμού και έτσι δόθηκε η δυνατότητα να επιλυθούν πολλά προβλήματα της θεωρίας παιγνίων. Το 1944 οι John Von Neumann και Oskar Morgenstern εξέδωσαν το βιβλίο "Theory of Games & Economic Behavior", όπου όρισαν αξιωματικά την θεωρία της χρησιμότητας, ανέλυσαν διεξοδικά τις βέλτιστες λύσεις στα παιχνίδια μηδενικού αθροίσματος και εισήγαγαν μια νέα κατηγορία παιχνιδιών, τα συνεργατικά παίγνια. Το 1950 ο Αμερικάνος μαθηματικός John Nash εισήγαγε την έννοια της ισορροπίας, η οποία είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη έννοια στη σύγχρονη θεωρία παιγνίων. Με απλά λόγια η ισορροπία Nash σε ένα παιχνίδι είναι μια κατάσταση από την οποία δεν συμφέρει κανέναν παίκτη να ξεφύγει μεμονωμένα. Το 1965 και 1975 ο Reinhard Selten γενίκευσε τις ιδέες του Nash στα δυναμικά παίγνια, ενώ ο John Harsanyi το 1967-1968 γενίκευσε τις ιδέες του Nash σε παιχνίδια μη-πλήρους πληροφόρησης σχετικά με τις προτιμήσεις και τις αποφάσεις των άλλων παικτών. Να σημειωθεί ότι οι Selten και Harsanyi μοιράστηκαν μαζί με τον John Nash το βραβείο Nobel στα οικονομικά το 1994. Στον τομέα της συνεργάσιμης θεωρίας παιγνίων σημαντική ήταν η προσφορά του Shapley, ενώ τέλος ο Lemke, με την ανάπτυξη του ομώνυμου αλγόριθμου έκανε το πρώτο βήμα στην ανακάλυψη αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση παιγνίων.

(John Von Neumann)



(John Forbes Nash)

1.3 ΟΡΙΣΜΟΣ

Παίγνιο είναι γενικά μια κατάσταση σύγκρουσης συμφερόντων, στην οποία οι αντίπαλοι, οι παίκτες του παιγνίου, ακολουθούν στρατηγικές για τη μεγιστοποίηση ο καθένας της απόδοσης του απ' αυτήν την κατάσταση. Για να είμαστε ακριβείς αυτό ισχύει για τη μη-συνεργατική θεωρία παιγνίων (non-cooperative game theory) σε αντίθεση με τη συνεργατική θεωρία παιγνίων (co-operative game theory), η οποία επικεντρώνεται στο πως διαμορφώνουν αποφάσεις ομάδες ατόμων που μπορούν να συνάψουν ανάμεσα τους δεσμευτικές συμφωνίες. Μπαίνουμε στον χώρο της μη-συνεργατικής θεωρίας όταν είναι αδύνατη η σύναψη τέτοιων συμφωνιών ή όταν υπάρξει σύγκρουση συμφερόντων ομάδων που έχουν σχηματιστεί από τέτοιες συμφωνίες. Αυτό πάλι δεν σημαίνει ότι η μη-συνεργατική θεωρία παιγνίων αποκλείει τη συνεργασία, την δέχεται όταν αυτή υπαγορεύεται από το ατομικό συμφέρον. Να τονίσουμε εδώ ότι η μη-συνεργατική θεωρία καλύπτει το μεγαλύτερο και συχνότερα χρησιμοποιούμενο κομμάτι της θεωρίας παιγνίων.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό του παιγνίου, μόνο ορθολογικοί (rational) παίκτες μπορούν να παίζουν παίγνια, διότι αυτό ακριβώς σημαίνει ότι ο κάθε παίκτης πρέπει να μεγιστοποιεί την απόδοσή του. Η απόδοση (payoff) είναι η τελική έκβαση ενός παιγνίου. Αν το παίγνιο δεν περιλαμβάνει μόνο μια κίνηση (move) αλλά πολλές στη σειρά, η ορθολογικότητα μιας κίνησης δεν μπορεί να ορισθεί σε όρους αποδόσεων, γιατί μόνο η τελική κίνηση συνδέεται με κάποια απόδοση.

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τον Kreps (1988) η θεωρία παιγνίων ασχολείται με αποφάσεις, υπό αβέβαιες συνήθως συνθήκες, όπου εμπλέκονται δύο ή και περισσότεροι νοήμονες «αντίπαλοι», και όπου ο καθένας τους φιλοδοξεί να βελτιστοποιήσει τη δική του απόφαση σε βάρος των άλλων ή σε συνεργασία με άλλους, διαμορφώνοντας ίσως συνασπισμούς. Εφόσον συμμετέχουν τουλάχιστον δύο παίκτες με τουλάχιστον δύο στρατηγικές ο καθένας με αντίθετα συμφέροντα ,το αποτέλεσμα για κάθε παίκτη καθορίζεται από τις συνδυασμένες επιλογές όλων των παικτών και δίνεται από τον πίνακα αποτελεσμάτων του παιγνίου. Ονομάζουμε λοιπόν παίγνιο την κατάσταση σύγκρουσης ή ανταγωνισμού ή και συνεργασίας μεταξύ αντιπάλων.

1.4 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως και για να γίνουν καλύτερα αντιληπτά, θα αναλύσουμε επιπλέον τα κύρια χαρακτηριστικά στα οποία στηρίζεται η θεωρία παιγνίων. Κατά τον Graham R. (1997) είναι σύνηθες να διακρίνουμε την εν λόγω θεωρία σε δύο κλάδους, τη μη-συνεργατική θεωρία παιγνίων (non-cooperative game theory) και τη συνεργατική θεωρία παιγνίων (co-operative game theory). Στην

μη-συνεργατική θεωρία παιγνίων οι «αντίπαλοι» ή «παίκτες» που συμμετέχουν στο παίγνιο δεν έχουν τη δυνατότητα να προβούν σε δεσμεύσεις ή σε συμφωνίες μεταξύ τους. Πρόκειται δηλαδή για μια καθαρά ατομικιστική προσέγγιση. Αντίθετα η συνεργατική θεωρία παιγνίων αναλύει καταστάσεις στις οποίες τέτοιου είδους συνεργατικές προσεγγίσεις είναι πιθανές. Πιο συγκεκριμένα επικεντρώνεται στον τρόπο με τον οποίο ομάδες παικτών δεσμεύονται μεταξύ τους παίρνοντας ορθολογικά κοινές αποφάσεις. Να αναφέρουμε ότι αυτή η διάκριση δεν σημαίνει ότι η μη-συνεργατική θεωρία παιγνίων εμποδίζει τους παίκτες να συνεργαστούν, αλλά για να συμβεί κάτι τέτοιο θα πρέπει πρώτα να ικανοποιείται το ατομικό συμφέρον των εμπλεκομένων παικτών. Από αυτήν την οπτική λοιπόν ξεκαθαρίζεται ότι οι παίκτες πλέον δεν συνεργάζονται διότι έτσι είναι αναγκασμένοι να πράξουν, αλλά γιατί οι ίδιοι το επιλέγουν.

Αξιοσημείωτο πάντως είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι ευδιάκριτος ο διαχωρισμός μεταξύ συνεργάσιμης και μη θεωρίας παιγνίων. Για παράδειγμα πολυσύνθετοι οργανισμοί όπως εμπορικοί οίκοι, κυβερνήσεις αλλά ακόμα και χώρες θεωρείται ότι παίρνουν αποφάσεις εντελώς ατομικιστικά και μεμονωμένα. Είναι δηλαδή προφανές ότι μιλάμε για υπεραπλουστεύσεις οι οποίες δεν συνάγουν με τον πραγματικό τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις από τους εκάστοτε οργανισμούς. Σκοπός αυτών των απλουστεύσεων όμως είναι για να κάνει τα υπολογιστικά μοντέλα πιο βολικά.

Σημαντικό χαρακτηριστικό της θεωρίας παιγνίων είναι επίσης ότι οι εμπλεκόμενοι υποτίθεται ότι είναι λειτουργικά ορθολογικοί. Αυτό σημαίνει ότι ο εκάστοτε παίκτης ενεργεί για το δικό του συμφέρον, πράγμα που προϋποθέτει ότι οι παίκτες είναι ικανοί να προσδιορίσουν, έστω και πιθανολογώντας, τις αποδόσεις των πράξεων τους και να δείξουν προτίμηση σε κάποιες από αυτές.

Ωστόσο και σε αυτό το σημείο υπάρχουν επιφυλάξεις σχετικά με την ορθολογικότητα των παικτών. Αναλογιζόμενοι την πολυπλοκότητα αρκετών αποφάσεων και το πλήθος των πληροφοριών που συχνά πρέπει να αναλυθεί, κάτι τέτοιο φαντάζει μη ρεαλιστικό. Στην πραγματικότητα μάλιστα από πειραματικές μελέτες προέκυψε ότι οι παίκτες ενδέχεται να μην είναι πλήρως ορθολογικοί, καθώς μπορούν να δώσουν λύση σε περίπλοκα παίγνια υιοθετώντας απλουστευμένους κανόνες που είναι γενικώς λιγότερο αποδοτικοί.

Από την άλλη αξίζει να αναφερθεί για την ορθολογικότητα ότι δεν αποσκοπεί στο να περιγράψει το πως οι παίκτες παίρνουν αποφάσεις για την λύση πολύπλοκων προβλημάτων, αλλά λειτουργεί υποθετικά ως προς το τι θα έπρατταν οι παίκτες αν ήταν πλήρως ορθολογικοί. Είναι δηλαδή προφανές ότι η υπόθεση για ορθολογικότητα χρησιμοποιείται και για να απλουστεύσει τα υπολογιστικά μοντέλα. Όπως άλλωστε αναφέρεται από τον Friedman (1953), όλες οι θεωρίες πρέπει να περιλαμβάνουν

απλουστευτικές παραδοχές καθώς καμιά δεν είναι σε θέση να συμπεριλάβει το σύνολο των πιθανών πτυχών της πραγματικότητας. Σύμφωνα με αυτήν τη μεθοδολογία η παραδοχή της ορθολογικότητας δεν θα πρέπει να απορριφθεί μερικώς εξαιτίας του ότι πιστεύεται ότι δεν είναι ρεαλιστική. Κάτι τέτοιο βέβαια μπορεί να ισχύσει στην περίπτωση που τα αποτελέσματα τα όποια στηρίζονται πάνω στην προαναφερθείσα παραδοχή προκύψουν μη εξυπηρετικά. Δηλαδή είτε αν η θεωρία προσφέρει ασυνάρτητα αποτελέσματα είτε αν τα αποτελέσματά της βγαίνουν λανθασμένα συγκρινόμενα με εμπειρικά αποδεδειγμένα συμπεράσματα. Κλείνοντας, είναι καλό μια θεωρία που χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία αυτή να κρίνεται από την χρησιμότητά της περισσότερο από τον ρεαλισμό των υποθέσεών της.

Τέλος θα αναφερθούμε στην αμοιβαία αλληλεξάρτηση των εμπλεκομένων ενός παιγνίου. Σε μια τέτοια κατάσταση το κέρδος του κάθε παίκτη από ένα παίγνιο είναι, τουλάχιστον μερικώς, εξαρτημένο από τις ενέργειες των άλλων συμμετεχόντων. Κατά αυτόν τον τρόπο οι εμπλεκόμενοι έχουν το κίνητρο να δράσουν στρατηγικά. Έτσι μέσω του στρατηγικού τρόπου λήψης αποφάσεων οι παίκτες προσπαθούν να προβλέψουν τις επιπτώσεις που οι δικές τους πράξεις θα έχουν πάνω στην συμπεριφορά των αντιπάλων τους. Κατά αυτό τον τρόπο ο κάθε συμμετέχων στο παίγνιο αποφασίζει ποια είναι η καλύτερη (optimal) στρατηγική του ώστε να αποκομίσει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

1.5 ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι περιγραφής και ανάλυσης των παιγνίων. Λέμε ότι το παίγνιο είναι σε εκτεταμένη μορφή όταν οι κανόνες που το διέπουν περιγράφονται μέσω ενός δένδρου, του δένδρου παιγνίου. Οι κινήσεις στο δένδρο παιγνίου δηλώνονται ως κλάδοι και ο παίκτης που έχει σειρά για να κάνει μια κίνηση ως κορυφή ή κόμβος. Παριστάνονται επίσης οι πληροφορίες και οι επιλογές που είναι στη διάθεση των παικτών, όπως και οι τελικές αμοιβές ή απώλειες όλων των παικτών στο τέλος του «παιξίματος».

Ένα παίγνιο σε εκτεταμένη μορφή είναι τέλειας πληροφόρησης εάν δεν γίνονται ταυτόχρονες κινήσεις και για κάθε κίνηση όλοι οι παίχτες γνωρίζουν τις επιλογές που έγιναν σε όλες τις προηγούμενες κινήσεις, έστω και αν οι κινήσεις ήταν τυχαίες. Το σκάκι είναι παράδειγμα παιγνίου τέλειας πληροφόρησης, ενώ το πόκερ δεν είναι. Η μορφή των παιγνίων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην ανάπτυξη προγραμμάτων υπολογιστών που παίζουν επιτραπέζια παιχνίδια, όπως σκάκι και τάβλι.

Ένας δεύτερος τρόπος περιγραφής παιγνίου απαιτεί την θεώρηση όλων των δυνατών στρατηγικών κάθε παίκτη και γίνεται μέσω της δήλωσης των αμοιβών ή απωλειών των παικτών, οι οποίες είναι αποτέλεσμα όλων των εναλλακτικών

συνδυασμών των στρατηγικών που επιλέγουν. Έτσι, π.χ. τα πεπερασμένα παίγνια δύο παικτών περιγράφονται συνήθως με τη βοήθεια δύο μήτρων και τότε μιλάμε για τα διμητρικά παίγνια ή δι-πινακοπαίγνια. Οι μήτρες αυτές παρουσιάζουν μέσω των στοιχείων τους την αμοιβή ή την απώλεια των παικτών κάθε ζεύγους στρατηγικών, όπου οι στρατηγικές του ενός αντιστοιχούν στις γραμμές των μήτρων, ενώ οι στρατηγικές του άλλου στις στήλες.

Δεν είναι απαραίτητο να περιγράψουμε ένα παίγνιο αποκλειστικά με τη βοήθεια μήτρων. Εάν, π.χ ο αριθμός των στρατηγικών του κάθε παίκτη δεν είναι πεπερασμένος, τότε οι στρατηγικές αυτές θα μπορούσαν να περιγράφουν σαν στοιχεία κάποιου συνόλου, ενώ οι αμοιβές ή οι απώλειες των παικτών θα μπορούσαν να εκφραστούν σαν πραγματικές συναρτήσεις με πεδίο ορισμού το καρτεσιανό γινόμενο των συνόλων των στρατηγικών. Όταν η περιγραφή ενός παιγνίου γίνεται με αυτό το τρόπο λέμε ότι το παίγνιο είναι σε κανονική μορφή. Σε αυτήν τη μορφή, ο δυναμικός χαρακτήρας των παιγνίων υποβαθμίζεται. Έχουμε δηλαδή παίγνια ενός «παιξίματος», όπου οι παίκτες ενεργούν μόνο μια φόρα και χώρια κάποια εξαρτώμενη σειρά αποφάσεων. Παίγνια με αυτήν τη μορφή είναι με άλλα λόγια στατικά. Τα παίγνια σε κανονική μορφή είναι συνήθως πιο κατάλληλα στην περιγραφή περίπλοκων πραγματικών εφαρμογών της αγοράς, της οικονομίας κ.α. Είναι επίσης πιο κατάλληλα για τη θεωρητική και αλγοριθμική μελέτη, ιδίως στην περίπτωση που τα σύνολα των στρατηγικών δεν είναι πεπερασμένα.

1.5.1 Ταξινόμηση παιγνίων

Τα παίγνια ταξινομούνται συχνά σε διάφορα είδη μέσω ποικίλων κριτηρίων. Αρχικά ένα βασικό κριτήριο, βάσει του οποίου μπορούμε να ταξινομήσουμε ένα παίγνιο είναι ο αριθμός των παικτών που συμμετέχουν. Αν λοιπόν συμμετέχουν δύο παίκτες, τα παίγνια ονομάζονται «παίγνια δύο παικτών», ενώ αν συμμετέχουν "n" παίκτες έχουμε τα «παίγνια n παικτών», όπου n>2. Η παρουσία δύο παικτών είναι η ελάχιστη απαίτηση για να έχουμε φαινόμενα ανταγωνισμού και συνεργασίας. Η παρουσία τριών ή και περισσοτέρων παικτών οδηγεί περαιτέρω και στη δυνατότητα σχηματισμού συνασπισμών, όπου μια ομάδα από δύο ή περισσότερους παίκτες ενώνουν τα ενδιαφέροντα τους και συναρμονίζουν τις στρατηγικές τους. Έτσι έχουμε «παίγνια με ή άνευ συνεργασίας», μια ταξινόμηση που βασίζεται στο κατά πόσο οι παίκτες πριν παίξουν το παίγνιο μπορούν να διαμορφώσουν συνασπισμούς και να επιτύχουν δεσμευτικές συμφωνίες για τις στρατηγικές.

Ακόμη μπορούμε να ταξινομήσουμε τα παίγνια σύμφωνα με το αν η σειρά που λαμβάνονται αποφάσεις παίζει ρόλο ή όχι. Έτσι έχουμε τα «δυναμικά» παίγνια όπου η σειρά με την οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις παίζει ρόλο και τα «στατικά» παίγνια, στα οποία η σειρά με την οποία ο παίκτης παίρνει τις αποφάσεις, δεν έχει σημασία.

Επιπλέον ο αριθμός στρατηγικών ταξινομεί τα παίγνια σε «πεπερασμένα» και σε «μη-πεπερασμένα» ή σε απειροπαίγνια. Επειδή οι αμοιβές ή οι απώλειες δύο παικτών με πεπερασμένο αριθμό στρατηγικών μπορούν να διαταχθούν σε πίνακες ή μήτρες, τα παίγνια αυτά είναι γνωστά ως μητρικά ή πινακοπαίγνια.

Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των παιγνίων είναι προς τα χαρακτηριστικά των συναρτήσεων αμοιβής ή απώλειας, Έτσι σε παίγνια δύο παικτών, όπου η αμοιβή του ενός είναι ίση με την απώλεια του άλλου και προέρχεται από αυτή, οι παίκτες βρίσκονται σε σύγκρουση και οποιαδήποτε συνεργασία είναι ανέφικτη. Τα παίγνια αυτά ονομάζονται παίγνια «μηδενικού αθροίσματος» αφού το άθροισμα των συνολικών αμοιβών είναι μηδενικό.

Στα παίγνια γενικού μη-μηδενικού αθροίσματος, υπάρχουν συνήθως στοιχεία ανταγωνισμού όσο και συνεργασίας. Έχουμε δηλαδή δύο ακραίες περιπτώσεις, στην ειδική περίπτωση παιγνίων μη-μηδενικού αθροίσματος οι παίκτες βρίσκονται σε σύγκρουση και η αμοιβή του ενός σημαίνει απώλεια για τον άλλο, ενώ στην ειδική περίπτωση παιγνίων σταθερής διαφοράς, οι παίκτες πρέπει να συνεργαστούν διότι είτε κερδίζουν μαζί είτε χάνουν μαζί.

Τέλος υπάρχει και μια ακόμη κατηγορία παιγνίων η οποία καθορίζεται από το εάν ο κάθε παίκτης επιλέγει διακριτές στρατηγικές. Πιο συγκεκριμένα, εάν ο παίκτης επιλέγει διακριτές στρατηγικές λέμε ότι ο παίκτης παίζει με καθαρή στρατηγική, οπότε και αυτού του είδους τα παίγνια ονομάζονται παίγνια «καθαρής στρατηγικής». Στην αντίθετη περίπτωση, όπου ο κάθε παίκτης είναι δυνατόν να επιλέξει έναν συνδυασμό στρατηγικών, λέμε ότι έχουμε παίγνια «μικτής στρατηγικής».

Στην πορεία της εργασίας, για να μπορέσουμε να αναλύσουμε τη θεωρία παιγνίων, θα γίνει ένας διαχωρισμός σε τέσσερεις βασικές κατηγορίες παιγνίων. Τα στατικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης, τα δυναμικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης, τα στατικά παίγνια μη πλήρους πληροφόρησης και τα δυναμικά παίγνια μη πλήρους πληροφόρησης.

1.6 ΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΙΓΝΙΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

1.6.1 Εισαγωγή

Όπως ήδη αναφέραμε υπάρχουν δύο κύριες μορφές παρουσίασης ενός παιγνίου, η κανονική και η εντατική. Αυτή που μας ενδιαφέρει για την υπό εξέταση κατηγορία παιγνίων είναι η κανονική ή στρατηγική μορφή, η οποία προσδιορίζει:

- τους αντίπαλους ή παίκτες του παιγνίου,
- τις διαθέσιμες σε κάθε παίκτη στρατηγικές υπό τη μορφή απλών κινήσεων και
- την απόδοση του κάθε παίκτη για κάθε δυνατό συνδυασμό στρατηγικών που θα μπορούσε να είχε επιλεγεί.

Οι στρατηγικές επιλογές στα στατικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης γίνονται χωρίς ο παίκτης να γνωρίζει το τι επιλέγει ο αντίπαλός του, δηλαδή όλοι οι παίκτες κάνουν τις επιλογές τους ταυτόχρονα. Η υπόθεση περί ταυτόχρονης επιλογής στρατηγικών είναι το ειδοποιό χαρακτηριστικό των στατικών παιγνίων. Αυτό δεν σημαίνει ότι και οι κινήσεις των παικτών πρέπει να γίνονται την ίδια στιγμή αρκεί να μην γνωρίζει ο κάθε παίκτης τις επιλογές των άλλων.

Ας δούμε τώρα κάποιες από τις σημαντικότερες τεχνικές επίλυσης των συγκεκριμένων παιγνίων και παραδείγματα που θα βοηθήσουν στην κατανόηση τους.

1.6.2 Κυρίαρχη Στρατηγική

Το παίγνιο που ακολουθεί από τους Luce and Raiffa (1957) ονομάζεται δίλημμα των φυλακισμένων (prisoner's dilemma) και είναι από τα βασικότερα παραδείγματα που συναντά κανείς σε όλα τα συγγράμματα, που ασχολούνται με τη θεωρία παιγνίων. Αυτό οφείλεται στο ότι, παρά την απλοϊκότητά του, είναι το ιδανικότερο για μια πρώτη επαφή με τη θεωρία και αυτό που μπορεί να μας βοηθήσει να αντιληφθούμε τη χρησιμότητά της.

Στο συγκεκριμένο παίγνιο έχουμε το σύνολο δύο παικτών (υπόδικος 1, υπόδικος 2), το σύνολο των στρατηγικών διαθέσιμο σε κάθε παίκτη, που εδώ είναι το ίδιο (ομολογία, μη ομολογία), ενώ οι αποδόσεις είναι αυτές που δίνονται σε κάθε κελί του πίνακα, όπου ο πρώτος αριθμός σε κάθε κελί είναι πάντα η απόδοση του παίκτη 1 και ο δεύτερος είναι η απόδοση του παίκτη 2.

		Υπόδικος 2	
		Μη Ομολογία	*Ομολογία*
Υπόδικος 1	*Μη Ομολογία*	-2,-2	-10,-1
	Ομολογία	-1,-10	-5,-5

(Πίνακας 1: Το δίλημμα των φυλακισμένων)

Αυτό που καθιστά το εν λόγω παίγνιο στατικό πλήρους πληροφόρησης και που του προσδίδει κάποια ρεαλιστικότητα, είναι η εξής κατάσταση. Δύο υπόδικοι έχουν συλληφθεί για κάποιο μικροαδίκημα, κατηγορούνται, επίσης και για κάποια σοβαρή παρανομία για την οποία, όμως, οι αρχές δεν διαθέτουν επαρκή στοιχεία για την καταδίκη τους. Εάν κάποιος από τους δύο υπόδικους ομολογήσει, τότε είναι βέβαιο πως θα καταδικαστούν. Οι αρχές, συνεπώς, δίνουν ξεχωριστά στον κάθε υπόδικο την ευκαιρία να ομολογήσει (και να γίνει μάρτυρας κατηγορίας). Έτσι, εάν ο ένας ομολογήσει, θα καταδικαστεί μόνο σε 1 χρόνο φυλάκισης, ενώ ο συνεργάτης του, που θα παραμείνει σιωπηλός, θα τιμωρηθεί με 10 χρόνια φυλάκισης. Εάν κανένας δεν ομολογήσει, τότε θα καταδικαστούν και οι δύο για το μικροαδίκημα σε 2 χρόνια φυλάκισης ο καθένας. Τέλος, εάν ομολογήσουν και οι δύο, περίπτωση κατά την οποία κανενός η μαρτυρία δεν είναι ουσιώδης για την απαγγελία κατηγορίας, θα καταδικαστούν αμφότεροι με τις μεγαλύτερες ποινές των 5 χρόνων φυλάκισης ο καθένας.

Είναι φανερό, πλέον, ότι οι αποδόσεις στον πίνακα του παιγνίου είναι αρνητικές γιατί είναι ποινές. Είναι εξίσου φανερό ότι μοναδική ισορροπία (λύση του παιγνίου) στο εν λόγω παίγνιο αποτελεί η ομολογία και των δύο υπόδικων και η καταδίκη τους είναι 5ετή φυλάκιση έκαστος. Κανένα άλλο ζεύγος στρατηγικών δεν αποτελεί ισορροπία, διότι, εάν ο ένας υπόδικος ομολογήσει (ή αναμένεται να ομολογήσει), η καλύτερη στρατηγική για τον άλλο είναι να ομολογήσει και αυτός, γιατί έτσι θα πάει 5 και όχι 10 χρόνια φυλακή. Ακόμα και κι αν ο ένας υπόδικος δεν ομολογήσει (ή δεν αναμένεται να ομολογήσει), εξακολουθεί να συμφέρει τον άλλο υπόδικο να γίνει μάρτυρας κατηγορίας, γιατί έτσι θα πάει 1 και όχι 2 χρόνια φυλακή.

Το κύριο χαρακτηριστικό του παιγνίου του διλήμματος των φυλακισμένων είναι ότι το αποτέλεσμα ισορροπίας υστερεί έναντι εκείνης της κοινής στρατηγικής κατά την οποία και οι δύο θα συμφωνούσαν να μην ομολογήσουν. Συνεπώς, αυτό το παίγνιο περιγράφει μια κατάσταση όπου μπορεί να βελτιώσει την ευημερία όλων των παικτών. Εάν οι δύο υπόδικοι μπορέσουν να βρουν τρόπο να συμφωνήσουν επ' αυτής της κοινής στρατηγικής, και ακόμη πιο σημαντικά, τρόπο να επιβάλλουν την εφαρμογή αυτής της συμφωνίας θα βρεθούν αμφότεροι σε καλύτεροι θέση από ότι εάν ενεργήσουν ανεξάρτητα. Αυτή ακριβώς η πλευρά κάθε κοινής στρατηγικής, δηλαδή η δυνατότητα επιβολής της εφαρμογής της συμφωνίας, είναι σημαντική, διότι ακόμη κι εάν οι δύο υπόδικοι συμφωνήσουν σε μια κοινή στρατηγική, εξακολουθεί

να είναι προς το συμφέρον και των δύο παικτών η παραβίαση μυστικά αυτής της συμφωνίας.

Συνοψίζοντας, βλέπουμε ότι στο συγκεκριμένο παίγνιο, όπως και σε όλα γενικότερα τα παίγνια διλλήματος φυλακισμένων, η λύση της μη συνεργασίας αποτελεί κυρίαρχη στρατηγική (dominant strategy) δηλαδή την αποδοτικότερη στρατηγική ανεξαρτήτως των επιλογών του αντιπάλου. Εφόσον, τώρα, ο κάθε παίκτης θεωρεί τον αντίπαλο του ορθολογικό και άρα ότι δεν θα επιλέξει μια κυριαρχούμενη στρατηγική (έτσι ώστε ο άλλος να αρχίσει να σκέφτεται σοβαρά να μην παίξει τη δική του κυρίαρχη στρατηγική), η μοναδική λύση στο παίγνιο είναι (Ομολογία, Ομολογία) με αποδόσεις (-5, -5).

Γενικά, η έννοια της κυρίαρχης στρατηγικής μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εξεύρεση λύσεων μέσω της διαδικασίας της επαναλαμβανόμενης απάλειψης κυριαρχούμενων στρατηγικών. Έτσι, στο παίγνιο μας βλέπουμε ότι για τον παίκτη 2 (υπόδικος 2) η στρατηγική της «μη-ομολογίας» κυριαρχείται από την στρατηγική της «ομολογίας», αφού ανεξάρτητα από την επιλογή του παίκτη 1, η υιοθέτηση αυτής της τακτικής είναι προς συμφέρον του (του παίκτη 2), καθώς -2<-1 και -10<-5. Κατά αυτόν τον τρόπο εάν ο παίκτης 1 γνωρίζει ότι ο αντίπαλος του είναι ορθολογικός και δεν θα παίξει μια κυριαρχούμενη στρατηγική, μπορεί να απαλείψει την στρατηγική της «μη-ομολογίας» του παίκτη 2 από το παίγνιο και να βασίσει τις επιλογές του στο απομένον παίγνιο.

		Υπόδικος 2
		Ομολογία
Υπόδικος 1	*Μη Ομολογία*	-10,-1
	Ομολογία	-5,-5

Στο απομένων παίγνιο η στρατηγική «μη-ομολογία» του παίκτη 1 κυριαρχείται από την «ομολογία», οπότε απαλείφοντας τη, οι παίκτες καταλήγουν στην, αναμενόμενη από τα όσα είπαμε πριν, λύση (Ομολογία, Ομολογία) με αποδόσεις (-5, -5).

		Υπόδικος 2
		Ομολογία
Υπόδικος 1	*Ομολογία*	-5,-5

Οι στρατηγικές που προκύπτουν από την επαναλαμβανόμενη απάλειψη όπως οι (Ομολογία, Ομολογία) στο προηγούμενο παίγνιο, αποκαλούνται εκλογικεύσιμες στρατηγικές (rationalizable). Είναι εκλογικεύσιμες ως στρατηγικές ισορροπίας, διότι

είναι εκείνες οι οποίες πρόκειται να παιχθούν ως η καλύτερη ανταπάντηση (best response, best replay), ως η πιο προσοδοφόρα αντίδραση του κάθε παίκτη στον άλλο δεδομένων των εικασιών τους για το ποιες στρατηγικές δεν πρόκειται να παιχθούν.

Η έννοια της κυρίαρχης στρατηγικής που αναπτύξαμε είναι εκείνη της αυστηρής (strict) κυριαρχίας. Υπάρχει, ωστόσο, σύμφωνα με τους Pearce (1984) και Bernhein (1984) και η χαλαρή ή ασθενής (weak) κυριαρχία, η οποία ενδεχομένως να επηρεάζει το αποτέλεσμα της επαναλαμβανόμενης απάλειψης κυριαρχούμενων στρατηγικών. Μια χαλαρά κυρίαρχη στρατηγική αποδίδει στον παίκτη περισσότερο (ως αποτέλεσμα στον πίνακα παιγνίων) σε σχέση με μια επιλογή του αντιπάλου, και το ίδιο στις υπόλοιπες στρατηγικές του αντιπάλου. Η ύπαρξη χαλαρής κυριαρχίας έχει σαν αποτέλεσμα η επ' άπειρο αλληλοεπιβεβαίωση της ορθολογικότητας των παικτών να απειλείται να διακοπεί.

Το ενδεχόμενο αυτό της διακοπής επηρεάζει το αποτέλεσμά της επαναλαμβανόμενης απάλειψης ανάλογα με το πώς η διακοπή επηρεάζει τη σειρά με την οποία αρχίζει η απάλειψη. Τέτοιο θέμα όμως δεν υφίσταται στην περίπτωση της αυστηρής κυριαρχίας, αφού τότε η σειρά με την οποία αρχίζει η επαναλαμβανόμενη απάλειψη δεν επηρεάζει το σύνολο των στρατηγικών που απομένουν από αυτήν. Γι' αυτό, εκλογικεύσιμες είναι μόνο οι στρατηγικές αυτού του συνόλου ως στρατηγικές καλύτερης ανταπάντησης, και οι στρατηγικές που απομένουν από την επαναλαμβανόμενη απάλειψη χαλαρά κυριαρχούμενων στρατηγικών, αποκαλούνται απλώς αποδεκτές (admissible) στρατηγικές.

Κλείνοντας, θα παρατηρήσουμε ότι η επαναλαμβανόμενη απάλειψη (και χαλαρά) κυριαρχούμενων στρατηγικών μας λέει το τι δεν θα κάνει ο παίκτης, σε αντίθεση με την ισορροπία Nash που μας δείχνει τι θα κάνει ο κάθε παίκτης. Στην ισορροπία Nash, που θα δούμε παρακάτω, η λύση περιορίζεται σε εκείνο το ζεύγος στρατηγικών που αν πράγματι παίζονταν κανένας παίκτης δεν θα είχε κίνητρο να απομάκρυνσης.

1.6.3 Ισορροπία Nash

Η επαναλαμβανόμενη απάλειψη, εκτός από την περίπτωση της χαλαρής κυριαρχίας, η οποία αφήνει ασαφή συμπεράσματα, έχει δύο σημαντικά μειονεκτήματα. Αρχικά η επαναλαμβανόμενη απάλειψη προϋποθέτει την ύπαρξη κοινής γνώσης της ορθολογικότητας των αντιπάλων. Δηλαδή, ότι σε κάθε στάδιο απάλειψης, ο εμπλεκόμενος παίκτης επανεξετάζει και επιβεβαιώνεται εκ νέου για την ορθολογικότητα των άλλων παικτών, έστω και αν πρόκειται για άπειρο αριθμό σταδίων. Κάτι τέτοιο δεν έχει νόημα, αφού η επαναλαμβανόμενη απάλειψη «γίνεται μόνο στα χαρτιά» για να απομονώσει ο κάθε παίκτης την πλέον συμφέρουσα γι' αυτόν στρατηγική. Δηλαδή, δεν εμπλέκεται το στοιχείο του χρόνου έτσι ώστε κάποιος

παίκτης να έχει λόγο να υποθέσει ότι κάτι μπορεί να άλλαξε στον αντίπαλο οπότε να χρειάζεται η επανεξέταση της ορθολογικότητάς του.

Το δεύτερο και ουσιαστικότερο μειονέκτημα είναι ότι ενδεχομένως ένα παίγνιο να μην έχει κυρίαρχες στρατηγικές και, συνεπώς, λύση. Στο παίγνιο που ακολουθεί δεν υπάρχουν τέτοιες στρατηγικές, ,όμως το παίγνιο αυτό έχει λύση εάν υποτεθεί ότι ο κάθε παίκτης επιλέγει τη στρατηγική που είναι αποδοτικότερη γι' αυτόν, όταν οι άλλοι παίκτες επιλέγουν τις αποδοτικότερες για αυτούς στρατηγικές. Η εν λόγω λύση δεν είναι άλλη από την ισορροπία Nash, Nash (1951).

		Παίκτης Β		
		B_1	B_2	B_3
	A_1	2, 5	5,2	6,4
Παίκτης Α	A_2	5,1	1,4	6,3
	A_3	4,6	3,5	7,7

(Πίνακας 2: Παράδειγμα ισορροπίας Nash)

Έτσι ο παίκτης Α σκέφτεται ως εξής:

- Εάν ο παίκτης Β επιλέξει B_1, εμένα η απόδοσή μου μεγιστοποιείται εάν επιλέξω A_2, διότι 5>4>2.
- Εάν πάλι επιλεγεί η B_2, εγώ θα επιλέξω A_1, γιατί 5>3>1.
- Σε περίπτωση που επιλεγεί η B_3, τότε με συμφέρει η υιοθέτηση της A_3, αφού 7>6.

Ο παίκτης Β σκέφτεται ως ακολούθως :

- Εάν ο παίκτης Α διαλέξει να παίξει A_1, εμένα με συμφέρει να παίξω B_1, διότι 5>4>2.
- Εάν παιχθεί η A_2, τότε καλύτερα να παίξω την B_2, γιατί 4>3>1.
- Εάν πάλι υιοθετηθεί η A_3, με συμφέρει να επιλέξω την B_3, αφού 7>6>5.

Δηλαδή, εξετάζοντας ο παίκτης Α ποια στρατηγική μεγιστοποιεί την απόδοσή του σε κάθε στήλη του παιγνίου και κάνοντας το ίδιο και ο παίκτης Β, αλλά για κάθε σειρά του παιγνίου (κανόνας για την εξεύρεση λύσης σε κάθε παίγνιο κανονικής μορφής), απομονώνει ο καθένας την αποδοτικότερη κίνηση του σε κάθε ενδεχόμενη κίνηση του αντιπάλου. Σε κάθε κίνηση του ενός παίκτη αντιστοιχεί και μια αποδοτικότερη κίνηση του άλλου παίκτη, που μπορεί και πάλι να αποδοθεί με τον όρο καλύτερη ανταπάντηση, αλλά τώρα άσχετα με την ύπαρξη εικασιών για το τι δεν πρόκειται να παιχτεί και επομένως, άσχετα με το θέμα της εκλογικευσιμότητας. Τώρα ο παίκτης μπορεί να προσδιορίσει επακριβώς το ποια από αυτές τις ενδεχόμενες κινήσεις θα επιλεγεί από τον αντίπαλο του και άρα τη δική του ανταπάντηση. Είναι δηλαδή εύλογο ο παίκτης να υποθέσει ότι ο αντίπαλός του θα παίξει την

αποδοτικότερη από τις αποδοτικότερες στρατηγικές του, που για τον παίκτη Α είναι η A_3, διότι 7>5, ενώ για τον παίκτη Β είναι η B_3, διότι 7>5>4. Έτσι η ισορροπία Nash οδηγεί στο ζεύγος στρατηγικών στο οποίο είναι υπογραμμισμένες (πάνω στον πίνακα παιγνίου) και οι δύο αποδόσεις, δηλαδή στο οποίο μεγιστοποιούνται οι αποδόσεις και των δύο παικτών, είναι το ζεύγος (A_3,B_3). (Προφανώς, η υπογράμμιση με μια παύλα αφορά τις αποδοτικότερες κινήσεις του παίκτη Α, ενώ η υπογράμμιση με δύο παύλες αφορά τον παίκτη Β).

1.6.4 Μεικτές Στρατηγικές

Το πρόβλημα με την ισορροπία Nash είναι ότι υπάρχουν παίγνια που έχουν πολλαπλές ισορροπίες και άλλα που δεν έχουν καθόλου. Τα παραπάνω δύο μειονεκτήματα μπορούν να επιλυθούν με την εισαγωγή μεικτών στρατηγικών (mixed strategies).

Στις μεικτές στρατηγικές κοιτάζοντας ένας παίκτης τις διαθέσιμες στρατηγικές στου αντιπάλου, δεν λέει ότι ο αντίπαλος μπορεί να παίξει εκείνη ή την άλλη στρατηγική, αλλά ότι ο αντίπαλος μπορεί να παίξει εκείνη τη στρατηγική με πιθανότητα h και την άλλη με πιθανότητα 1-h. Γενικά, η μεικτή στρατηγική δεν είναι τίποτα παραπάνω από μια κατανομή πιθανοτήτων, όπου:

για K διαθέσιμες στρατηγικές του παίκτη i, με k=1,2,…,K
έχω $h_i=(h_{i1}, h_{i2},\ldots, h_{iK})$ και $\sum_k h_{ik}=1$.

Μπορεί να δειχθεί ότι η επαναδιατύπωση ενός παιγνίου σε όρους μεικτών στρατηγικών έχει πάντα μια ισορροπία ως εξής: Η ύπαρξη πολλών ισορροπιών Nash απλών στρατηγικών ή η απουσία τέτοιων ισορροπιών συνεπάγεται για τους παίκτες αδιαφορία ως προς ποια στρατηγική να προτιμήσουν και άρα αβεβαιότητα για το τι θα παίξει ο αντίπαλος, μιας και πρέπει κάτι να παίξει. Η μεικτή στρατηγική του παίκτη i δείχνει τον βαθμό αβεβαιότητας που έχει ο αντίπαλός του, παίκτης j, ως προς το ποια απλή θα παιχτεί τελικά από τον i. Δηλαδή, η προσδοκώμενη απόδοση του j από την κάθε του απλή στρατηγική καταρχήν εξαρτάται από τα h_i τα οποία επιλέγονται τυχαία από τον i και ανεξάρτητα από τον j. Και επιπλέον πρέπει να είναι ίση για κάθε απλή στρατηγική αντανακλώντας το γεγονός της προτιμησιακής αδιαφορίας. Οι πιθανότητες h_i που βρίσκει έτσι ο j, και τα h_j στα οποία καταλήγει ο i, θα αποτελούν τις μεικτές στρατηγικές σε ισορροπία Nash.

Ας εξετάσουμε για παράδειγμα το παρακάτω παίγνιο της σύγκρουσης των φύλων, κατά Luce and Raiffa (1957) το οποίο παίζεται μεταξύ ενός ζευγαριού, της Μαρίας, που θα προτιμούσε για ψυχαγωγία να πάει στον κινηματογράφο, και του Γιώργου, που θα ήθελε να πάει περίπατο.

		Γιώργος	
		Κινηματογράφος	*Περίπατος*
Μαρία	*Κινηματογράφος*	4,2	0,0
	Περίπατος	0,0	2,4

(Πίνακας 3: Το παίγνιο της σύγκρουση των φύλων)

Ο πίνακας του παιγνίου δείχνει ότι οποιαδήποτε μονομερής παρέκκλιση από τα ζεύγη (Κινηματογράφος, Κινηματογράφος) και (Περίπατος, Περίπατος) είναι ζημιογόνα, γιατί, αν μη τι άλλο, καλύτερα η Μαρία και ο Γιώργος να είναι μαζί παρά να πάει η πρώτη στον κινηματογράφο και ο δεύτερος περίπατο. Είναι εμφανές ότι και τα δύο ζεύγη στρατηγικών που αναφέραμε αποτελούν ισορροπίες Nash, που, όμως, μπορούν να προκύψουν μονάχα εάν ο ένας τουλάχιστον παίκτης γνωρίζει (ή μπορεί να μαντέψει) τι θα παίξει ο άλλος. Εφόσον και οι δύο παίκτες επιλέγουν ταυτόχρονα, μπορεί για παράδειγμα ο Γιώργος να επιλέξει τον Κινηματογράφο για να μην δυσαρεστήσει την Μαρία, και η Μαρία να διαλέξει τον Περίπατο για να ευχαριστήσει το Γιώργο, με αποτέλεσμα να μην έχουμε ισορροπία. Αυτή η συμπεριφορά του Γιώργου ή της Μαρίας θα οδηγούσε σε ισορροπία Nash αν ο Γιώργος μάντευε σωστά τι θα επέλεγε η Μαρία και το αντίστροφο.

Αν και το παίγνιο διαθέτει, λοιπόν, δύο ισορροπίες Nash, ο κάθε παίκτης μπορεί να προτιμά τη μια εξ αυτών αλλά αυτό στρατηγικά δεν έχει καμία σημασία. Μπορεί ο παίκτης 1 (Μαρία) να προτιμά τον κινηματογράφο και ο παίκτης 2 (Γιώργος) τον περίπατο αλλά ως τρόπους ψυχαγωγίας, όχι ως στρατηγικές προοπτικές, γιατί και οι δύο επιλογές αποτελούν στρατηγικές ισορροπίας Nash. Ο κάθε παίκτης είναι στρατηγικά αδιάφορος ως προς τις δύο επιλογές, αλλά εφόσον πρέπει να επιλέξει μια εξ αυτών, θα το πράξει τυχαία, έτσι βέβαια ώστε να αντανακλά αυτή του την αδιαφορία. Δηλαδή, αν E_i η προσδοκώμενη απόδοση του παίκτη i, θα πρέπει

$$E_i(\text{κινηματογράφος})=E_i(\text{Περίπατος})$$

Οπότε αν h_1 και h_2 είναι οι πιθανότητες του παίκτη 1 και παίκτη 2 ως προς την επιλογή του Κινηματογράφου αντίστοιχα, η παραπάνω ισότητα θα είναι για τον παίκτη 1

$$h_2(4)+(1-h_2)(0)=h_2(0)+(1-h_2)(2) \Rightarrow h_2^N=1/3$$

και για τον παίκτη 2

$$h_1(2)+(1-h_1)(0)=h_1(0)+(1-h_1)(4) \Rightarrow h_1^N=2/3$$

		Παίκτης 2	
		Κινηματογράφος (h_2)	*Περίπ*ατος (1- h_2)
Παίκτης 1	*Κινηματογράφος* (h_1)	4,2	0,0
	Περίπατος (1-h_1)	0,0	2,4

(Οι πιθανότητες h_i^N αποτελούν τις μεικτές στρατηγικές σε ισορροπία Nash.)

Έτσι η ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών είναι

$$h^N(\text{παίκτη1})=(h_1^N,1-h_1^N)=(\frac{2}{3},\frac{1}{3}) \quad \text{και} \quad h^N(\text{παίκτη2})=(h_2^N,1-h_2^N)=(\frac{1}{3},\frac{2}{3})$$

Αυτό που μας λέει είναι ότι η πιθανότητα να συμπέσουν ο παίκτης 1 και ο παίκτης 2 στην επιλογή του Κινηματογράφου είναι 2/9, στην επιλογή του Περίπατου πάλι 2/9 και στον να βγουν έξω ξεχωριστά 5/9.

Η ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών (NEMS), δηλαδή, προσδιορίζει την πιθανότητα εμφάνισης ενός εκ των κελιών του πίνακα, ενός παιγνίου, ως το αποτέλεσμα επιλογής απλών στρατηγικών για τις οποίες δεν υπάρχει ιδιαίτερη προτίμηση εκ μέρους των παικτών (σε αντίθεση με την ισορροπία Nash που προκύπτει ως το αποτέλεσμα τέτοιας ακριβώς προτίμησης).

Υπάρχουν βέβαια παίγνια των οποίων ο πίνακας αποδόσεων δεν είναι των ίδιων διαστάσεων, και κατά τον υπολογισμό μιας ισορροπίας Nash μεικτών στρατηγικών, δεν μπορούμε να λάβουμε τον ίδιο αριθμό αγνώστων και εξισώσεων. Θεωρήσατε έτσι το παρακάτω παίγνιο, το οποίο δεν διαθέτει ισορροπία Nash σε όρους απλών στρατηγικών.

		Παίκτης Β		
		B_1	B_2	B_3
Παίκτης Α	A_1	2,$\underline{\underline{9}}$	4,7	$\underline{9}$,2
	A_2	$\underline{7}$,4	$\underline{5}$,5	2,$\underline{\underline{6}}$

(Πίνακας 4: Χρήση μεικτών στρατηγικών σε παίγνια μεγάλων διαστάσεων)

Η κατανομή πιθανοτήτων ως προς (A_1,A_2) είναι η (h_1,1-h_1) ενώ εκείνη να προς (B_1,B_2,B_3) είναι η $(h_2^1,h_2^2,1-h_2^1-h_2^2)$. Η ισότητα της προσδοκώμενης απόδοσης από την A_1, $E_1(A_1)$, με εκείνη από την A_2, $E_1(A_2)$, είναι η

$$2h_2^1+4h_2^2+9h_2^3=7h_2^1+5h_2^2+2h_2^3 \Rightarrow 5h_2^1+h_2^2=7h_2^3 \Rightarrow 12h_2^1+8h_2^2=7$$

Για τον παίκτη Β, οι ισότητες $E_2(B_1)= E_2(B_2)$, $E_2(B_1)= E_2(B_3)$ και $E_2(B_2)= E_2(B_3)$ είναι αντιστοίχως οι

$$9h_1+4(1-h_1)=7h_1+5(1-h_1) \Rightarrow h_1=1/3,$$
$$9h_1+4(1-h_1)=2h_1+6(1-h_1) \Rightarrow h_1=2/9,$$
$$7h_1+5(1-h_1)=2h_1+6(1-h_1) \Rightarrow h_1=1/6.$$

Εφόσον δίνουν διαφορετικά h_1, δεν υπάρχει μεικτή στρατηγική ισορροπίας στην οποία όλες οι απλές στρατηγικές να παίζονται με θετική πιθανότητα. Θα πρέπει να αναζητήσουμε την ή τις ισορροπίες Nash μεικτών στρατηγικών θέτοντας:

- $h_2^3=0$ στην $5h_2^1+h_2^2=7h_2^3$, αν δεχθούμε ότι $h_1= 1/3$, λαμβάνοντας $5h_2^1+h_2^2=0 \Rightarrow 5h_2^1+1-h_2^1=0 \Rightarrow 1+4h_2^1=0$
- $h_2^2=0$ στην $12h_2^1+8h_2^2=7$, αν δεχθούμε ότι $h_1= 2/9$, λαμβάνοντας $12h_2^1=7 \Rightarrow h_2^1=7/12$, άρα και $h_2^3=1-h_2^1=5/12$
- $h_2^1=0$ στην $12h_2^1+8h_2^2=7$, αν δεχθούμε ότι $h_1= 1/6$, λαμβάνοντας $8h_2^2=7 \Rightarrow h_2^2=7/8$, άρα και $h_2^3=1-h_2^2=1/8$

Έχοντας λάβει τα παραπάνω συμπεράσματα κρίνουμε την εγκυρότητά τους ώστε να βρούμε ποιο μας οδηγεί σε ισορροπία:

- Το πρώτο συμπέρασμα ότι $1+4h_2^1=0$ είναι άτοπο, διότι δεν μπορούμε να έχουμε αρνητικές πιθανότητες.
- Το δεύτερο συμπέρασμα ότι $h_1= 2/9$ και $h_2^1=7/12$, δηλαδή ο συνδυασμός κατανομών [(2/9, 7/9), (7/12, 0, 5/12)] ως προς $[(h_1,1-h_1),(h_2^1,h_2^2,h_2^3)]$, θα μπορούσε να αποτελεί ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών αν η υπό την κατανομή (2/9, 7/9) προσδοκώμενη απόδοση του παίκτη Β από την B_2 την οποία παίζει με μηδενική πιθανότητα,
$$7(2/9)+5(7/9)=49/9$$
δεν ήταν μεγαλύτερη είτε της προσδοκώμενης απόδοσης από την B_1
$$9(2/9)+4(7/9)=46/9<49/9$$
είτε της προσδοκώμενης απόδοσης από την από την B_3
$$2(2/9)+6(7/9)=46/9<49/9.$$
- Έτσι, μόνον η [(1/6, 5/6), (0, 7/8, 1/8)] απομένει ως ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών, μιας και η υπό κατανομή (1/6, 5/6) προσδοκώμενη απόδοση του παίκτη Β από την B_2, που παίζει με μηδενική πιθανότητα
$$9(1/6)+4(5/6)=29/6$$
είναι μικρότερη είτε της προσδοκώμενης απόδοσης από την B_1
$$7(1/6)+5(5/6)=32/6>29/6$$
είτε της προσδοκώμενης απόδοσης από την B_2
$$2(1/6)+6(5/6)=32/6>29/6$$

Η ουσία της συζήτησης μέχρι τώρα είναι ότι οι παίκτες προσδιορίζουν τις υπό την ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών πιθανότητες και άρα τις πιθανότητες σύμπτωσης σε ένα από τα κελιά του πίνακα απόδοσης ενός παιγνίου, αναγνωρίζοντας παράλληλα ότι η απλή στρατηγική που θα παιχτεί στην πράξη θα είναι το αποτέλεσμα τυχαίας και ανεξάρτητης επιλογής εκ μέρους των παικτών (στρίβοντας π.χ. ο καθένας το δικό του νόμισμα ή ρίχνοντας τα δικά του ζάρια ή χρησιμοποιώντας άλλο πιθανογεννήτορα μηχανισμό), χωρίς όμως ταυτόχρονα οι υπό την ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών πιθανότητες να είναι το αποτέλεσμα της χρήσης ενός τέτοιου μηχανισμού αλλά απόρροια της προτιμησιακής διαφοράς ως προς τις απλές στρατηγικές.

Μια ερμηνεία της κατανομής πιθανοτήτων μιας μεικτής στρατηγικής κατά Bernheim (1984) είναι ότι δίνει τις πιθανότητες με τις οποίες εικάζεται ότι ο αντίπαλος παίζει όχι τις όποιες στρατηγικές του γενικά, αλλά τις εκ της επαναλαμβανόμενης απάλειψης αυστηρά κυριαρχούμενων στρατηγικών εκλογικεύσιμες απλές στρατηγικές του. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται: Εφόσον μια εκλογικεύσιμη απλή στρατηγική του i αποτελεί καλύτερη ανταπάντηση στον j, δεδομένου των εικασιών του i για το ποιες απλές στρατηγικές δεν πρόκειται να παίξει ο j, τότε αν αυτές οι τελευταίες στρατηγικές είναι οι μη εκλογικεύσιμες του j, μια εκλογικεύσιμη απλή στρατηγική του i αποτελεί καλύτερη ανταπάντηση στον j δεδομένης της μεικτής στρατηγικής του i. Έτσι, μια στρατηγική του j αποτελεί τις εικασίες του j για τις απλές στρατηγικές καλύτερης ανταπάντησης του i στον j δεδομένης της μεικτής στρατηγικής i (των εικασιών του i για τις απλές στρατηγικές καλύτερης ανταπάντησης του j στον i).

Για να γίνει καλύτερα κατανοητό η προηγούμενη παράγραφος μας λέει ότι μια μεικτή στρατηγική του j θα αποτελεί η ίδια καλύτερη ανταπάντηση σε μια μεικτή στρατηγική του i, αν κάθε μια από τις απλές στρατηγικές (του i) στις οποίες αναφέρεται η μεικτή στρατηγική του j, αποτελεί καλύτερη ανταπάντηση στη μεικτή στρατηγική i, (στις εικασίες του i για τις απλές στρατηγικές καλύτερης ανταπάντησης του j στον i). Δηλαδή, αντίθετα με την ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών, που προϋποθέτει, όπως η κάθε ισορροπία Nash, κοινή γνώση της λύσης, αυτό το συμπέρασμα στηρίζεται σε μια ερμηνεία της μεικτής στρατηγικής, που αποτελεί έξοχο παράδειγμα της κοινής γνώσης της ορθολογικότητας.

Έτσι, όπως έχουμε θέσει το εν λόγω συμπέρασμα, οι ακριβείς κατανομές των παικτών που αποτελούν καλύτερη ανταπάντηση, μπορούν να βρεθούν δια της επαναλαμβανόμενης απάλειψης κυριαρχούμενων απλών και μεικτών στρατηγικών, όπως στο παράδειγμα που θα ακολουθήσει. Να σημειωθεί ωστόσο ότι το ίδιο συμπέρασμα μπορεί να τεθεί εναλλακτικά ως εξής: Μια μεικτή στρατηγική του j είναι εκλογικεύσιμη εάν οι απλές στρατηγικές στις οποίες αναφέρεται αυτή (η μεικτή στρατηγική), είναι οι εκλογικεύσιμες του i. Σε αυτή την περίπτωση, η εξεύρεση των

ακριβών κατανομών καλύτερης ανταπάντησης, μπορεί να γίνει δοκιμάζοντας διάφορες κατανομές ως προς στις εκλογικεύσιμες απλές στρατηγικές (που ήδη έχουμε βρει από την επαναλαμβανόμενη απάλειψη αυστηρά κυριαρχούμενων απλών στρατηγικών), και λαμβάνοντας εκείνες μόνον τις κατανομές που μεγιστοποιούν την προσδοκώμενη απόδοση.

Ας δούμε, τώρα, με τη δυνατότητα επαναλαμβανόμενης απάλειψης κυριαρχούμενων απλών ή μεικτών στρατηγικών από άλλες μεικτές στρατηγικές, που μπορεί να κυριαρχούν είτε αυστηρά είτε χαλαρά. Για να είμαστε ακριβείς, οι πιθανότητες που ορίζουν μια μεικτή στρατηγική μπορούν να επιλεγούν έτσι ώστε να υπάρχει πάντα αυστηρή κυριαρχία, όμως η χαλαρή κυριαρχία μας εξυπηρετεί στην πράξη.

		Παίκτης Β			
		B_1	B_2	B_3	B_4
Παίκτης Α	A_1	0,7	2,5	7,0	0,1
	A_2	5,2	3,3	5,2	0,1
	A_3	7,0	2,5	0,7	0,1
	A_4	0,0	0,-2	0,0	10,-1

(Πίνακας 5: Επαναλαμβανόμενη απάλειψη στρατηγικών από μεικτές στρατηγικές)

Στο συγκεκριμένο παίγνιο Bernheim (1984) δεν υπάρχει απλή στρατηγική που να κυριαρχεί στις άλλες. Όμως, η μεικτή στρατηγική (6/7,1/7) ως προς τις (B_1,B_3) ή η μεικτή στρατηγική (1/5,4/5) ως προς τις (B_2,B_3), όλες κυριαρχούν χαλαρά την B_4. Η πρώτη, για παράδειγμα, δίνει

- (6/7)(7)+(1/7)(0)=6 που είναι μεγαλύτερο της απόδοσης 1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_1,
- (6/7)(2)+(1/7)(2)=2 που είναι μεγαλύτερο της απόδοσης 1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_2,
- (6/7)(0)+(1/7)(7)=1 που ισούται με την απόδοση 1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_3 και
- (6/7)(0)+(1/7)(0)=0 που είναι μεγαλύτερο της απόδοσης -1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_4.

Η χαλαρή κυριαρχία στην περίπτωση της A_3, οφείλεται στη ευκολία με την οποία διαπιστώνεται ότι (1/7)(7)=1. Οποιαδήποτε άλλη πιθανότητα μεγαλύτερη του 1/7, για παράδειγμα η 1/2 της μεικτής στρατηγικής (1/2,1/2) ως προς (B_1,B_3), δίνει αυστηρή κυριαρχία, διατηρώντας ταυτόχρονα την αυστηρή κυριαρχία και στις άλλες περιπτώσεις ως εξής:

- (1/2)(7)+(1/2)(0)=3,5 που είναι μεγαλύτερο της απόδοσης 1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_1,
- (1/2)(2)+(1/2)(2)=2 που είναι μεγαλύτερο της απόδοσης 1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_2,
- (1/2)(0)+(1/2)(7)=3,5 που είναι μεγαλύτερο της απόδοσης 1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_3 και
- (1/2)(0)+(1/2)(0)=0 που είναι μεγαλύτερο της απόδοσης -1 υπό την B_4 όταν ο παίκτης Α παίζει A_4.

Επομένως, η επαναλαμβανόμενη απάλειψη δια της χρήσης μεικτών στρατηγικών οδηγεί πάντα σε αυστηρή κυριαρχία. Στο συγκεκριμένο παίγνιο απαλείφεται έτσι η B_4 και στο απομένον παίγνιο απαλείφεται η A_4, διότι κυριαρχείται πλέον αυστηρά από την A_2 (και χαλαρά από τις A_1 και A_3).

Θα ανέμενε έτσι κάποιος το σύνολο των εκλογικεύσιμων απλών ή μεικτών στρατηγικών, το σύνολο των στρατηγικών καλύτερης ανταπάντησης, να συμπίπτει με το σύνολο των απλών ή μεικτών στρατηγικών που απομένουν από την επαναλαμβανόμενη απάλειψη. Θα περίμενε δηλαδή κάποιος να υπάρχει γενίκευση του ανάλογου συμπεράσματος που προέκυψε από την περίπτωση της επαναλαμβανόμενης απάλειψης απλών στρατηγικών από άλλες αυστηρά κυρίαρχες απλές στρατηγικές. Πραγματικά αυτό συμβαίνει και στο προηγούμενο παίγνιο, οι εκλογικεύσιμες στρατηγικές είναι (A_1, A_2, A_3) για τον παίκτη Α και (B_1, B_2, B_3) για τον παίκτη Β, γιατί οι παίκτες είναι μόνο δύο. Όταν οι παίκτες είναι περισσότεροι των δύο, υπάρχει ενδεχόμενο ορισμένες μόνο από τις εκ της επαναλαμβανόμενης απάλειψης απομένουσες στρατηγικές να αποτελούν καλύτερη ανταπάντηση.

1.6.5 Παίγνια δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος

1.6.5.1 Εισαγωγή

Μια ιδιαίτερης αντιμετώπισης κατηγορία των στατικών παιγνίων πλήρους πληροφόρησης θα μπορούσε να θεωρηθεί η απλή περίπτωση των παιγνίων δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος. Όπως, ήδη έχουμε αντιληφθεί από την ονομασία τους, σε αυτού του είδους τα παίγνια περιλαμβάνονται μόνο δύο αντίπαλοι ή παίκτες (που θα μπορούσαν να είναι στρατοί, αθλητικές ομάδες, εμπορικοί οίκοι κ.ο.κ), ενώ ο όρος «μηδενικού αθροίσματος» οφείλεται στο γεγονός ότι τα κέρδη του ενός παίκτης προέρχονται από τις απώλειες του άλλου, έτσι ώστε το άθροισμα των κερδών και των δύο να ισούται με το μηδέν.

Για να απεικονίσουμε καλύτερα τα χαρακτηριστικά των παιγνίων δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος ας δούμε το παράδειγμα του παιχνιδιού κατά Graham R. (1997) που ονομάζεται «μονά και ζυγά» (odds and evens). Στο παιχνίδι αυτό και οι δύο παίκτες που συμμετέχουν καλούνται να φανερώσουν ταυτόχρονα ένα ή δύο

δάχτυλα από το χέρι τους. Αν το άθροισμα των δάχτυλων που φανερώνουν οι δύο παίκτες είναι ζυγός αριθμός, τότε ας πούμε πως ο παίκτης 1 κερδίζει το στοίχημα (για παράδειγμα 1 €) από τον παίκτη 2. Αν ο συνολικός αριθμός των δάχτυλων που φανερώνουν οι δύο παίκτες είναι μονός, τότε αντίστοιχα ο παίκτης 1 πληρώνει στον παίκτη 2 το αντίτιμο του στοιχήματος καθώς σε αυτή την περίπτωση έχει κερδίσει ο τελευταίος.

Γενικά ένα παίγνιο δύο ατόμων αποτελείται από:

- Τις στρατηγικές του παίκτη 1.
- Τις στρατηγικές του παίκτη 2.
- Τον πίνακα αποδόσεων.

Προτού το παιχνίδι ξεκινήσει, κάθε παίκτης ξέρει τις διαθέσιμες στρατηγικές του καθώς και του αντιπάλου του, ενώ παράλληλα γνωρίζει τις αποδόσεις που αποφέρουν. Οι επιλογές των στρατηγικών γίνονται ταυτόχρονα, χωρίς όμως να γνωρίζει ο καθένας την επιλογή του αντιπάλου του.

Ο πίνακας αποδόσεων που ακολουθεί μας δείχνει το κέρδος (θετικό ή αρνητικό) σε € για τον παίκτη 1, ενώ οι αποδόσεις του παίκτη 2 παραλείπονται διότι θα είναι οι ακριβώς αντίθετες από αυτές (λόγω της φύσης του παιγνίου μηδενικού αθροίσματος).

		Παίκτης 2	
		1	*2*
Παίκτης 1	*1*	1	-1
	2	-1	1

(Πίνακας 6: Παίγνιο μονά - ζυγά)

Οι αποδόσεις στον πίνακα του παιγνίου μπορεί να είναι σε οποιαδήποτε μονάδα θέλουμε (για παράδειγμα €) εξασφαλίζοντας όμως ότι αντιπροσωπεύει επακριβώς την ωφέλεια του παίκτη 1 για το αντίστοιχο αποτέλεσμα. Ωστόσο, η «ωφέλεια» μπορεί να μην είναι αναλογική με το ποσό των χρημάτων όταν στο παίγνιο εμπλέκονται μεγάλες ποσότητες. Για παράδειγμα, 2 εκατομμύρια € αξίζουν λιγότερο από το διπλάσιο του 1 εκατομμύριου € για ένα φτωχό άνθρωπο. Δηλαδή, αν του δινόταν η επιλογή μεταξύ της πιθανότητας 50% να κερδίσει 2 εκατομμύρια € ή τίποτα, και της σίγουρης αποδοχής 1 εκατομμύριου €, το πιο πιθανό θα ήταν ο φτωχός άνθρωπος να επιλέξει την τελευταία πρόταση. Από την άλλη, το αποτέλεσμα που θα αντιστοιχούσε σε μια συμμετοχή δύο παικτών σε πίνακα αποδόσεων θα άξιζε περισσότερο από τα διπλά για τον παίκτη 1 από ότι σε ένα παίγνιο με ένα συμμετέχοντα.

Ασφαλώς και στη συγκεκριμένη κατηγορία παιγνίων ισχύουν οι δύο υποθέσεις που έχουμε κάνει για τον τρόπο επιλογής στρατηγικών από τους παίκτες:

1. Και οι δύο παίκτες είναι ορθολογικοί.

2. και οι δύο παίκτες επιλέγουν τις στρατηγικές τους με γνώμονα την προσωπική ευημερία (καμία συμπόνια για τον αντίπαλο).

Στη συνέχεια θα δούμε διάφορους τρόπους επίλυσης των παιγνίων μηδενικού αθροίσματος και θα παραβάλλουμε παραδείγματα ώστε να γίνουν κατανοητοί.

1.6.5.2 Κυρίαρχες Στρατηγικές

Η λογική των κυρίαρχων στρατηγικών είναι ακριβώς η ίδια με αυτήν που είδαμε στα στατικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης. Ας τη δούμε όμως καλύτερα με το παρακάτω παράδειγμα πάλι κατά Graham R. (1997). Έστω ότι δύο πολιτικοί αντιτίθενται για την πρωθυπουργία της χώρας και πρέπει να ετοιμάσουν τα σχέδια της προεκλογικής τους εκστρατείας για τις τελευταίες δύο μέρες, που αναμένεται να είναι κρίσιμες λόγω του κλεισίματος του πολιτικού τους αγώνα. Για τον λόγο αυτόν και οι δύο πολιτικοί θέλουν να ξοδέψουν τις μέρες αυτές σε δύο πόλεις κλειδιά, την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Για να αποφύγουν τη σπατάλη του πολυτίμου προεκλογικού χρόνου σκοπεύουν να ταξιδεύουν νύχτα, και κατά αυτόν τον τρόπο να ξοδέψουν είτε μια ολόκληρη μέρα σε κάθε μια από τις πόλεις είτε ολόκληρο το διήμερο σε μια μόνο πόλη. Ωστόσο, καθώς οι απαραίτητες προετοιμασίες πρέπει να γίνουν προκαταβολικά, κανείς από τους δύο πολιτικούς δεν είναι σε θέση να μάθει τα σχέδια του αντιπάλου του προτού έχει κατασταλάξει στα δικά του. Έτσι, ο κάθε πολιτικός έχει ζητήσει από τον διαχειριστή της πολιτικής του εκστρατείας να αποτιμήσει τον αντίκτυπο που θα έχουν πάνω στις δύο πόλεις (σε σχέση με κερδισμένες ή χαμένες ψήφους) οι πιθανοί συνδυασμοί των επιλογών του, αλλά και του αντιπάλου του. Στην συνέχεια θα χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες αυτές για να επιλέξει την καλύτερη στρατηγική του για τις δύο αυτές μέρες.

Για να σχηματοποιήσουμε αυτό το πρόβλημα σε παίγνιο δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος αναγνωρίζουμε αρχικά τους δύο παίκτες (προφανώς τους δύο πολιτικούς), τις στρατηγικές του κάθε παίκτη και τον πίνακα αποδόσεων.

Βάση των δεδομένων του προβλήματος κάθε παίκτης έχει τις παρακάτω τρεις στρατηγικές:

- Στρατηγική 1: Ξοδεύει μια μέρα σε κάθε πόλη.
- Στρατηγική 2: Ξοδεύει και τις δύο μέρες στην Αθήνα.
- Στρατηγική 3: Ξοδεύει και τις δύο μέρες στην Θεσσαλονίκη.

Κάθε εισαγωγή στον πίνακα αποδόσεων αναπαριστά την ωφέλεια του παίκτη 1(ή τις αρνητικές επιπτώσεις στον παίκτη 2) από τα αποτελέσματα των στρατηγικών που ακολουθούν οι δύο πολιτικοί. Από την οπτική γωνία του κάθε πολιτικού, αντικείμενό τους είναι να κερδίσουν ψήφους, και κάθε επιπρόσθετος ψήφος έχει την ίδια αξία για αυτούς. Έτσι, οι κατάλληλες μονάδες για τον πίνακα αποδόσεων είναι οι συνολικοί

καθαροί ψήφοι που κερδίζονται από τον αντίπαλο τις δύο αυτές μέρες της προεκλογικής εκστρατείας. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στον Πίνακα 7.

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο συγκεκριμένος πίνακας αποδόσεων δεν θα ήταν ο κατάλληλος αν επιπρόσθετες πληροφορίες ήταν διαθέσιμες στους πολιτικούς. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι οι δύο πολιτικοί γνωρίζουν πως ακριβώς ο πληθυσμός σκοπεύει να ψηφίσει δύο μέρες πριν από τις εκλογές και έτσι ξέρει ακριβώς ο καθένας πόσους καθαρούς ψήφους (διαφορά ψήφων ανάμεσα στους υποψήφιους) χρειάζεται να πάρει με το μέρος του ώστε να κερδίσει τις εκλογές. Συμπερασματικά, η μόνη σημασία των δεδομένων που περιγράφονται από τον Πίνακα 7 θα είναι να υποδείξουν το ποιος πολιτικός θα κερδίσει τις εκλογές ανάλογα με τον συνδυασμό των επιλογών τους. Επειδή, λοιπόν, ο μέγιστος στόχος είναι η επικράτηση στις εκλογές και επειδή το μέγεθος της πλειοψηφίας είναι σχετικά δευτερεύουσας σημασίας, οι καταχωρήσεις στον πίνακα αποδόσεων θα είναι μια θετική σταθερά (ας πούμε +1) όταν ο πολιτικός 1 κερδίζει και μια αρνητική (-1) όταν χάνει. Ακόμα και αν μια πιθανότητα νίκης μπορεί να καθοριστεί για κάθε συνδυασμό στρατηγικών, οι κατάλληλες καταχωρήσεις θα είναι οι πιθανότητες νίκης, αφού αφαιρεθούν οι πιθανότητες ήττας.

		Παίκτης 2		
		1	*2*	*3*
Παίκτης 1	*1*	1	2	4
	2	1	0	5
	3	0	1	-1

(Πίνακας 7: Παίγνιο των αντίπαλων πολιτικών)

Οπότε εφαρμόζοντας την αρχή των κυρίαρχων στρατηγικών θα προσπαθήσουμε να καταλήξουμε σε μια και μόνο επιλογή. Έτσι, στον Πίνακα 7 δεν διακρίνουμε κάποια κυριαρχούμενη στρατηγική για τον παίκτη 2. Ωστόσο, για τον παίκτη 1, η στρατηγική 3 κυριαρχείται από την 1 καθώς η τελευταία έχει να προσφέρει στον1 μεγαλύτερες επιδόσεις (1≥0, 2≥1, 4≥-1) ανεξάρτητα από την επιλογή του παίκτη 2. Έτσι, απομακρύνοντας τη στρατηγική 3 από την περαιτέρω εξέλιξη του παιγνίου οδηγούμαστε στον παρακάτω, μικρότερο πλέον, πίνακα αποδόσεων.

		Παίκτης 2		
		1	*2*	*3*
Παίκτης 1	*1*	1	2	4
	2	1	0	5

Επειδή έχει υποτεθεί ότι και οι δύο παίκτες είναι ορθολογικοί, ο παίκτης 2 μπορεί να συμπεράνει ότι ο 1 έχει μόνο δύο στρατηγικές τις οποίες σκέφτεται να χρησιμοποιήσει. Έτσι, ο παίκτης 2 έχει πλέον μια κυριαρχούμενη στρατηγική, την 3,

η οποία κυριαρχείται και από την στρατηγική 1 αλλά και από την 2 καθώς αυτές αποδίδουν μικρότερες απώλειες στον παίκτη 2 (για την στρατηγική 1: 1≤4, 1≤5 και για την στρατηγική 2: 2≤4, 0≤5). Απαλείφοντας και αυτήν τη στρατηγική παραμένει ο παρακάτω πίνακας:

		Παίκτης 2	
		1	*2*
Παίκτης 1	*1*	1	2
	2	1	0

Στο σημείο αυτό η στρατηγική 2 του παίκτη 1 κυριαρχείται από την στρατηγική 1 (1≥1, 2≥0) και οδηγούμαστε στον απομένον πίνακα αποδόσεων.

		Παίκτης 2	
		1	*2*
Παίκτης 1	*1*	1	2

Πλέον, η στρατηγική 2 του παίκτη 2 κυριαρχείται από την στρατηγική 1 (1≤2) και έτσι και οι δύο παίκτες επιλέγουν ο καθένας την 1 στρατηγική του. Οπότε ο παίκτης 1 θα λάβει σαν απόδοση 1 από τον παίκτη 2 (δηλαδή στο παράδειγμά μας, ο πολιτικός 1 θα κερδίσει 1000 ψήφους από τον πολιτικό 2).

		Παίκτης 2
		1
Παίκτης 1	*1*	1

Γενικά, το αποτέλεσμα για τον παίκτη 1 όταν και οι δύο παίκτες αντιδρούν βέλτιστα ονομάζεται «αξία του παιγνίου» (value of the game). Ένα παίγνιο που έχει αξία μηδέν λέμε ότι είναι δίκαιο (fair game). Στο συγκεκριμένο παίγνιο, εφόσον η αξία ήταν ένα μιλάμε για μη-δίκαιο (unfair game) παίγνιο.

Η αρχή των κυριαρχούμενων στρατηγικών είναι πολύ χρήσιμη για τη μείωση του μεγέθους ενός πίνακα αποδόσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως και αυτήν που μελετήσαμε πριν, οδηγεί μέχρι και στη βέλτιστη λύση του παιγνίου. Ωστόσο, τα περισσότερα παίγνια απαιτούν μια διαφορετική προσέγγιση ώστε να καταλήξουν στη λύση του παιγνίου.

1.6.5.3 Κριτήριο minimax

Ας υποθέσουμε ότι ο πίνακας αποδόσεων που φαίνεται παρακάτω στον Πίνακα 8 είναι αυτός του παιγνίου των πολιτικών. Εξετάζοντας τον πίνακα βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν κυριαρχούμενες στρατηγικές, άρα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας άλλος τρόπος σκέψης για να προβλέψουμε την αντίδραση των παικτών.

Ας δούμε τη συλλογιστική πορεία του παίκτη 1. Επιλέγοντας τη στρατηγική 1, θα μπορούσε να κερδίσει 6 αλλά και να χάσει ένα μέγεθος της τάξης του 3. Ωστόσο επειδή ο παίκτης 2 είναι λογικός και θα προτιμήσει μια στρατηγική που θα τον προστατεύσει από μεγάλες απώλειες προς τον παίκτη 1, φαίνεται ότι ο παίκτης 1 θα υποστεί απώλειες αν παίξει τη στρατηγική 1. Παρόμοια, επιλέγοντας τη στρατηγική 3, ο παίκτης 1 θα μπορούσε να αποκομίσει κέρδος 5, αλλά είναι πιο πιθανό ο ορθολογικός αντίπαλός του να αποφύγει αυτήν την απώλεια και επιπλέον να του αποφέρει μια ζημιά του μεγέθους του 4. Από την άλλη, εάν ο παίκτης 1 προτιμήσει την στρατηγική 2, είναι εγγυημένο ότι δεν θα χάσει τίποτα αλλά έχει και την προοπτική να αποκομίσει κέρδος. Με βάση τα παραπάνω, καθώς η στρατηγική 2 προσφέρει τις καλύτερες εγγυήσεις, φαίνεται να είναι μια λογική επιλογή για τον παίκτη 1 ενάντια σε έναν λογικό αντίπαλο. (Η γραμμή των λογικών υποθέσεων ότι και οι δύο παίκτες είναι ενάντια σε επιλογές που θα αποφέρουν μεγαλύτερο κόστος από το απαιτούμενο έρχεται σε αντίθεση με τις προσωπικότητες παικτών που επιλέγουν να ρισκάρουν διεκδικώντας μεγάλα κέρδη.)

Ας δούμε τώρα τη συλλογιστική πορεία του παίκτη 2. Θα μπορούσε να χάσει 5 ή 6 χρησιμοποιώντας την στρατηγική 1 ή 3 αντίστοιχα, αλλά είναι εγγυημένο ότι δεν θα είχε απώλειες επιλέγοντας την 2. Έτσι, με την ίδια λογική της αναζήτησης μιας εγγυημένης στρατηγικής ενάντια σε ένα λογικό αντίπαλο, η φαινομενική επιλογή του είναι η στρατηγική 2.

Αν, λοιπόν, και οι δύο παίκτες επιλέξουν ο καθένας τη 2η στρατηγική του, το αποτέλεσμα θα είναι η ισορροπία. Επιπλέον, στη συγκεκριμένη περίπτωση κανένας από τους δύο παίκτες δεν μπορεί να βελτιώσει το ελάχιστο κέρδος του, αλλά και οι δύο ωθούνται από τον αντίπαλο στην ίδια θέση. Ακόμα και στην περίπτωση που ο αντίπαλος αφαιρεί συμπερασματικά μια στρατηγική του παίκτη, δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί την πληροφορία αυτή ώστε να βελτιώσει τη θέση του.

Το τελικό συμπέρασμα αυτού του είδους λογικής προσέγγισης της λύσης του παιγνίου είναι ότι κάθε παίκτης παίζει με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιήσει τις μέγιστες απώλειές του, οποτεδήποτε το αποτέλεσμα της επιλεγμένης στρατηγικής δεν μπορεί να γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης από τον αντίπαλο για να καλυτερεύσει την θέση του. Η προσέγγιση αυτή ονομάζεται κριτήριο minimax και χρησιμοποιείται από τη θεωρία παιγνίων για την επιλογή στρατηγικών. Το κριτήριο αυτό στην ουσία μας οδηγεί στην επιλογή μιας στρατηγικής η οποία θα είναι η καλύτερη ακόμα και αν η επιλογή αυτή ανακοινωθεί στον αντίπαλο προτού αυτός κάνει την κίνησή του. Ως αναφορά τον πίνακα αποδόσεων ο παίκτης 1 θα επιλέξει εκείνη τη στρατηγική της οποίας η ελάχιστη τιμή απόδοσης είναι ανώτερη από αυτή των υπόλοιπων στρατηγικών. Για τον παίκτη 2 η στρατηγική που θα επιλεγεί θα είναι αυτή της οποίας η μέγιστη τιμή απόδοσης (για τον παίκτη 1) είναι η μικρότερη. Η παραπάνω

διαδικασία εμφανίζεται στον Πίνακα 8, όπου η στρατηγική 2 αναφέρεται ως η maximin στρατηγική του παίκτη 1, και για τον παίκτη 2 η στρατηγική 2 είναι η minimax στρατηγική. Το αποτέλεσμα 0 είναι η αξία του παιγνίου (value of the game), και έτσι το παίγνιο είναι δίκαιο (fair game).

		Παίκτης 2			
		1	*2*	*3*	Minimum:
	1	-3	-2	6	-3
Παίκτης 1	*2*	2	0	2	0 ← Maximin value
	3	5	-2	-4	-4
Maximum:		5	0 ↑ Minimax value	6	

(Πίνακας 8: minimax κριτήριο, σταθερή λύση)

Να σημειωθεί ότι η ίδια απόδοση του πίνακα του συγκεκριμένου παιγνίου αντιπροσωπεύει και την maximin και τη minimax τιμή. Αυτό συμβαίνει διότι η συγκεκριμένη απόδοση είναι ταυτόχρονα η μικρότερη τιμή στη γραμμή της αλλά και η μεγαλύτερη στη στήλη της. Η απόδοση αυτή ονομάζεται σταθερή λύση (saddle point).

Το γεγονός ότι το συγκεκριμένο παιχνίδι διαθέτει saddle point έπαιξε καταλυτικό ρόλο στην απόφαση για το πώς πρέπει να παιχτεί. Εξαιτίας του saddle point κανείς από τους δύο παίκτες δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί την στρατηγική του αντιπάλου του βελτιώνοντας τη δική του θέση. Πιο συγκεκριμένα, όταν ο παίκτης 2 προβλέπει ή μαθαίνει ότι ο παίκτης 1 θα χρησιμοποιήσει τη στρατηγική 2, ο παίκτης 2 το μόνο που θα καταφέρει να κάνει θα είναι να αυξήσει τις απώλειές του αν παρεκκλίνει από την αρχική του επιλογή για χρησιμοποίηση της στρατηγικής 2. Παρόμοια, ο παίκτης 1 μόνο χειρότερη θα μπορούσε να κάνει τη θέση του αν άλλαζε τα αρχικά του πλάνα. Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι κανείς από τους δύο παίκτες δεν έχει κίνητρο να αλλάξει την επιλογή του είτε για να επωφεληθεί από την επιλογή του αντιπάλου του είτε για να αποτρέψει την πιθανότητα να εκμεταλλευτούν τον ίδιο. Έτσι, μιλάμε για μια σταθερή λύση ή λύση ισορροπίας (stable solution or equilibrium solution) όπου οι παίκτες 1 και 2 θα χρησιμοποιήσουν αποκλειστικά την maximin και minimax στρατηγική τους αντίστοιχα.

Υπάρχουν, ωστόσο, περιπτώσεις όπου το παίγνιο δεν έχει saddle point οπότε απαιτείται μια πιο περίπλοκη ανάλυση. Για παράδειγμα, έστω ότι στο παίγνιο της πολιτικής εκστρατείας αλλάζουν τα δεδομένα και πλέον ο πίνακας αποδόσεων γίνεται ο Πίνακας 9. Αν υποθέσουμε ότι και οι δύο παίκτες επιχειρούν να εφαρμόσουν το

κριτήριο minimax όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, ο παίκτης 1 μπορεί να εγγυηθεί ότι δεν θα έχει απώλειες μεγαλύτερες του 2 παίζοντας τη στρατηγική 1, ενώ παρόμοια ο παίκτης 2 δεν γίνεται να χάσει πάνω από 2 επιλέγοντας την 3 στρατηγική του.

Όμως, η τιμή maximin (-2) δεν συμπίπτει με τη minimax (2) σε αυτή την περίπτωση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μη ύπαρξη saddle point. Εξετάζοντας τις στρατηγικές, λοιπόν, που προέκυψαν υπό αυτήν τη μέθοδο μπορούμε να δούμε ότι ο παίκτης 1 θα κερδίσει 2 από τον παίκτη 2. Κάτι τέτοιο όμως θα αφήσει δυσαρεστημένο τον παίκτη 2 και εφόσον είναι ορθολογικός θα μπορέσει να προβλέψει το αποτέλεσμα αυτό και τότε θα αποφασίσει να αντιδράσει καλύτερα. Έτσι ο παίκτης 2 επιλέγει την στρατηγική 2 ώστε να αποκομίσει όφελος 2 αντί για ζημιά 2. Επειδή όμως και ο παίκτης 1 είναι το ίδιο ορθολογικός σπεύδει να αλλάξει την απόφασή του και να επιλέξει την στρατηγική 2 που θα του αποφέρει κέρδος 4 αντί απώλειας 2. Η αλλαγή αυτή στρατηγικών θα συνεχίζεται ωσότου επανέλθει στις αρχικές επιλογές των παικτών και έτσι να υπάρξει ένας ολόκληρος κύκλος χωρίς τέλος. Έτσι, η αρχικά προτεινόμενη λύση (ο παίκτης 1 επιλέγει την στρατηγική 1 και ο παίκτης 2 επιλέγει τη στρατηγική 3) είναι μια ασταθής λύση (unstable solution) και στη συνέχεια θα δούμε πως αντιμετωπίζεται.

		Παίκτης 2			
		1	*2*	*3*	Minimum:
	1	0	-2	2	-2 ← Maximin value
Παίκτης 1	*2*	5	4	-3	-3
	3	2	3	-4	-4
Maximum:		5	4	2 ↑ Minimax value	

(Πίνακας 9: minimax κριτήριο, ασταθής λύση)

1.6.5.4 Μεικτές στρατηγικές

Όταν ένα παίγνιο δεν διαθέτει saddle point, η θεωρία παιγνίων ωθεί τους παίκτες να προσδιορίσουν μια κατανομή πιθανοτήτων για το σύνολο των στρατηγικών τους. Για να το εκφράσουμε αυτό μαθηματικά, ορίζουμε:

x_i = πιθανότητα ο παίκτης 1 να χρησιμοποιήσει τη στρατηγική i (i = 1,2,...,m),

y_j = πιθανότητα ο παίκτης 2 να χρησιμοποιήσει τη στρατηγική j (i = 1,2,...,n),

όπου m και n ο αντίστοιχος αριθμός στρατηγικών. Έτσι αν ο παίκτης 1 καθορίσει ότι σχεδιάζει να συμμετάσχει στο παίγνιο με τις τιμές $x_1,x_2,\ldots,x_m$, οι οποίες τιμές απευθύνονται σε πιθανότητες και άρα είναι μη-αρνητικές και αθροίζουν στη μονάδα, και ο παίκτης 2 αντίστοιχα προσδιορίζει τις τιμές $y_1,y_2,\ldots,y_n$, τότε αναφερόμαστε σε μεικτές στρατηγικές (mixed strategies), και η κάθε μια από τις στρατηγικές αποκαλείται απλή στρατηγική (pure strategy).

Όταν το παιχνίδι έχει τελικά παιχτεί είναι αναγκαστικό για κάθε παίκτη να έχει χρησιμοποιήσει κάποια από τις απλές στρατηγικές του. Ωστόσο, η συγκεκριμένη απλή στρατηγική θα είχε επιλεγεί από κάποια τυχαία διάταξη που θα στηριζόταν στην παρατήρηση της διανομής πιθανοτήτων που θα είχαν καθορίσει πριν οι μεικτές στρατηγικές. Αυτή, λοιπόν, η παρατήρηση θα υποδείκνυε ποια συγκεκριμένα απλή στρατηγική θα χρησιμοποιηθεί.

Για να γίνουν καλύτερα αντιληπτά τα παραπάνω ας υποθέσουμε ότι οι παίκτες 1 και 2 στο πολιτικό παίγνιο που αντιστοιχεί στον Πίνακα 9 επιλέγουν τις μεικτές στρατηγικές $(x_1,x_2,x_3)=(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$ και $(y_1,y_2,y_3)=(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, αντίστοιχα. Αυτή η επιλογή μας λέει ότι ο παίκτης 1 δίνει την ίδια ευκαιρία (πιθανότητα $\frac{1}{2}$) για να επιλέξει είτε την απλή στρατηγική 1 είτε τη 2, αλλά απορρίπτει εντελώς τη στρατηγική 3. Παρομοίως, ο παίκτης 2 τυχαία επιλέγει ανάμεσα στις δύο τελευταίες απλές στρατηγικές του. Για να ολοκληρωθεί το παίγνιο θα μπορούσε ο κάθε παίκτης να στρίψει ένα κέρμα και να αποφασίσει έτσι ποια από τις δύο αποδεκτές στρατηγικές του θα χρησιμοποιήσει τελικά.

Παρότι κανένα πλήρως ικανοποιητικό μέσο για την αξιολόγηση των μεικτών στρατηγικών δεν είναι διαθέσιμο κάτι τέτοιο δεν ισχύει για την αναμενόμενη απόδοση (expected payoff) του παιγνίου. Εφαρμόζοντας τον ορισμό της θεωρίας πιθανοτήτων για την αναμενόμενη τιμή (expected value), η ποσότητα αυτή θα είναι:

$$\text{Αναμενόμενη απόδοση για τον παίκτη 1} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} p_{ij}x_i y_j$$

Όπου, p_{ij} είναι η απόδοση όταν ο παίκτης 1 χρησιμοποιεί την απλή στρατηγική i και ο παίκτης 2 χρησιμοποιεί την απλή στρατηγική j. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα υπάρχουν τέσσερεις πιθανές αποδόσεις (-2, 2, 4, -3), κάθε μια από τις οποίες εμφανίζεται με πιθανότητα $\frac{1}{4}$ και έτσι το αναμενόμενο αποτέλεσμα (expected payoff) είναι $\frac{1}{4}(-2+2+4-3)=\frac{1}{4}$. Πιο αναλυτικά:

		Παίκτης 2		
		1	*2*	*3*
	1	0	-2	2
Παίκτης 1	*2*	5	4	-3
	3	2	3	-4

όμως έχουμε θεωρήσει ότι $(x_1,x_2,x_3)=(½, ½, 0)$ και $(y_1,y_2,y_3)=(0, ½, ½)$, άρα για τον παίκτη 1 διώχνουμε την στρατηγική 3 και για τον παίκτη 2 διώχνουμε την στρατηγική 1 (αφού x_i και y_j η πιθανότητα να παιχτούν οι στρατηγικές i και j αντίστοιχα), άρα

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} p_{ij}x_iy_j = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=2}^{3} p_{ij}x_iy_j = \sum_{i=1}^{2}(p_{i2}x_iy_2 + p_{i3}x_iy_3) =$$
$$= p_{12}x_1y_2 + p_{13}x_1y_3 + p_{22}x_2y_2 + p_{23}x_2y_3 =$$
$$= (-2)\,½\,½ + 2\,½\,½ + 4\,½\,½ + (-3)\,½\,½ =$$
$$= ¼(-2+2+4-3) = ¼$$

Παρότι λοιπόν με τον τρόπο αυτόν δεν αποκαλύπτεται τίποτα για τα ρίσκα που περιλαμβάνει το παίγνιο, μας δίνεται ο μέσος όρος των αποδόσεων που πρόκειται να εμφανιστούν αν το παίγνιο επαναληφθεί αρκετές φορές.

Χρησιμοποιώντας αυτόν τον συλλογισμό η θεωρία παιγνίων επεκτείνει την αρχή του κριτηρίου minimax και σε περιπτώσεις έλλειψης saddle point και κατ' επέκταση χρήσης μεικτών στρατηγικών. Σε αυτήν την περίπτωση το κριτήριο minimax μας λέει ότι ένας δεδομένος παίκτης θα επιλέξει τη μεικτή στρατηγική η οποία ελαχιστοποιεί τη μέγιστη αναμενόμενη απώλεια στον εαυτό του. Ισοδύναμα, αν επικεντρωθούμε σε αποδόσεις (παίκτης 1) παρά σε απώλειες (παίκτης 2) το κριτήριο μας οδηγεί στην μεγιστοποίηση του ελάχιστου αναμενόμενου κέρδους του παίκτη. Όταν αναφερόμαστε σε ελάχιστο αναμενόμενο κέρδος εννοούμε τη μικρότερη δυνατή απόδοση που θα προκαλέσει κάποια μεικτή στρατηγική με την οποία προτίθεται να απαντήσει ο αντίπαλος παίκτης. Επιπλέον η μεικτή στρατηγική για τον παίκτη 1 που είναι βέλτιστη σύμφωνα με αυτό το κριτήριο είναι αυτή που εγγυάται (ελάχιστο αναμενόμενο κέρδος) ότι είναι η καλύτερη (μέγιστο). Η τιμή της καλύτερης αυτής εγγύησης είναι η τιμή maximin και συμβολίζεται ως $\underline{u}$. Παρόμοια, η βέλτιστη στρατηγική για τον παίκτη 2 είναι αυτή που του προσφέρει την καλύτερη εγγύηση (guarantee), όπου με τον όρο καλύτερη τώρα δηλώνεται η ελαχιστοποίηση και λέγοντας εγγύηση αναφερόμαστε στη μέγιστη δυνατή απώλεια που μπορεί να υποστεί από οποιαδήποτε μεικτή στρατηγική του αντιπάλου. Η τιμή της καλύτερης αυτής εγγύησης τώρα είναι η τιμή minimax και συμβολίζεται ως $\overline{u}$.

Αν έρθουμε στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται μόνο απλές στρατηγικές, τα παίγνια που στερούνται ενός saddle point είναι ασταθή (unstable). Ο λόγος που ισχύει κάτι τέτοιο είναι στην ουσία ότι $\underline{u} < \overline{u}$, οπότε οι παίκτες θέλουν να αλλάξουν την στρατηγική τους για να βελτιώσουν τη θέση τους. Παρόμοια, για παίγνια μεικτών στρατηγικών, είναι αναγκαίο $\underline{u} = \overline{u}$ για να είναι η βέλτιστη λύση σταθερή. Με βάση όμως το θεώρημα minimax της θεωρίας παιγνίων αυτή η υπόθεση ισχύει πάντα.

θεώρημα minimax: Αν επιτρέπεται η χρήση μεικτών στρατηγικών, το ζεύγος των μεικτών στρατηγικών που είναι βέλτιστο σύμφωνα με το κριτήριο minimax, μας οδηγεί σε σταθερή λύση όπου $\underline{u} = \overline{u} = u$ (u η βέλτιστη λύση του παιγνίου, η αξία του παιγνίου), ώστε κανείς από τους παίκτες να μην μπορεί να πετύχει κάτι καλύτερο αλλάζοντας μονομερώς τη στρατηγική του.

Ας δούμε όμως τώρα πως μπορούμε να βρούμε τη βέλτιστη μεικτή στρατηγική για κάθε παίκτη. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για να γίνει κάτι τέτοιο, εμείς θα επικεντρωθούμε στη μέθοδο που μετασχηματίζει το παίγνιο σε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, όσο μεγάλου μεγέθους και αν είναι αυτό, και με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή προσδιορίζεται η λύση.

1.6.5.5 Λύση με Γραμμικό Προγραμματισμό

Οποιοδήποτε παίγνιο με μεικτές στρατηγικές μπορεί να λυθεί αν μετασχηματισθεί σε πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού. Όπως θα δούμε αυτός ο μετασχηματισμός απαιτεί κάτι παραπάνω από την απλή εφαρμογή του θεωρήματος minimax και της χρήσης των ορισμών της τιμής maximin $\underline{u}$ και της τιμής minimax $\overline{u}$.

Αρχικά, ας προσπαθήσουμε να βρούμε τη βέλτιστη μεικτή στρατηγική για τον παίκτη 1. Όπως είδαμε προηγουμένως θα ισχύει:

$$\text{Αναμενόμενη απόδοση για τον παίκτη 1} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} p_{ij}x_i y_j \quad (1)$$

και η στρατηγική $(x_1,x_2,\ldots,x_m)$ είναι βέλτιστη εάν

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} p_{ij}x_i y_j \geq \underline{u} = u \quad (2)$$

για όλες τις αντίπαλες στρατηγικές $(y_1,y_2,\ldots,y_n)$. Η ανισότητα αυτή, όμως, θα ισχύει και για κάθε απλή στρατηγική του παίκτη 2, δηλαδή για κάθε μια από τις στρατηγικές $(y_1,y_2,\ldots,y_n)$ για την οποία θα ισχύει $y_j=1$ και έτσι οι υπόλοιπες θα ισούνται με το μηδέν. Κατά αυτό τον τρόπο για τον παραπάνω τύπο θα ισχύει:

$$\sum_{i=1}^{m} p_{ij}x_i \geq u \quad \text{για } j = 1,2,..,n \quad (3)$$

Η τελευταία αυτή ανισότητα (3) συνεπάγεται μια σειρά n από ανισότητες, οι οποίες οδηγούν στην αρχική αυθεντική ανισότητα.

$$\sum_{j=1}^{n} y_j(\sum_{i=1}^{m} p_{ij}x_i) \geq \sum_{j=1}^{n} y_j u \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} p_{ij}x_i y_j \geq \sum_{j=1}^{n} y_j u = u \quad (4)$$

καθώς $\sum_{j=1}^{n} y_j = 1$ (5)

Έτσι, λοιπόν, έχοντας τις παραπάνω n γραμμικές ανισότητες και τους επιπλέον περιορισμούς: $x_1+x_2+...+x_m = 1$, με $x_i \geq 0$ για $i = 1, 2, ..., m$ καθώς τα x_i είναι πιθανότητες, προσπαθώ να βρω τη βέλτιστη λύση μεικτών στρατηγικών ($x_1, x_2, \ldots, x_m$). Πρώτα όμως έχω να αντιμετωπίσω δύο παραμένουσες δυσκολίες· καταρχήν το u είναι άγνωστο και επιπλέον το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού δεν έχει αντικειμενική λειτουργία. Και οι δύο προαναφερθείσες δυσκολίες μπορούν να ξεπεραστούν αντικαθιστώντας την άγνωστη σταθερά u με την μεταβλητή x_{m+i} και στην συνέχεια μεγιστοποιώντας την x_{m+i}. Αυτόματα το x_{m+i} θα ισοδυναμεί με το u (εξ' ορισμού) στη βέλτιστη λύση του γραμμικού προγραμματισμού προβλήματος.

Δηλαδή από την (3), $\sum_{i=1}^{m} p_{ij}x_i \geq u$, όπου $u = x_{m+1}$ άρα $\Rightarrow$

$$\sum_{i=1}^{m} p_{ij}x_i \geq x_{m+1} \Rightarrow \sum_{i=1}^{m} p_{ij}x_i - x_{m+1} \geq 0 \quad (6)$$

Συνοψίζοντας, ο παίκτης 1 θα βρει την βέλτιστη μεικτή στρατηγική του λύνοντας το παρακάτω πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού:

Μεγιστοποίηση του x_{m+i},

όταν

$$\begin{aligned}
&p_{11}x_1+p_{21}x_2+...+p_{m1}x_m - x_{m+1} \geq 0\\
&p_{12}x_1+p_{22}x_2+...+p_{m2}x_m - x_{m+1} \geq 0\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&p_{1n}x_1+p_{2n}x_2+...+p_{mn}x_m - x_{m+1} \geq 0
\end{aligned}$$

και

$$x_1 + x_2 + ... + x_m = 1$$

$$x_i \geq 0, \text{ για } i = 1, 2, ..., m$$

Να σημειωθεί ότι για το x_{m+i} δεν υπάρχει περιορισμός στο να είναι θετικό, αν και η λύση του παραπάνω συστήματος μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν όλες οι μεταβλητές παίρνουν μη αρνητικές τιμές. Τη λύση στο ζήτημα αυτό θα τη δούμε παρακάτω.

Ας περάσουμε τώρα στον παίκτη 2. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία και αναφερόμενοι στον ίδιο πίνακα αποδόσεων με πριν (όπου οι αποδόσεις αναφέρονται στον παίκτη 1) η βέλτιστη μεικτή στρατηγική του θα δίνεται από την λύση του παρακάτω γραμμικού προγραμματισμού προβλήματος:

Ελαχιστοποίηση του y_{n+i},

όταν

$$p_{11}y_1 + p_{12}y_2 + ... + p_{1n}y_n - y_{n+1} \le 0$$
$$p_{21}y_1 + p_{22}y_2 + ... + p_{2n}y_n - y_{n+1} \le 0$$
$$.....$$
$$p_{m1}y_1 + p_{m2}y_2 + ... + p_{mn}y_n - y_{n+1} \le 0$$

και

$$y_1 + y_2 + ... + y_m = 1$$
$$y_i \ge 0, \text{ για } j = 1, 2, ..., n$$

Είναι πολύ εύκολο να δειχθεί ότι αυτό το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού με αυτό του παίκτη 1 είναι ίδια. Το γεγονός αυτό έχει αρκετές σημαντικές συνέπειες. Μια από αυτές είναι ότι οι βέλτιστες μεικτές στρατηγικές και για τους δύο παίκτες μπορούν να βρεθούν λύνοντας μόνο ένα από τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού. Ενώ μέσω της παρατήρησης αυτής μπορούμε να οδηγηθούμε εύκολα και στην απόδειξη του θεωρήματος minimax.

Μας έχει απομείνει τώρα μόνο μια εκκρεμότητα να αποσαφηνίσουμε, ως προς το πρόσημο των μεταβλητών x_{m+i} και y_{n+i} μέσα στους σχηματισμούς του γραμμικού προγραμματισμού. Αν είναι σαφές ότι $u \ge 0$ και άρα οι τιμές x_{m+i} και y_{n+i} είναι μη αρνητικές, τότε είναι ασφαλές να εφαρμόσουμε την διαδικασία επίλυσης με αυτές τις ποσότητες. Αν, ωστόσο, $u<0$ τότε πρέπει να γίνουν κάποιες ρυθμίσεις. Μια προσέγγιση θα ήταν να αντιστρέψουμε τους παίκτες 1 και 2 ώστε ο πίνακας αποδόσεων να ξαναγραφόταν ως προς τις αποδόσεις του παίκτη 2 πλέον, και έτσι η προκύπτουσα τιμή του u να είναι θετική. Ακόμα μια και πιο συχνά χρησιμοποιούμενη διαδικασία είναι να προστεθεί μια επαρκώς μεγάλη θετική σταθερά σε όλες τις τιμές του πίνακα αποδόσεων και έτσι το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου θα είναι θετικό (Για παράδειγμα, η συγκεκριμένη σταθερά θα μπορούσε να είναι ίση με την απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής απόδοσης που υπάρχει στον πίνακα). Επειδή η κοινή αυτή σταθερά προστίθεται σε όλες τις αποδόσεις του πίνακα, η παρέμβαση αυτή δεν μπορεί να μεταβάλλει τις βέλτιστες μεικτές στρατηγικές με κανέναν τρόπο, ενώ όσον αφορά το ενδεικνυόμενο αποτέλεσμα του παιγνίου, αυτό θα έχει αυξηθεί ποσοτικά όσο η θετική σταθερά, η οποία όμως μπορεί να αφαιρεθεί μόνο όταν έχουμε καταλήξει στο τελικό αποτέλεσμα.

Ας δούμε τώρα ένα παράδειγμα που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε την προσέγγιση της λύσης μέσω γραμμικού προγραμματισμού. Έστω, ότι έχουμε πάλι το πρόβλημα της προεκλογικής εκστρατείας των δύο πολιτικών με πίνακα αποδόσεων τον Πίνακα 9β.

		Παίκτης 2		
		1	*2*	*3*
	1	0	-2	2
Παίκτης 1	*2*	5	4	-3
	3	2	3	-4

(Πίνακας 9β: Παίγνιο γραμμικού προγραμματισμού)

Εφόσον υπάρχουν αρνητικές τιμές στον πίνακα αποδόσεων δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν η αξία u του παιγνίου (value of the game) είναι μη αρνητική. Προς το παρόν όμως ας υποθέσουμε ότι $u \geq 0$ και ας προχωρήσουμε στη διαδικασία που περιγράψαμε προηγουμένως.

Για να καταγράψουμε το μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού για τον παίκτη 1 για το παράδειγμα μας, αναφέρουμε ότι το p_{ij} είναι η τιμή του πίνακα αποδόσεων που βρίσκεται στη γραμμή i και στη στήλη j του Πίνακα 9β για i =1,2,3 και j =1,2,3. Όποτε:

Μεγιστοποίηση του x_4,

όταν

$$p_{11}x_1+p_{21}x_2+p_{31}x_3-x_4 \geq 0 \Rightarrow \quad 0x_1+5x_2+2x_3-x_4 \geq 0$$
$$p_{12}x_1+p_{22}x_2+p_{32}x_3-x_4 \geq 0 \Rightarrow \quad -2x_1+4x_2+3x_3-x_4 \geq 0$$
$$p_{13}x_1+p_{23}x_2+p_{33}x_3-x_4 \geq 0 \Rightarrow \quad 2x_1-3x_2-4x_3-x_4 \geq 0$$

και

$$x_1+x_2+x_3=1$$
$$x_i \geq 0, \text{ για } i=1,2,3$$

Λύνοντας τώρα το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή (π.χ πρόγραμμα excel solver) και αφού έχουμε προσθέσει τον περιορισμό $x_4 \geq 0$, προκύπτει: $x_1=\frac{7}{11}$, $x_2=\frac{4}{11}$, $x_3=0$, $x_4=\frac{2}{11}$ ως η βέλτιστη λύση. Συνεπώς η βέλτιστη μεικτή στρατηγική για τον παίκτη 1 σύμφωνα με το κριτήριο minimax είναι $(x_1,x_2, x_3) = (\frac{7}{11},\frac{4}{11},0)$ και η αξία (αποτέλεσμα) του παιγνίου $u=x_4=\frac{2}{11}$.

Περνώντας τώρα στον παίκτη 2 έχουμε να λύσουμε ένα παρόμοιο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο αναμένουμε να παρουσιάσει το ίδιο αποτέλεσμα. Οπότε:

Ελαχιστοποίηση του y_4,

όταν

$$p_{11}y_1+p_{12}y_2+p_{13}y_3-y_4 \geq 0 \Rightarrow \quad 0y_1-2y_2+2y_3-y_4 \leq 0$$
$$p_{21}y_1+p_{22}y_2+p_{23}y_3-y_4 \geq 0 \Rightarrow \quad 5y_1+4y_2-3y_3-y_4 \leq 0$$
$$p_{31}y_1+p_{32}y_2+p_{33}y_3-y_4 \geq 0 \Rightarrow \quad 2y_1+3y_2-4y_3-y_4 \leq 0$$

και
$$y_1+y_2+y_3=1$$
$$y_j \geq 0, \text{ για } j=1,2,3$$

Λύνοντας το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού και αφού έχουμε προσθέσει τον περιορισμό $y_4 \leq 0$, προκύπτει: $y_1=0$, $y_2=\frac{5}{11}$, $x_3=\frac{6}{11}$, $x_4=\frac{2}{11}$ ως η βέλτιστη λύση. Συνεπώς η βέλτιστη μεικτή στρατηγική για τον παίκτη 2 σύμφωνα με το κριτήριο minimax είναι $(y_1,y_2, y_3) = (0,\frac{5}{11},\frac{6}{11})$ και η αξία (αποτέλεσμα) του παιγνίου είναι ξανά $u=y_4=\frac{2}{11}$.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου λύσης και των δύο μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού προσθέσαμε έναν επιπλέον περιορισμό ότι $u \geq 0$. Αν η υπόθεση αυτή παραβιαζόταν το αποτέλεσμα της λύσης δεν θα ήταν αξιόπιστο· για να αποφύγουμε αυτό το ρίσκο θα μπορούσαμε να έχουμε προσθέσει σε όλες τις τιμές του πίνακα αποδόσεων τη θετική σταθερά 4 (η απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής απόδοσης του πίνακα) η οποία θα προσέδιδε μια αύξηση κατά 4 μονάδες στους συντελεστές των μεταβλητών x_1,x_2, x_3, y_1,y_2, y_3 μέσα στις περιοριστικές ανισότητες των δύο μοντέλων.

1.6.5.6 Γενικά

Η θεωρία παιγνίων δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος μπορεί να εξελιχθεί σε διαφορετικούς τύπους παιγνίου. Η απλούστερη γενίκευση είναι τα παίγνια δύο παικτών σταθερού αθροίσματος. Στην περίπτωση αυτή το άθροισμα των αποδόσεων των δύο παικτών είναι μια αμετάβλητη σταθερά (είτε θετική είτε αρνητική) ανεξάρτητα από τον συνδυασμό των στρατηγικών που επιλέγεται. Η μόνη διαφορά με τα παίγνια μηδενικού αθροίσματος είναι ότι στην τελευταία περίπτωση το σταθερό άθροισμα πρέπει να είναι μηδενικό. Η λογική του μη-μηδενικού αθροίσματος στηρίζεται στο γεγονός ότι ο ένας παίκτης μπορεί να μην κερδίζει κάτι το οποίο θα χάσει ο αντίπαλός του, αλλά οι δύο παίκτες να πρέπει να διεκδικήσουν κάποια αμοιβή ή κάποιο κόστος κατά τη συμμετοχή τους στο παίγνιο. Η προσθήκη της αμετάβλητης αυτής σταθεράς δεν επηρεάζει τις επιλογές των παικτών και η ανάλυση για τη βελτιστοποίηση των στρατηγικών τους παραμένει ίδια με τα παίγνια δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος.

Μια πιο περίπλοκη προέκταση είναι τα παίγνια n-παικτών (n-person game), όπου ο αριθμός των παικτών που συμμετέχουν στο παίγνιο υπερβαίνει τους δύο. Η γενίκευση αυτή είναι σημαντική καθώς σε διάφορες ανταγωνιστικές καταστάσεις

συχνά παίρνουν μέρος πάνω από δύο παίκτες. Δυστυχώς, όμως, η υπάρχουσα θεωρία δεν μπορεί να καλύψει αυτές τις περιπτώσεις τόσο ικανοποιητικά όπως στα δύο συμμετεχόντων παίγνια.

1.7 ΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΙΓΝΙΑ ΜΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

Ως παιχνίδια με ελλιπή πληροφόρηση ορίζονται αυτά στα οποία δεν είναι γνωστές σε όλους τους παίκτες όλες οι παράμετροι του παιχνιδιού, όπως:

- Ποιοι και πόσοι είναι οι άλλοι παίκτες.
- Ποιες είναι οι διαθέσιμες στους άλλους παίκτες.
- Ποιες είναι οι αποδόσεις των διαφόρων στρατηγικών για τους άλλους παίκτες.

Για παράδειγμα μπορούμε να επανέλθουμε στο παίγνιο του διλλήματος των φυλακισμένων, το οποίο έχουμε ήδη αναλύσει.

Υποθέτουμε τώρα ότι

- Ο υπόδικος 1 είναι πάντα ορθολογιστής.
- Ο υπόδικος 2 μπορεί να είναι ορθολογιστής ή αλτρουιστής.
- Αν ο υπόδικος 2 είναι αλτρουιστής προτιμά να μην ομολογήσει.
- Ο υπόδικος 1 δεν ξέρει πότε ο υπόδικος 2 είναι ορθολογιστής ή αλτρουιστής, αλλά πιστεύει ότι είναι ορθολογιστής με πιθανότητα 0,8 και αλτρουιστής με πιθανότητα 0,2.

Οι πίνακες αποδόσεων των δύο παιγνίων για τις δύο περιπτώσεις συμπεριφοράς του υπόδικου 2 είναι:

<u>Ο υπόδικος 2 είναι ορθολογιστής</u>

		Υπόδικος 2	
		Μη Ομολογία	*Ομολογία*
Υπόδικος 1	*Μη Ομολογία*	-2,-2	-10,<u>-1</u>
	Ομολογία	<u>-1</u>,-10	<u>-5</u>,<u>-5</u>

(Πίνακας 1: Παίγνιο του διλήμματος των φυλακισμένων.)

<u>Ο υπόδικος 2 είναι αλτρουιστής</u>

		Υπόδικος 2	
		Μη Ομολογία	*Ομολογία*
Υπόδικος 1	*Μη Ομολογία*	-2,<u>-2</u>	-10,-6
	Ομολογία	<u>-1</u>,<u>-10</u>	<u>-5</u>,-11

(Πίνακας 10: Εναλλακτική μορφή του παιγνίου του διλήμματος των φυλακισμένων.)

Εάν ο υπόδικος 1 επιλέξει τη στρατηγική της ομολογίας, το αναμενόμενο όφελος του είναι (0,8)(-5)+(0,2)(-1)=-4,2. Αν επιλέξει την στρατηγική της μη-ομολογίας, το αναμενόμενο όφελός του είναι (0,8)(-10)+(0,2)(-2)=-8,4. Άρα τον συμφέρει να επιλέξει την ομολογία.

Ο υπόδικος 2 επιλέγει την ομολογία αν είναι ορθολογιστής και την μη-ομολογία αν είναι αλτρουιστής.

Έτσι η ισορροπία Bayes-Nash γίνεται [Ομολογεί, (Ομολογεί αν είναι ορθολογικός, δεν Ομολογεί αν είναι αλτρουιστής)].

Σύμφωνα με τον Σολδάτο (2005) θα ήταν ρεαλιστικότερο στα πλαίσια ενός στατικού παιγνίου να υποτεθεί αβεβαιότητα ως προς τις αποδόσεις μάλλον παρά ως προς τους αντιπάλους και τις στρατηγικές τους. Αυτή ακριβώς είναι η ουσία των στατικών παιγνίων μη πλήρους πληροφόρησης. Θα δούμε ότι η ισορροπία σε τέτοια παιχνίδια τείνει να συμπέσει με την ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών καθώς τείνει να εξαλειφθεί η αβεβαιότητα ως προς τις αποδόσεις. Πρόκειται για σημαντικότατο συμπέρασμα γιατί συνεπάγεται την εξής ρεαλιστικότατη ερμηνεία της μεικτής στρατηγικής: Κανένας δεν παίζει μεικτές στρατηγικές, αλλά η αβεβαιότητα του κάθε παίκτη για τον τύπο του αντιπάλου, κάνει τον καθένα να φαίνεται στα μάτια του άλλου ότι παίζει τέτοιες στρατηγικές, ενώ στην πραγματικότητα όλοι παίζουν απλές στρατηγικές.

Τα παίγνια μη πλήρους πληροφόρησης, δηλαδή τα παίγνια στα οποία ένας τουλάχιστον παίκτης είναι αβέβαιος για τη συνάρτηση απόδοσης ενός τουλάχιστον άλλου παίκτη, χαρακτηρίζονται γενικά και ως παίγνια Bayes. Η αβεβαιότητα ως προς τη συνάρτηση απόδοσης προέρχεται, σύμφωνα με τη θεωρία, από την αβεβαιότητα για το τι τύπος είναι ο άλλος παίκτης, αβεβαιότητα που συνεπάγεται τον σχηματισμό εικασίας για αυτόν τον τύπο μέσω του θεωρήματος του Bayes. Αν για παράδειγμα ο παίκτης j μπορεί να είναι δύο τύπων, με αποτέλεσμα το σύνολο των τύπων του j να είναι $T_j=\{t_{j1}, t_{j2}\}$, τότε η εικασία του i ως προς το αν ο j είναι του τύπου t_{j1} δεδομένου ότι ο i είναι του τύπου t_{i1}, δίνεται από την υπό συνθήκη πιθανότητα:

$$\pi_i\left(\frac{t_{j1}}{t_{i1}}\right)=\frac{\pi(t_{j1}t_{i1})}{\pi(t_{i1})}=\frac{\pi(t_{j1})\pi(t_{i1})}{\pi(t_{j1})\pi(t_{i1})+\pi(t_{j1})\pi(t_{i2})}$$

με την προϋπόθεση βέβαια ότι τα ενδεχόμενα εμφάνισης των τύπων είναι ανεξάρτητα και ότι το σύνολο τύπων του i περιέχει (κατά τον j) δύο μέλη και αυτό. Η πιθανότητα π_i δε θα άλλαζε εάν το σύνολο τύπων του j περιείχε περισσότερα από δύο μέλη, αλλά θα μεγάλωνε το σύνολο των τύπων του i.

Αβεβαιότητα τώρα ως προς τον τύπο του j σημαίνει για τον i ότι άλλη πρέπει να είναι η στρατηγική του εάν $t_j= t_{j1}$, και άλλη εάν $t_j= t_{j2}$. Αν οι κινήσεις του i είναι δύο, τότε αυτό σημαίνει ότι, υπό αβεβαιότητα για τον j αλλά βεβαιότητα για τον i, η συνάρτηση απόδοσης του i δεν θα είναι η $u_i=u_i(s_{i1},s_{i2})$, αλλά η συνάρτηση $u_i=u_i[s_{ic}(t_{jc}),s_{im}(t_{jm})]$, όπου c και m είναι 1 ή 2, με $c\neq m$. Για τον j, η συνάρτηση απόδοσης θα ήταν $u_j=u_j[s_{jc}(t_{ic}),s_{jm}(t_{im})\cdot t_j]$ αν ο τύπος του i ήταν άγνωστος, αλλά

εφόσον υποθέσαμε βεβαιότητα για τον i, η εν λόγω συνάρτηση είναι $u_j=u_j(s_{j1},s_{j2}\cdot t_j)$. Δηλαδή, όσον αφορά τον j, η συνάρτηση απόδοσής του περιλαμβάνει πάντα το t_j μετά την άνω τελεία, αναγνωρίζοντας ότι εφόσον ο i δεν γνωρίζει το t_j, η εικασία του i για το t_j, θα επηρεάσει την κίνηση του i και, επομένως, την απόδοση του j. (Με το ίδιο σκεπτικό το t_i θα υπεισέρχονταν στη συνάρτηση u_i αν ο τύπος του i ήταν άγνωστος για τον j, παρά το γεγονός ότι ο i θα γνώριζε το δικό του τύπο). Έτσι, ενώ στην ισορροπία Nash ν παικτών ο κάθε παίκτης λύνει ουσιαστικά το πρόβλημα μεγιστοποίησης:

$$\max u_i(s_i,...,s_{i-1},s_i,s_{i+1},...,s_v)$$

στα στατικά παίγνια Bayes έχουμε την ισορροπία Nash-Bayes ή απλώς ισορροπία Bayes, στην οποία ο κάθε παίκτης λύνει πρόβλημα:

$$\max \sum t_{-i} u_i[(s_1(t_1),...,s_{i-1}(t_{i-1}),s_i,s_{i-1}(t_{i+1}),...,s_v(t_v))]\pi_i(t_{-1}/t_i)$$

όπου s είναι η αποδοτικότερη κίνηση στις αποδοτικότερες κινήσεις των αντιπάλων, ενώ t_{-i} είναι ο οποιοσδήποτε τύπος $j\neq i$.

Θα χρησιμοποιήσουμε τώρα την ισορροπία Bayes για να δείξουμε την ισοδυναμία της με την ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών. Θα δούμε ότι η περιγραφή των αποδόσεων ενός παιγνίου ως τυχαία μεταβλητή (στα απλών στρατηγικών στατικά παίγνια μη πλήρους πληροφόρησης) ισοδυναμεί με την περιγραφή ως τυχαία μεταβλητή των στρατηγικών του ίδιου παιγνίου (στα μεικτών στρατηγικών στατικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης).

Έστω το παρακάτω παίγνιο, που αποτελεί ένα παίγνιο συντονισμού. Στα παίγνια του συγκεκριμένου είδους προκύπτουν δύο ισορροπίες Nash και υπάρχει το πρόβλημα συντονισμού στην υψηλής αντί στην χαμηλής απόδοσης ισορροπία. Ο συντονισμός στην υψηλής απόδοσης ισορροπία είναι προς όφελος και των δύο, αλλά άλλο τόσο λύση αποτελεί και ο αμοιβαίος συντονισμός στη χαμηλής απόδοσης ισορροπία. Η έννοια της ισορροπίας Nash δεν μπορεί να αποκλείσει αυτήν τη δεύτερη ισορροπία σαν πιθανή λύση, γιατί ο κάθε παίκτης δε γνωρίζει τι τύπος είναι ο αντίπαλός του, δηλαδή υπάρχει αβεβαιότητα ως προς τη συνάρτηση απόδοσης του αντιπάλου λόγω αβεβαιότητας ως προς τον τύπο του αντιπάλου. Αυτό ακριβώς αποτελεί την ουσία των παιγνίων μη πλήρους πληροφόρησης, και για αυτό όσον αφορά τα παίγνια συντονισμού λέμε ότι ένας παίκτης θα συνεργαστεί για την επίτευξη της υψηλής απόδοσης λύσης εάν διαβεβαιωθεί ότι ο τύπος του αντιπάλου είναι τέτοιος ώστε να συντονισθεί και αυτός σε αυτήν τη λύση.

		Παίκτης 2	
		A_2	*B_2*
Παίκτης 1	*A_1*	20,20	5,5
	B_1	5,5	10,10

(Πίνακας 11: Παίγνιο συντονισμού)

Έτσι, αν E_i η προσδοκώμενη απόδοση του παίκτη i, θα πρέπει

$$E_i(A_i)=E_i(B_i)$$

Άρα αν h_1 και h_2 είναι οι πιθανότητες του παίκτη 1 και παίκτη 2 ως προς την επιλογή A_i αντίστοιχα, η παραπάνω ισότητα θα είναι για τον παίκτη 1

$$h_2(20)+(1-h_2)(5)=h_2(5)+(1-h_2)(10)\Rightarrow h_2^N=1/4$$

Και για τον παίκτη 2

$$h_1(20)+(1-h_1)(5)=h_1(5)+(1-h_1)(10)\Rightarrow h_1^N=1/4$$

Οπότε η ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών είναι

$$h^N(\text{παίκτη}1)=(h_1^N,1-h_1^N)=(0.25,0.75)\ \&$$

$$h^N(\text{παίκτη}2)=(h_2^N,1-h_2^N)=(0.25,0.75)$$

Έστω τώρα ένα καινούριο παίγνιο της μορφής:

		Παίκτης 2	
		A_2	*B_2*
Παίκτης 1	*A_1*	20,20	5,5+β
	B_1	5+α,5	10,10

(Πίνακας 11β: Παίγνιο συντονισμού με μεταβλητές)

Όπου α και β δύο θετικές ποσότητες που κατανέμονται ανεξάρτητα και ομοιόμορφα στο διάστημα από μηδέν έως ε>0. Δηλαδή οποιαδήποτε τιμή του α ή του β έχει την ίδια πιθανότητα εμφάνισης. Θα δείξουμε, τώρα, ότι η ισορροπία Bayes αυτού του παιγνίου ισοδυναμεί με την ισορροπία Nash μεικτών στρατηγικών του αρχικού παιγνίου.

Εάν h_i είναι η πιθανότητα ο παίκτης i να είναι του τύπου που παίζει A_i και $(1-h_i)$ η πιθανότητα να είναι του τύπου που παίζει B_i, τότε συμφέρει τον i να παίξει A_i εάν:

$$h_j(20)+(1-h_j)(5)>h_j(5+t_i)+(1-h_j)(10)\Rightarrow t_i<20-(5/h_j)$$

όπου $t_1=\alpha$ και $t_2=\beta$. Δηλαδή έχουμε:

$$\pi_1(h_2/a)=\begin{Bmatrix} A_1 \text{ εάν } \alpha<20-(5/h_2) \\ B_1 \text{ εάν } \alpha>20-(5/h_2) \end{Bmatrix}$$

και

$$\pi_2(h_1/\beta)=\begin{Bmatrix} A_2 \text{ εάν } \beta<20-(5/h_1) \\ B_2 \text{ εάν } \beta>20-(5/h_1) \end{Bmatrix}$$

(Το σύνολο των τύπων είναι t_{i1}={ο i παίζει A_1}και t_{i2}={ο i παίζει B_1}, αλλά αφού αυτό εξαρτάται από το h_j και το α ή το β, τότε μπορούμε να γράψουμε $\pi_i(t_{jc}/t_{im})$ =

$\pi_i(h_i/t_i)$, όπου c,m=1,2 και $t_1=\alpha$, $t_2=\beta$). Κατόπιν, εφόσον έχουμε ομοιόμορφη κατανομή,

h_i = πιθαν. [ο i να παίξει A_i] = πιθαν. [t_i<20-(5/ h_j)] = [20-(5/ h_j)]/ε ,

τότε λύνοντας είτε την εξίσωση εh_j^2-20h_j +5=0 είτε την εξίσωση εh_i^2-20h_i +5=0, που μπορεί να προκύψει από την επίλυση του συστήματος:

$$h_1 = [20-(5/h_2)]/\varepsilon \text{ και } h_2 = [20-(5/h_1)]/\varepsilon$$

αποκτάμε ότι: $h_1= h_2= [10-\sqrt{100-5\varepsilon}]/\varepsilon$

(Η άλλη λύση δεν έχει νόημα ως πιθανότητα δεδομένου ότι 0≤h≤1.)

Έτσι, θέτοντας αυτή τη λύση πίσω στα π_1και π_2, λαμβάνουμε ότι:

$$\pi_i(t_i) = \begin{cases} A_i \ \varepsilon\acute{\alpha}\nu \ t_i<20-[5\varepsilon(10-\sqrt{100-5\varepsilon})] \\ B_i \ \varepsilon\acute{\alpha}\nu \ t_i>20-[5\varepsilon(10-\sqrt{100-5\varepsilon})] \end{cases}$$

Δηλαδή, και οι δύο παίκτες παίζουν απλές στρατηγικές ανάλογα της τιμής του t_i (του α ή του β). Εφαρμόζοντας στη συνέχεια τον κανόνα De l' Hospital για να βρούμε το όριο του $h_i= [10-\sqrt{100-5\varepsilon}]/\varepsilon$ καθώς το ε, δηλαδή καθώς η αβεβαιότητα του i ως προς την απόδοση της B_j στον j, τείνει στο μηδέν, διαπιστώνουμε ότι:

$$\lim_{\varepsilon\to 0}\frac{10-\sqrt{100-5\varepsilon}}{\varepsilon} = \lim_{\varepsilon\to 0}\frac{(10-\sqrt{100-5\varepsilon})'}{(\varepsilon)'} = \lim_{\varepsilon\to 0}\frac{5}{2\sqrt{100-5\varepsilon}} = \frac{5}{20} = 0,25$$

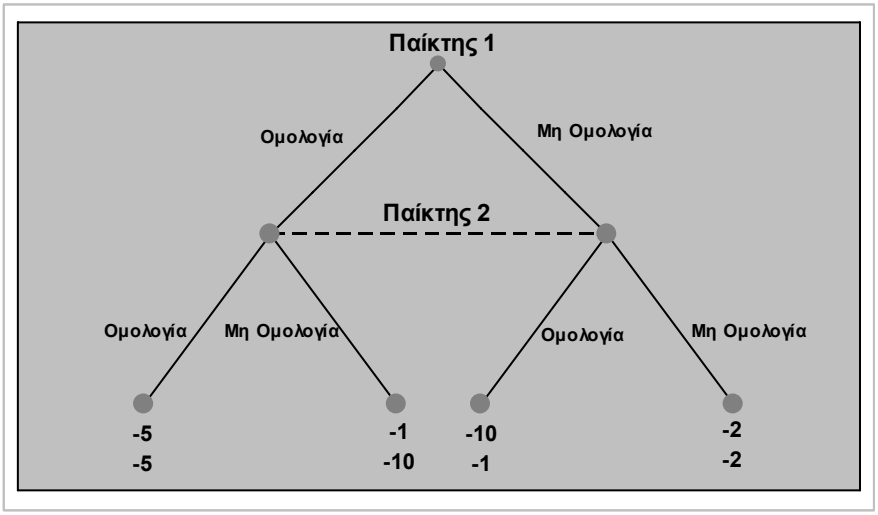
ή ότι h_i=0,25 όπως ακριβώς και στη περίπτωση που θα παίζονταν μεικτές στρατηγικές. Άρα εφόσον αναμένεται και από τους δύο παίκτες ότι γενικά h_i<0,5 το καλύτερο που έχει να πράξει έκαστος είναι να συντονισθεί στης χαμηλής απόδοσης λύση. (Η συνεργασία για την επίτευξη της πιο προσοδοφόρου λύσης είναι ανέφικτη, αλλά υπάρχει συνεργασία για την εξασφάλιση της άλλης λύσης.

1.8 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΠΑΙΓΝΙΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΚΑΙ ΤΕΛΕΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

1.8.1 Εισαγωγή

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, πλήρης (complete) είναι η πληροφόρηση όταν όλοι οι παίκτες γνωρίζουν όλες τις αποδόσεις ενός παιχνιδιού. Αυτή η περιγραφή της πληροφόρησης σε πλήρη και μη πλήρη αρκεί όσον αφορά τα στατικά παίγνια. Όμως, στα δυναμικά παίγνια ή παίγνια ακολουθίας (sequential games), όπου πρώτα κινείται ο ένας παίκτης, ακολούθως κινείται ο άλλος παίκτης, κ.ο.κ., απαιτείται ο περαιτέρω χαρακτηρισμός της πληροφόρησης σε τέλεια και ατελή. Τέλεια είναι η πληροφόρηση όταν σε κάθε σημείο κίνησης του παιγνίου, ο παίκτης που έχει σειρά να κινηθεί γνωρίζει όλη την ιστορία (των «παιξιμάτων») του παιγνίου μέχρι τώρα, δηλαδή όλες τις προηγούμενες και τρέχουσες επιλογές ως και τις επιδόσεις τους.

Στα δυναμικά, επίσης, παίγνια η εξεύρεση λύσης διευκολύνεται δια της εκτατικής μάλλον παρά κανονικής μορφής αναπαράστασής τους, αν και κάθε παίγνιο μπορεί να περιγραφεί με οποιαδήποτε μορφή όπως για παράδειγμα το παίγνιο του διλήμματος των φυλακισμένων κατά Dubey P. και Kaneko M. (1984) παρακάτω.



(Σχήμα 1: Εκτατική μορφή παιγνίου του διλήμματος των φυλακισμένων)

Η διακεκομμένη γραμμή στο σημείο κίνησης του παίκτη 2 δείχνει ότι αυτός δεν γνωρίζει τι παίζει ο παίκτης 1, αφού πρόκειται περί στατικού παιγνίου ή το ίδιο, περί παιγνίου ταυτόχρονης επιλογής εξ' ορισμού. Δηλαδή, η στατικότητα του παιγνίου περιγράφεται δια της διακεκομμένης γραμμής υπό τη μορφή ατελούς πληροφόρησης, διότι (δεδομένου ότι η στατικότητα δεν προϋποθέτει αναγκαία και ταυτόχρονη κίνηση των παικτών), όταν έρχεται η σειρά του παίκτη 2 να παίξει, αυτός δεν γνωρίζει την ιστορία του παιγνίου.

Γενικά, η εκτατική μορφή (extensive form) ενός παιγνίου περιγράφεται δι' ενός δένδρου παιγνίου, το οποίο προσδιορίζει:

- τους παίκτες του παιγνίου,
- πότε είναι η σειρά κίνησης κάθε παίκτη,
- τι μπορεί να κάνει κάθε παίκτης όταν έρχεται η σειρά του να κινηθεί,
- τι γνωρίζει κάθε παίκτης για την ιστορία του παιγνίου όταν έρχεται η σειρά του κινηθεί (δηλαδή τον τέλειο ή τον ατελή χαρακτήρα της πληροφόρησής) και
- την απόδοση του κάθε παίκτη για κάθε συνδυασμό κινήσεων από όλους του παίκτες.

Το γεγονός ότι έρχεται η σειρά κάποιου παίκτη να κινηθεί, αναπαρίσταται δι' ενός κόμβου (node), ενώ αρχίζει με έναν κόμβο απόφασης για τον παίκτη 1 και τελειώνει με τους τερματικούς κόμβους και τις αντιστοιχούσες σε αυτούς αποδόσεις, με τον πρώτο αριθμό να αναφέρεται στον παίκτη 1.

Ο αρχικός κόμβος κάθε παιγνίου, ο οποίος στα περισσότερα παίγνια ταυτίζεται με τον πρώτο κόμβο απόφασης του παίκτη που παίζει πρώτος, αποδίδεται αρκετές φορές με τον όρο ρίζα (root) του (δένδρου) παιγνίου. Εξαιρουμένης της ρίζας ενός παιγνίου, ο αριθμός των κόμβων απόφασης ενός παίκτη που συνδέονται με διακεκομμένη γραμμή (δύο για τον παίκτη 2 στο προηγούμενο παράδειγμα), συνθέτει το σύνολο πληροφόρησης (information set) του εν λόγω παίκτη. Στην περίπτωση της τέλειας πληροφόρησης το σύνολο πληροφόρησης περιέχει μόνον ένα κόμβο, δηλαδή είναι μονομελές. Έτσι, εξαιρουμένης της ρίζας, εφόσον ένας παίκτης καλείται να παίζει όταν έρχεται η σειρά του σύμφωνα με όσα ξέρει για την ιστορία του παιγνίου, οι επιλογές του θα βασίζονται στο σύνολο πληροφόρησης στο οποίο πρέπει να κινηθεί, εμπλέκοντας τους συγκεκριμένους κόμβους απόφασης που το απαρτίζουν μόνο στην περίπτωση της τέλειας πληροφόρησης.

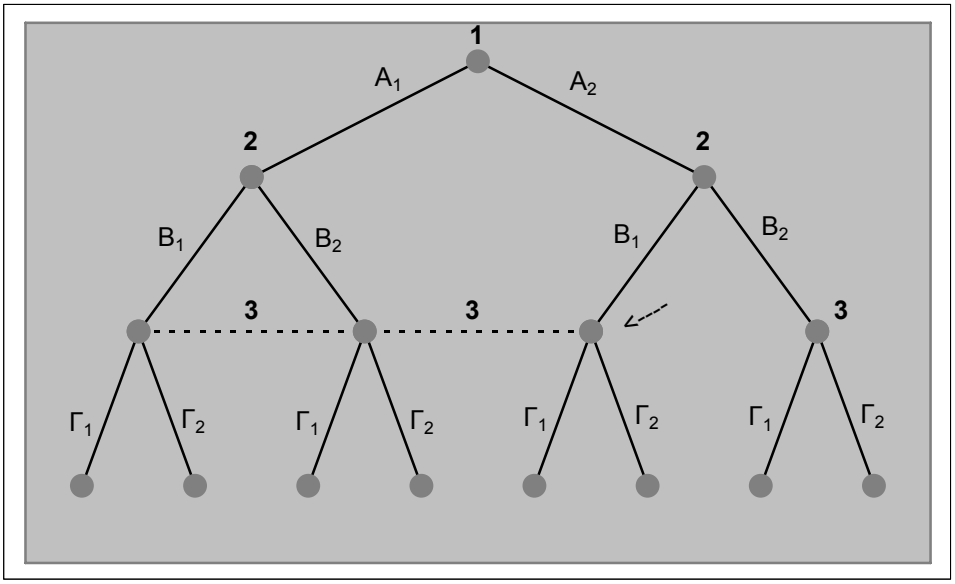
Ένα παίγνιο εκτατικής μορφής περιέχει συνήθως υποπαίγνια (sub-games), τα οποία είναι παίγνια εκτατικής μορφής και αυτά, και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- αρχίζουν από κάποιο κόμβο απόφασης εκτός του αρχικού και ανήκουν σε μονομελές σύνολο πληροφόρησης ,
- περιλαμβάνουν όλους τους ακολουθούντες, σε αυτόν τον κόμβο, κόμβους απόφασης και τερματικούς κόμβους και
- δεν περιέχουν σύνολα πληροφόρησης με κόμβους απόφασης οι οποίοι δεν έπονται του κόμβου από όπου αρχίζει το υποπαίγνιο.

Για παράδειγμα, το παίγνιο του διλήμματος των φυλακισμένων που περιγράψαμε προηγουμένως δεν περιέχει υποπαίγνια, διότι όλοι οι κόμβοι απόφασης του παίκτη 2 (οι μοναδικοί κόμβοι εκτός του αρχικού) δεν ανήκουν σε μονομελή σύνολα πληροφόρησης.

Τέτοια σύνολα (μονομελή) είναι ωστόσο αυτά όσον αφορά τους δύο κόμβους απόφασης του παίκτη 2 στο παίγνιο που ακολουθεί (Σχήμα 2). Υποπαίγνιο, όμως, υπάρχει μόνο με τον κόμβο απόφασης του παίκτη 3 που έπεται της επιλογής A_2 (εκ μέρους του παίκτη 1), και B_2 (εκ μέρους του παίκτη 2). Αυτό, για τρεις λόγους. Αρχικά, το σύνολο πληροφόρησης που ακολουθεί τον «αριστερό» κόμβο απόφασης του 2 περιέχει και τον κόμβο απόφασης του 3 που δείχνεται με το βελάκι· ο οποίος δεν προέρχεται από τον εν λόγω κόμβο απόφασης του 2 (τον αριστερό), αλλά από τον άλλο κόμβο του 2 (το δεξιό). Επιπλέον υποπαίγνιο δεν μπορεί να αρχίζει και από τον άλλο, το «δεξιό» κόμβο του 2, διότι ο κόμβος απόφασης του 3 που δείχνεται με το βελάκι ανήκει σε σύνολο πληροφόρησης με τους άλλους κόμβους του 3 (αριστερά του), οι οποίοι δεν προέρχονται από τον δεξιό κόμβο απόφασης του 2. Τέλος, υποπαίγνια δεν μπορεί να αρχίζουν από κανέναν από τους κόμβους απόφασης του 3 που συνδέονται με τη διακεκομμένη γραμμή, αφού αυτή η γραμμή υποδηλώνει ότι όλοι ανήκουν σε μη μονομελές σύνολο πληροφόρησης.

Ο στόχος των τριών κριτηρίων που πρέπει να ικανοποιούνται για την ύπαρξη υποπαιγνίου είναι ότι εάν ένας παίκτης, ο οποίος έχει σειρά να παίξει, βρεθεί σε σύνολο πληροφόρησης (μονομελές ή μη) που έπεται του κόμβου από όπου αρχίζει ένα υποπαίγνιο, ο παίκτης αυτός να είναι σε θέση να γνωρίζει τον εν λόγω κόμβο. Στο παίγνιο του Σχήματος 2, το γεγονός ότι η B_1 μπορεί να έχει προέλθει από οποιονδήποτε κόμβο απόφασης του 2, σημαίνει ότι ο 3 δεν μπορεί να ξέρει όχι μόνο τι έχει παίξει ο 2 αλλά και ο 1. Εκτός, βέβαια, αν έχουν παιχθεί οι A_2 και B_2, οπότε ο 3 ξέρει ότι βρίσκεται στον τελευταίο προς τα δεξιά κόμβο απόφασής του.



(Σχήμα 2: Επεξήγηση υποπαιγνίων)

Θα μπορούσαμε με δύο λόγια να ορίσουμε την έννοια του υποπαιγνίου ως εξής: Εξαιρουμένης της ρίζας ενός παιγνίου, εάν οποιοσδήποτε παίκτης που πρέπει να κινηθεί σε ένα κόμβο απόφασης ή μετά από αυτόν τον κόμβο, ξέρει ότι παίζει σε αυτόν ή μετά από αυτόν τον κόμβο, δηλαδή αν ο συγκεκριμένος κόμβος αποτελεί κοινή γνώση, τότε αποτελεί και μια υπόρριζα (sub root) του παιγνίου εκτατικής μορφής και τη ρίζα γνήσιου υποπαιγνίου. Στην περίπτωση της τέλειας πληροφόρησης, κάθε κόμβος απόφασης αποτελεί υπόρριζα και ρίζα γνήσιου υποπαίγνιου. Στην περίπτωση της ατελούς πληροφόρησης, ένα παίγνιο μπορεί να μην έχει γνήσια υποπαίγνια, δηλαδή μπορεί το μόνο υποπαίγνιο να είναι το ίδιο το παίγνιο αυτούσιο.

Τώρα, εφόσον σε ένα παίγνιο εκτατικής μορφής τέλειας πληροφόρησης ο κάθε παίκτης ξέρει τον κάθε κόμβο απόφασης στον οποίο παίζει, και εφόσον υπάρχει κοινή γνώση, αυτός που παίζει προτελευταίος ξέρει τι θα παίξει ο τελευταίος και άρα μπορεί να καθορίσει την δική του κίνηση πιο πριν, την οποία ξέρει στη συνέχεια ο παίκτης που παίζει προ-προτελευταίος, καθορίζοντας και αυτός την αποδοτικότερη κίνησή του, κοκ. Βέβαια, ο προ-προτελευταίος μπορεί να είναι ο ίδιος με τον τελευταίο κοκ, αλλά αυτό που έχει σημασία είναι ότι κάθε φορά που παίζει, αντιμετωπίζει ένα εξατομικευμένο πρόβλημα απόφασης. Θα μπορούσε δηλαδή ένας παίκτης να μην έπαιζε ο ίδιος σε όλο το παίγνιο, αλλά με ένα διαφορετικό αντιπρόσωπο (agent) κάθε φορά που έρχεται η σειρά του να παίξει.

Η ουσία είναι ότι αποκτάται έτσι μια σειρά λύσεων των επιμέρους υποπαιγνίων, ξεκινώντας από τα μικρότερα υποπαίγνια στο τέλος του παιγνίου, μετά βάσει αυτών στα αμέσως μεγαλύτερα και συνεχίζουμε έτσι μέχρι το τέλος να αποκτηθεί η λύση όλου του παιγνίου. Αυτός, ο δια μια σειράς εξατομικευμένων προβλημάτων απόφασης τρόπος επίλυσης ενός εκτεταμένου παιγνίου τέλειας πληροφόρησης, είναι γνωστός ως αλγόριθμος του Kuhn, και αποτελεί παράδειγμα της γενικότερης μεθόδου επίλυσης τέτοιων παιγνίων, που είναι γνωστή ως «οπισθοβατική επαγωγή».

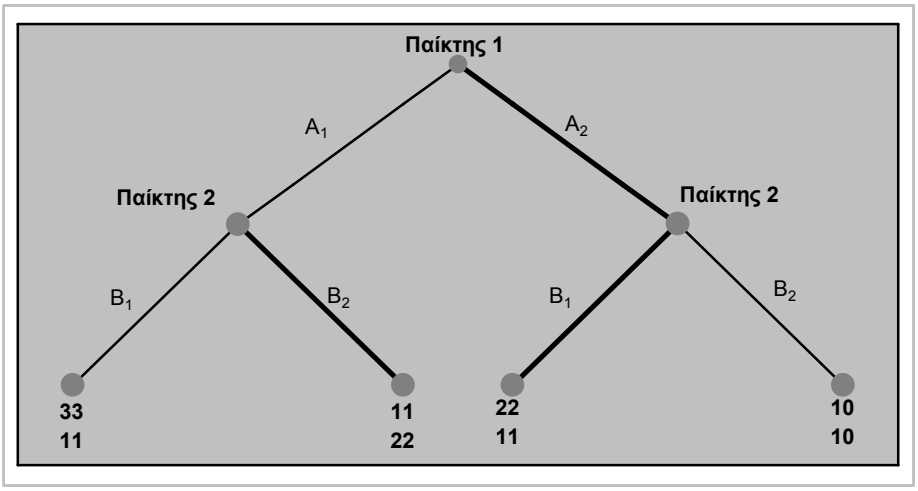
1.8.2 Οπισθοβατική επαγωγή

Έχοντας ξεκαθαρίσει την έννοια του υποπαιγνίου και την έννοια της στρατηγικής μπορούμε τώρα να τροποποιήσουμε την ισορροπία Nash έτσι ώστε να αποτελεί και λύση στα δυναμικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης. Μια απλή αλλά λογική επέκταση αυτής της ισορροπίας στα πλαίσια των εν λόγω παιγνίων θα ήταν ότι οι στρατηγικές όλων των παικτών πρέπει να αποτελούν ισορροπία Nash σε κάθε υποπαίγνιο. Μια τέτοια επέκταση όντως προσφέρει λύση στα υπό εξέταση παίγνια και αποκαλείται τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash. (SPNE, subgame-perfect Nash equilibrium).

Ας δούμε, για παράδειγμα, το παρακάτω παίγνιο (Σχήμα 3), το οποίο περιέχει δύο υποπαίγνια, αυτά που αρχίζουν στους δύο κόμβους απόφασης του παίκτη 2, έχουμε δηλαδή τέλεια πληροφόρηση. Καταρχήν, ο παίκτης 1 εξετάζει νοητικά τα εξής δύο ενδεχόμενα

- Έστω ότι ο παίκτης 1, ο εαυτός του, παίζει A_1· συμφέρει τότε τον παίκτη 2 να παίξει B_2, διότι θα έχει απόδοση 22 και όχι 11, την οποία θα είχε αν έπαιζε B_1.
- Έστω πάλι ο παίκτης 1 παίζει A_2, οπότε συμφέρει τον 2 να παίξει B_1, γιατί 11>10.

Έχοντας, τώρα, ο παίκτης 1 αυτά τα συμπεράσματα (όσον αφορά τη συμπεριφορά του παίκτη 2 στις δικές του κινήσεις), τον συμφέρει να επιλέξει A_2, αφού τότε ο παίκτης 2 θα διαλέξει B_1 και η απόδοση του 1 θα είναι 22 αντί της απόδοσης 11 (που θα είχε εάν επέλεγε την στρατηγική A_1 και ο παίκτης 2 συνεπώς έπαιζε την B_2).



(Σχήμα 3: Παίγνιο επεξήγησης της οπισθοβατικής επαγωγής)

Δηλαδή, βαδίζοντας ο παίκτης 1 από το τέλος του παιγνίου, από το μέλλον, προς τα πίσω, ή κατά την ορολογία, δια της οπισθοβατικής επαγωγής (backward induction) του παίκτη 1, το παίγνιο του Σχήματος 3 καταλήγει στην κατάσταση που περιγράφεται μέσω της έντονης γραμμής που συνδέει τον αρχικό κόμβο απόφασης με τον τερματικό κόμβο που έχει αποδόσεις (22,11). Για αυτό και η ακολουθία κινήσεων (A_2,B_1) αποτελεί το αποτέλεσμα της οπισθοβατικής επαγωγής (B-IO, backward-induction outcome), του παιγνίου.

Το οπισθοβατικό αποτέλεσμα δεν αποτελεί, ωστόσο, τη λύση του παιγνίου για τον εξής λόγο. Όσον αφορά τον παίκτη 1, του οποίου οι δύο στρατηγικές συμπίπτουν με τις δύο κινήσεις του, A_1 και A_2, το οπισθοβατικό αποτέλεσμα πράγματι αναφέρεται σε αυτές, με την έννοια ότι αναγνωρίζει δια της οπισθοβατικής επαγωγής την A_2 σαν την αποδοτικότερη στρατηγική. Όμως, όσον αφορά τον παίκτη 2, ο οποίος έχει δύο κινήσεις αλλά τέσσερις στρατηγικές,

i. B_1 εάν ο 1 παίξει A_1 και B_1 εάν ο 1 παίξει A_2, δηλαδή (B_1,B_1),
ii. B_1 εάν ο 1 παίξει A_1 και B_2 εάν ο 1 παίξει A_2, δηλαδή (B_1,B_2),
iii. B_2 εάν ο 1 παίξει A_1 και B_1 εάν ο 1 παίξει A_2, δηλαδή (B_2,B_1) και
iv. B_2 εάν ο 1 παίξει A_1 και B_2 εάν ο 1 παίξει A_2, δηλαδή (B_2,B_2).

Το οπισθοβατικό αποτέλεσμα δεν αναφέρεται σε καμία. Τώρα, για να έχουμε λύση, αυτή θα πρέπει να απαρτίζεται όχι μόνο από την A_2, αλλά και από ένα, το αποδοτικότερο, εκ των παραπάνω ζευγών κινήσεων, δηλαδή από την αποδοτικότερη στρατηγική, του παίκτη 2. Γνωρίζουμε βάση της οπισθοβατικής επαγωγής ότι μια κίνηση ενός τέτοιου ζεύγους πρέπει να είναι η B_1, αφού αυτή αποτελεί την καλύτερη ανταπάντηση του παίκτη 2 στην A_2. Για να βρούμε το άλλο μέλος του ζεύγους και να έχουμε έτσι προσδιορίσει πλήρως την αποδοτικότερη στρατηγική του 2, θα πρέπει να δούμε και την καλύτερη κίνηση του 2 αν τυχόν ο παίκτης 1 επέλεγε για κάποιο λόγο να παίξει A_1. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα δίνεται πάλι από την οπισθοβατική επαγωγή που αναπτύχθηκε νωρίτερα και είναι B_2, με αποτέλεσμα η αποδοτικότερη στρατηγική του 2 να είναι η (B_2,B_1).

Είμαστε πλέον σε θέση να προχωρήσουμε στην αναζήτηση της λύσης του παραπάνω παιγνίου μέσω του εξής σκεπτικού: Αποτελεί η στρατηγική του παίκτη 1, A_2, την καλύτερη αντίδραση στην καλύτερη κίνηση των καλύτερων κινήσεων του παίκτη 2; Η απάντηση όπως είδαμε είναι καταφατική. Αποτελεί η στρατηγική του 2, B_2 εάν A_1 και B_1 εάν A_2, την καλύτερη αντίδραση του 2 σε οποιαδήποτε κίνηση του1 και άρα σε οποιοδήποτε υποπαίγνιο; Η απάντηση είναι και πάλι καταφατική. Έπεται ότι η κατάσταση $[A_2,(B_2,B_1)]$ αποτελεί ισορροπία Nash που είναι τέλεια για τα υποπαίγνια.

Στο δένδρο του παιγνίου του Σχήματος 3, αυτή η ισορροπία περιγράφεται δια του συνόλου των έντονων γραμμών. Το γεγονός ότι ο αριστερός κόμβος απόφασης του 2 δεν συνδέεται με τον αρχικό κόμβο απόφασης αλλά μόνο με τερματικό κόμβο, υποδηλώνει ότι ενώ δεν υπάρχει περίπτωση ο παίκτης 1 να παίξει τη στρατηγική A_1 (η στρατηγική ισορροπίας του είναι η A_2) ο παίκτης 2 πρέπει να λάβει ένα τέτοιο ενδεχόμενο υπόψη του σαν μέρος της στρατηγικής ισορροπίας του. Ή με άλλη διατύπωση ο παίκτης 2 πρέπει να έχει προσδιορίσει την καλύτερη κίνησή του και για το υποπαίγνιο που αρχίζει στον αριστερό κόμβο απόφασής του.

Για να εμβαθύνουμε ακόμη περισσότερο στην έννοια της τέλειας για τα υποπαίγνια ισορροπίας Nash (SPNE), ας δούμε το παρακάτω παίγνιο που αποτελεί την κανονική μορφή αναπαράστασης του παιγνίου του Σχήματος 3. Όπως και πριν, ενώ οι κινήσεις του παίκτη 1 συμπίπτουν με τις στρατηγικές του, ο παίκτης 2 έχει δύο κινήσεις αλλά τέσσερις στρατηγικές. Εύκολα διαπιστώνουμε ότι έχουμε τις εξής ισορροπίες Nash: $[A_2,(B_2,B_1)]$ και $[A_1,(B_2,B_2)]$. Η πρώτη είναι ασφαλώς η ισορροπία που μελετήσαμε μέσω της ανάλυσης της εκτατικής μορφής του παιγνίου. Κατά την

άλλη ισορροπία, ο παίκτης 2 παίζει B_2 όχι μόνο όταν ο παίκτης 1 επιλέγει A_1, όπως ισχυρίζεται η οπισθοβατική επαγωγή, αλλά ακόμη και αν παιχθεί η A_2. Ένας τρόπος εκλογίκευσης αυτής της συμπεριφοράς εκ μέρους του 2 είναι ότι αυτός απειλεί τον 1 ότι εάν δεν παιχθεί η A_1 (έτσι ώστε ο 2 να μπορέσει να παίξει B_2 και να έχει απόδοση 22, που είναι μεγαλύτερη της απόδοσης 11 εκ της ακολουθίας (A_2,B_1), τότε ο 2 θα παίξει B_2, με αποτέλεσμα και οι 2 να έχουν την ελάχιστη απόδοση 10.

		Παίκτης 2			
		(B_1,B_1)	*(B_1,B_2)*	*(B_2,B_1)*	*(B_2,B_2)*
Παίκτης 1	*A_1*	33,11	33,11	11,22	11,22
	A_2	22,11	10,10	22,11	10,10

(Πίνακας 12: Κανονική μορφή αναπαράστασης του παιγνίου του Σχήματος 3)

Όμως μια τέτοια απειλή δεν είναι αξιόπιστη, διότι εάν τελικά ο 1 παίξει A_2, τότε συμφέρει τον 2 να επιλέξει την B_1 και όχι την B_2, αφού 11>10. Έτσι, η ισορροπία Nash [A1,(B2,B2)] δεν είναι τέλεια για τα υποπαίγνια, γιατί δεν αποτελεί ισορροπία Nash για το υποπαίγνιο που αρχίζει στον αριστερό κόμβο απόφασης του 2· και δεν είναι ισορροπία Nash για το εν λόγω υποπαίγνιο γιατί βασίζεται σε αναξιόπιστη απειλή.

Το γενικό συμπέρασμα, λοιπόν, είναι ότι όσον αφορά τα δυναμικά παίγνια πλήρους πληροφόρησης, η οπισθοβατική επαγωγή εξαλείφει μη αξιόπιστες απειλές. Για αυτό άλλωστε και η μόνη τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash στην οποία καταλήξαμε μέσω αυτής της μεθόδου ήταν η $[A_2,(B_2,B_1)]$. Ο όρος «τέλεια» αναφέρεται σε αυτήν ακριβώς την εξάλειψη μη αξιόπιστων απειλών ως πιθανών λύσεων ενός παιγνίου εκτατικής μορφής.

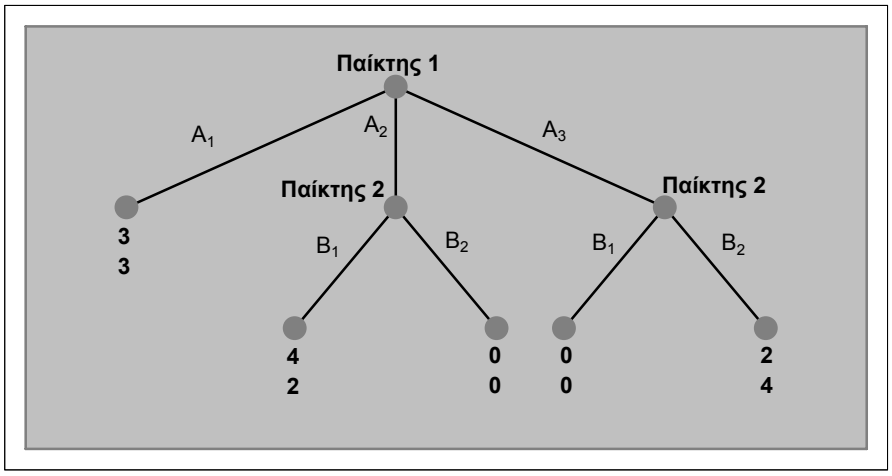
1.8.3 Ιδιότητα της Μιας Απόκλισης

Μια ιδιότητα που έχει η τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash και που μπορεί να συμβάλλει στην επαλήθευσή της, είναι η ιδιότητα της μιας απόκλισης (one deviation property) Osborn and Rubinstein (1994). Έστω ότι ένας παίκτης από τον οποίο αρχίζει υποπαίγνιο, αλλάζει την, υπό τέλεια ισορροπία για τα υποπαίγνια Nash (SPNE), αρχική του κίνηση· δηλαδή ότι υπάρχει απόκλιση μιας ιστορίας παιξίματος (και συγκεκριμένα, από την πρώτη εν σειρά του υποπαιγνίου, την οποία θα «έγραφε» η οπισθοβατική επαγωγή). Η ιδιότητα της μιας απόκλισης θα πληρούται εάν οι απομένουσες στρατηγικές της τέλειας για τα υποπαίγνια ισορροπίας Nash (SPNE) του υποπαιγνίου εξακολουθούν να αποτελούν SPNE αν βέβαια απομένουν και άλλοι κόμβοι απόφασης πριν το τέλος του παιγνίου. Η εν λόγω ιδιότητα είναι αυτονόητο ότι πληρούται από τον αλγόριθμο Kuhn εκ του ορισμού του.

Γενικά, σύμφωνα με αυτή την ιδιότητα, το «κομμάτι» της SPNE που απομένει αν ένας παίκτης από τον οποίο αρχίζει υποπαίγνιο αλλάξει την υπό SPNE αρχική του κίνηση, εξακολουθεί να αποτελεί την αποδοτικότερη στρατηγική για τους παίκτες που συνεχίζουν το υποπαίγνιο. Εάν για παράδειγμα, στο παίγνιο του Σχήματος 3, ο παίκτης 1 δεν έπαιζε την υπό SPNE κίνηση A_2, η στρατηγική B_2 που απομένει από την SPNE, εξακολουθεί να είναι η αποδοτικότερη όσον αφορά τα συμφέροντα του παίκτη 2. Αυτή ακριβώς είναι η ουσία της ιδιότητας της μιας απόκλισης αν και στο παράδειγμά μας, ο κόμβος απόφασης του παίκτη 1 αποτελεί τον αρχικό κόμβο όλου του παιγνίου και όχι υποπαιγνίου.

Ας δούμε τώρα και ένα παράδειγμα με 2 SPNE, το παράδειγμα του παιγνίου του Σχήματος 4. Το αποτέλεσμα οπισθοβατικής επαγωγής είναι ο συνδυασμός (A_2,B_1):

- Αν ο 1 έπαιζε την στρατηγική A_3, θα είχε απόδοση 2, γιατί ο παίκτης 2 θα έπαιζε B_2 για να λάβει 4 αντί του 0 υπό την B_1.
- Αν ο 1 έπαιζε την στρατηγική A_2, θα είχε απόδοση 4, γιατί ο παίκτης 2 θα έπαιζε B_1 για να λάβει 2 αντί του 0 υπό την B_2.
- Αν ο 1 έπαιζε την στρατηγική A_1 και δεν έδινε την ευκαιρία στον 2 να παίξει, και οι δύο παίκτες θα είχαν απόδοση 3 ο καθένας. Οπότε συμφέρει τον παίκτη 1 να παίξει A_2 και να ακολουθήσει ο 2 με B_1.



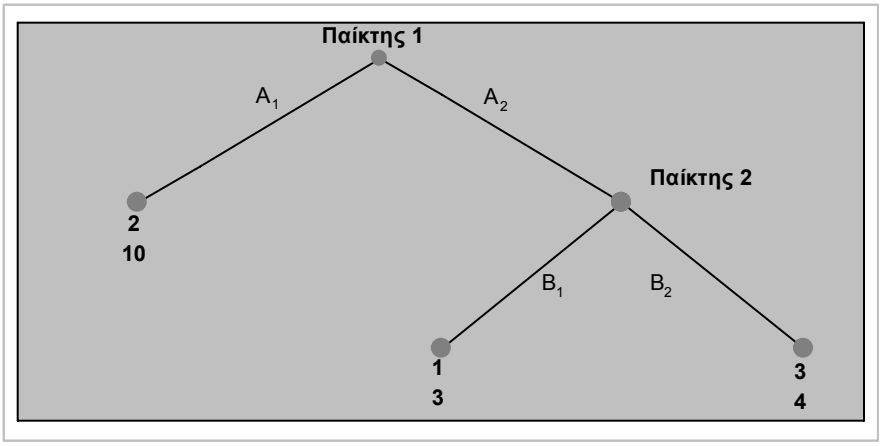
(Σχήμα 4: Παράδειγμα για την ιδιότητα της μιας απόκλισης)

Για να πάμε στην SPNE, ο παίκτης 2 πρέπει να έχει έτοιμη την αποδοτικότερη ανταπάντηση του σε περίπτωση που ο 1 επιλέξει A_3, και αυτή είναι η B_2. Όμως, θα προσέξουμε ότι τώρα η B_2 δεν μπορεί να συνδυαστεί με το οπισθοβατικό αποτέλεσμα και να δώσει μια SPNE όπως πράξαμε στο παίγνιο του Σχήματος 3. Αυτό, γιατί τώρα, δεν είναι μόνο ο παίκτης 2 που έχει τη δυνατότητα ανταπάντησης σε ενδεχόμενη απομάκρυνση του παίκτη 1 από το οπισθοβατικό αποτέλεσμα. Την ίδια δυνατότητα έχει και ο 1, την οποία ωστόσο δεν είχε στο παίγνιο του Σχήματος 3. Έχει τη

δυνατότητα να παίξει A_1 σε περίπτωση που ο 2 παρεκκλίνει του οπισθοβατικού αποτελέσματος και παίξει B_2. Ο παίκτης 1 θα λάβει έτσι 3>2.

Έτσι το οπισθοβατικό αποτέλεσμα (A_2,B_1) μετατρέπεται σε SPNE αυτό καθαυτό και δημιουργείται μια δεύτερη SPNE, η (A_1,B_2), που αποτελείται από ένα άλλο οπισθοβατικό αποτέλεσμα, το A_1, συν την κίνηση B_2. Μια ενδεχόμενη απομάκρυνση του παίκτη 2 εκ του πρώτου οπισθοβατικού αποτελέσματος, μπορεί να αντιμετωπιστεί από τον παίκτη 1 λόγω της ύπαρξης αυτού ακριβώς του δευτέρου οπισθοβατικού αποτελέσματος.

Αν προσέξουμε το παίγνιο του Σχήματος 5 θα δούμε ότι υπάρχουν δύο ισορροπίες, η (A_2,B_2) και η (A_1,B_1). Η πρώτη είναι το οπισθοβατικό αποτέλεσμα της ακολουθίας A_1-B_1. Η δεύτερη είναι το οπισθοβατικό αποτέλεσμα B_1 συν την καλύτερη ανταπάντηση του 1 στο ενδεχόμενο ο παίκτης 2 να μην παίξει B_2. Όμως, μόνον η πρώτη αποτελεί SPNE, διότι εφόσον 4>3, η B_1 δεν αποτελεί την καλύτερη κίνηση στο υποπαίγνιο που αρχίζει με τον παίκτη 2, και έτσι η (A_1,B_1) δεν ικανοποιεί την ιδιότητα της μιας απόκλισης.



(Σχήμα 5: Δεύτερο παράδειγμα για την ιδιότητα της μιας απόκλισης)

1.8.4 Η εκλογίκευση της SPNE

Η εξάλειψη μη αξιόπιστων απειλών σε ένα παίγνιο εκτεταμένης μορφής πλήρους πληροφόρησης επιτυγχάνεται και δια της επαναλαμβανόμενης απάλειψης στην κανονικής μορφής αναπαράστασή του· και γι' αυτό η οπισθοβατική επαγωγή θεωρείται ως το δυναμικό ανάλογο της επαναλαμβανόμενης απάλειψης. Για παράδειγμα σύμφωνα με τον Rubinstein (1991), στο παίγνιο του Πίνακα 13, η (B_2,B_1) κυριαρχεί είτε χαλαρά είτε αυστηρά όλες τις άλλες στρατηγικές του παίκτη 2, και μετά την απάλειψή τους, η A2 κυριαρχεί αυστηρά την A1, αφήνοντας μας μόνο με την ισορροπία Nash που αποτελεί και SPNE. Η μη αξιόπιστη απειλή εμφανίζεται στο συγκεκριμένο παίγνιο σαν χαλαρά κυριαρχούμενη στρατηγική.

Τις μη αξιόπιστες απειλές τις δημιουργεί η ίδια η έννοια της στρατηγικής, που προβλέπει κάποια κίνηση σε κάθε κόμβο απόφασης, δηλαδή και σε υποπαίγνιο ή υποπαίγνια στα οποία δεν πρόκειται να βρεθούν οι παίκτες αν ο καθένας τους ακολουθήσει πιστά το δικό του πρόγραμμα δράσης. Όμως, σε τέτοια υποπαίγνια, σε μη πραγματοποιήσιμες στην πράξη ιστορίες (εξελίξεις) του παιγνίου, μπορεί να μην δίνεται σημασία στο ποια ακριβώς θα πρέπει να είναι η ακολουθούμενη στρατηγική. Μπορεί να είναι η οποιαδήποτε και ως εκ τούτου κυριαρχούμενη από κάποια άλλη στρατηγική του ίδιου υποπαιγνίου.

Η δια της οπισθοβατικής επαγωγής μέθοδος επίλυσης ενός παιγνίου εκτεταμένης μορφής πλήρους πληροφόρησης έρχεται να εντοπίσει εκείνη ακριβώς τη στρατηγική του κάθε παίκτη, που περιλαμβάνει την κυρίαρχη σε κάθε κόμβο απόφασής του κίνηση, απαλείφοντας τις κυριαρχούμενες στα υποπαίγνια στρατηγικές ως μη αξιόπιστες απειλές. Το θέμα όμως είναι ότι η προκύπτουσα στρατηγική ισορροπίας του κάθε παίκτη περιλαμβάνει όχι μόνο εκείνη την αλληλουχία κινήσεων που κυριαρχούν και σε όλο το παίγνιο (δηλαδή το οπισθοβατικό αποτέλεσμα), αλλά και τις κυρίαρχες κινήσεις που προβλέπει η εν λόγω στρατηγική σε κόμβους απόφασης υποπαιγνίων, ιστοριών του παιγνίου, που δεν πρόκειται να πραγματοποιηθούν αν ο κάθε παίκτης παίξει σύμφωνα με το αποτέλεσμα της οπισθοβατικής επαγωγής.

Είδαμε για παράδειγμα την περίπτωση του παίκτη 2 στο παίγνιο του Σχήματος3, ο οποίος όταν έρχεται η σειρά του να παίξει, δεν καθορίζει μόνο την B_1 κατόπιν επιλογής του A_2, εκ μέρους του1, αλλά και την B_2, που είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί εάν ο 2 επιλέξει την B_1, αλλά που είναι εύλογη:

- εάν ο παίκτης 2 εικάσει ότι ο παίκτης 1 μπορεί να απομακρυνθεί από το εκ της οπισθοβατικής επαγωγής πρόγραμμα δράσης του και παίξει A_1 αντί A_2,
- εάν ο παίκτης 1 εικάσει τι μπορεί να παίξει ο 2, αν ο παίκτης 2 απομακρυνθεί από το εκ της οπισθοβατικής επαγωγής πρόγραμμα δράσης του.

Ο παίκτης 1 θα ήθελε και αυτός να προβλέψει κάποια κίνηση αν ο 2 απομακρυνόταν από το αποτέλεσμα της οπισθοβατικής επαγωγής και έπαιζε B_2, αλλά δεν υπάρχει δεύτερο αποτέλεσμα οπισθοβατικής επαγωγής. Δηλαδή ο παίκτης 1 δεν διαθέτει κίνηση που θα του απέδιδε περισσότερο του 11 (αλλά λιγότερο του 22) αν δεν έπαιζε A_1, την οποία δεν πρόκειται ποτέ να παίξει, μιας και η απόδοσή 11 του 1 υπό την ακολουθία (A_1,B_2) κυριαρχείται αυστηρά από την απόδοση 22 του αποτελέσματος οπισθοβατικής επαγωγής.

Τέτοιο, όμως , «πρόβλημα», δεν υπάρχει στο παίγνιο που χρησιμοποιούμε ως παράδειγμα για την ιδιότητα της μιας απόκλισης (Σχήμα 4), όπου εναλλακτικό πρόγραμμα δράσης από εκείνο του οπισθοβατικού αποτελέσματος (A_2,B_1), δεν έχει

μόνο ο παίκτης 2 αλλά και ο 1 έτσι ώστε να δημιουργείται μια δεύτερη SPNE με ένα άλλο οπισθοβατικό αποτέλεσμα, το A_1, που:

- ούτε αυτό πρόκειται να πραγματοποιηθεί αν παιχθεί η A_2,
- ούτε η B_2 αυτής της δεύτερης SPNE θα πραγματοποιηθεί αν παιχθεί η A_2,
- ούτε το οπισθοβατικό αποτέλεσμα (A_2,B_1) θα πραγματοποιηθεί αν παιχθεί η A_1.

Πράγματι, μια ερμηνεία της έννοιας της στρατηγικής που χρησιμοποιεί η SPNE, είναι ότι οι «μη πραγματοποιήσιμες ιστορίες» (ενός παιγνίου) αποτελούν εικασίες των άλλων παικτών για το τι θα πράξει ο παίκτης που έρχεται η σειρά του να κινηθεί εάν δεν ακολουθήσει το υπό την οπισθοβατική επαγωγή πρόγραμμα δράσης του. Υπό την απουσία τέτοιων εικασιών, η μόνη εκλογικεύσιμη κατάσταση ισορροπίας θα ήταν αυτό καθαυτό το αποτέλεσμα οπισθοβατικής επαγωγής και η τήρηση του προγράμματος δράσης που υποδεικνύει η οπισθοβατική επαγωγή θα συνέθετε συμπεριφορά ισορροπίας.

Επομένως, οι εν λόγω τόσο άρρηκτα συνδεδεμένες εικασίες με την υπό τέλεια ισορροπία Nash για τα υποπαίγνια (SPNE) αναφέρονται σε συμπεριφορά εκτός ισορροπίας, η οποία μπορεί να οφείλεται είτε σε απουσία διαδικαστικής ορθολογικότητας είτε σε περιορισμένη ορθολογικότητα, αλλά όχι σε απουσία ουσιαστικής ορθολογικότητας· μιας και η συμπεριφορά σε εκτός ισορροπίας υποπαίγνια συνεχίζει να είναι ορθολογική (επικεντρώνεται στην αποδοτικότερη στρατηγική σε τέτοια υποπαίγνια).

1.8.5 Ολιγοπώλιο

Μια ξεχωριστή κατηγορία παγνίων που χρίζουν ειδικής μεταχείρισης πάλι κατά τον Graham R. (1997) είναι τα ολιγοπώλια. Ολιγοπώλιο είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε μια κατάσταση στην οποία ένας μικρός αριθμός από εμπορικούς οίκους (firms) κυριαρχούν σε μια συγκεκριμένη αγορά. Το κύριο χαρακτηριστικό της δομής αυτής της αγοράς είναι ότι οι ανταγωνιστικοί οίκοι είναι αλληλοεξαρτούμενοι. Αυτό συμβαίνει όταν η συμπεριφορά που ακολουθεί ο ένας εμπορικός οίκος επηρεάζει τα κέρδη των άλλων οίκων στη συγκεκριμένη αγορά. Αυτό, άλλωστε, το χαρακτηριστικό της αλληλεξάρτησης κάνει τα ολιγοπωλιακά παίγνια συμβατά με τη θεωρία παιγνίων. Τα ολιγοπώλια μπορεί να διαφέρουν σε σχέση με τους δύο ακραίους τύπους αγοράς. Δηλαδή, κάτω από συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού όλοι οι οργανισμοί προσπαθούν να πετύχουν το μέγιστο δυνατό όφελος και κατά αυτό τον τρόπο υποθέτουμε ότι είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Από την άλλη ακόμα και στα μονοπωλιακά παίγνια, εφόσον υπάρχει μόνο ένας εμπλεκόμενος στην αγορά, δεν μπορεί να υπάρχει αλληλεξάρτηση.

Ένας αριθμός διαφορετικών μοντέλων, τα οποία προσπαθούν να εξηγήσουν αλλά και να μαντέψουν την συμπεριφορά των ολιγοπωλιακών παιγνίων έχουν αναπτυχθεί. Εμείς θα αναφέρουμε τρία από αυτά τα μοντέλα, τα ονόματα των οποίων παραπέμπουν στους δημιουργούς τους. Το ξεχωριστό χαρακτηριστικό των μοντέλων αυτών του ολιγοπωλίου, είναι η δομή στην οποία στηρίζονται. Έτσι στο μοντέλο Cournot οι αντίπαλοι οίκοι συναγωνίζονται ταυτόχρονα ώστε να καταλήξουν σε συμφωνία για την ποσότητα αντικειμένων που είναι διατεθειμένοι να προωθήσουν στην αγορά. Στο μοντέλο του Stackelberg μια ή παραπάνω εταιρείες αρχικά δεσμεύονται ως προς την ποσότητα των αντικειμένων που σκοπεύουν να διαθέσουν στην αγορά. Οι υπόλοιπες εταιρείες παρατηρούν το μέγεθος αυτό της παραγωγής που έχει αποφασίσει η προηγούμενη εταιρία και τότε αποφασίζουν τη δική τους βέλτιστη παραγωγή. Τέλος, στο μοντέλο Bertrand οι εταιρίες ταυτόχρονα συναγωνίζονται για την τιμή που θα χρεώσουν τους καταναλωτές. Αυτές οι διαφορές μεταβάλλουν βασικά τη δομή που χαρακτηρίζει τα παιχνίδια μεταξύ των εμπορικών οργανισμών και κατά αυτόν τον τρόπο αλλάζουν την αναμενόμενη συμπεριφορά των οργανισμών που εμπλέκονται. Για να εντοπίσουμε αυτές τις διαφορές θα στραφούμε σε περιπτώσεις παιγνίων ανάμεσα σε δύο μόνο εταιρείες.

1.8.5.1 Ολιγοπώλιο Cournot

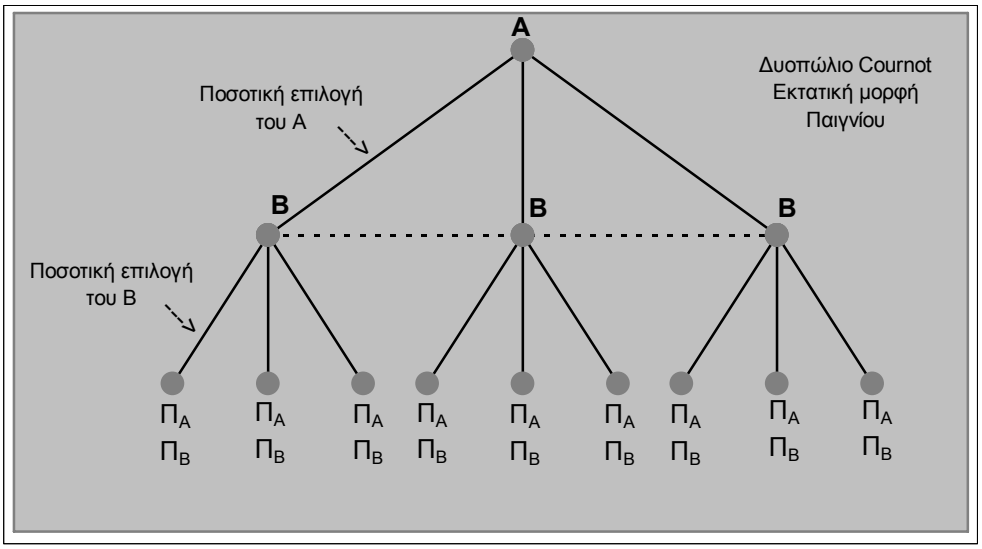
Όπως αναφέραμε και πριν, στο μοντέλο Cournot οι εταιρείες αποφασίζουν ταυτόχρονα την ποσότητα των αγαθών τους που θα διοχετεύσουν στην αγορά χωρίς έτσι να μπορούν να παρατηρήσουν το μέγεθος της παραγωγής της ανταγωνίστριας εταιρείας. Θεωρούμε ότι η συνολική ποσότητα που μπορεί να διατεθεί είναι καθορισμένη, ενώ γνωστή είναι και η τιμή που θα κυμανθούν αυτά. Για να εξετάσουμε την ανταγωνιστική αυτή περίπτωση υποθέτουμε ότι οι δύο εταιρείες παράγουν ένα πανομοιότυπο προϊόν. Έτσι λοιπόν η τιμή μονάδας ανά προϊόν P είναι αποφασισμένη ώστε και η συνολική διάθεση προϊόντος Q καλύπτει τη ζήτηση της αγοράς. Θέτουμε ότι η ζήτηση για το προϊόν δίνεται από την ακόλουθη συνάρτηση $P= \alpha - Q$, όπου α μια θετική σταθερά. Το κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος δίνεται ίσο με c και η κάθε εταιρία έχει σαν σκοπό να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της.

Με τη βοήθεια αυτής της πληροφοριακής περιγραφής μπορούμε να καθορίσουμε τις βασικές απαιτήσεις για ένα παιχνίδι κανονικής μορφής:

1. Οι παίκτες: Οι δύο εταιρείες, τις οποίες θα ονομάσουμε εταιρία A και B.
2. Οι στρατηγικές που είναι διαθέσιμες για τον κάθε παίκτη: Καθώς μιλάμε για ένα στατικό παιχνίδι οι διαθέσιμες στρατηγικές ταυτίζονται με τις πιθανές επιλογές των δύο παικτών. Κατά αυτόν τον τρόπο σαν διαθέσιμες στρατηγικές εδώ θα ορίσουμε τις ποσότητες των προϊόντων που κάθε εταιρεία μπορεί να προωθήσει στην αγορά. Έτσι οι δύο εταιρίες A και B θα διαθέσουν στην αγορά q_A και q_B ποσότητες αντίστοιχα.

3. Τα οφέλη (pay off): Αυτά είναι τα κέρδη που αποκομίζει κάθε εταιρεία. Ας τα συμβολίσουμε με Π_A και Π_B για τις εταιρείες Α και Β αντίστοιχα.

Επιπλέον γνωρίζουμε τι πληροφορίες έχει στη διάθεσή του ο κάθε παίκτης ώστε να αποφασίσει τη βέλτιστη στρατηγική του καθώς και το χρονικό διάστημα που εξελίσσεται το παίγνιο. Μπορούμε επομένως να απεικονίσουμε το συγκεκριμένο παίγνιο σε εκτατική μορφή.



(Σχήμα 6: Εκτατική μορφή δυοπωλίου Cournot)

Αυτό το εκτατικής μορφής παίγνιο απεικονίζει τα βασικά χαρακτηριστικά του ανταγωνισμού Cournot. Πιο συγκεκριμένα δείχνει ότι και οι δύο εταιρείες παίρνουν την απόφασή τους για παραγωγή προτού δουν την επιλογή για διάθεση στην αγορά η μια της άλλης. Αυτό δηλώνεται στο διάγραμμα από το γεγονός ότι όλοι οι κόμβοι επιλογής του Β βρίσκονται στο ίδιο σύνολο πληροφόρησης. Αλλά και για τον Α καθώς έχει μόνο ένα κόμβο επιλογής, τον αρχικό. Να σημειωθεί ωστόσο ότι η παραπάνω εκτατική απεικόνιση απλοποιεί το παίγνιο που περιγράψαμε υποθέτοντας ότι κάθε εταιρεία έχει μόλις τρεις επιλογές ποσοτήτων παραγωγής. Αντίθετα, στην περιγραφή του παιγνίου θεωρήσαμε ότι η κάθε εταιρεία μπορεί να διαθέσει οποιαδήποτε θετική ποσότητα προϊόντων, το οποίο σημαίνει ότι υπάρχουν απεριόριστες επιλογές δράσης για τον κάθε παίκτη. Όμως, είναι εμφανές ότι είναι αδύνατο να απεικονίσουμε όλες αυτές τις πιθανές επιλογές διαγραμματικά και για αυτό στην εκτατική μορφή του παιγνίου εμφανίζεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των διαθέσιμων στρατηγικών. Μόλις η κάθε εταιρεία διαλέξει τη βέλτιστη παραγωγική επιλογή της, έχοντας καθορισμένη την τιμή αγοράς, λαμβάνει το αντίστοιχο κέρδος. Έτσι σύμφωνα με την ισορροπία Nash θα ισχύει για κάθε μια από τις δύο εταιρείες:

- **Εταιρεία Α**

$\Pi_A = Pq_A - cq_A$ όμως $P=\alpha-Q=\alpha-(q_A+q_B)$, άρα

$\Pi_A = (\alpha-q_A-q_B)q_A - cq_A \Rightarrow$

$$\frac{\partial \Pi_A}{\partial q_A} = \alpha-2q_A-q_B-c=0 \Rightarrow q_A = \frac{\alpha-q_B-c}{2}.$$

(αφού $\frac{\partial^2 \Pi_A}{\partial q_A^2} = -2 < 0 \rightarrow \max$)

- **Εταιρεία Β**

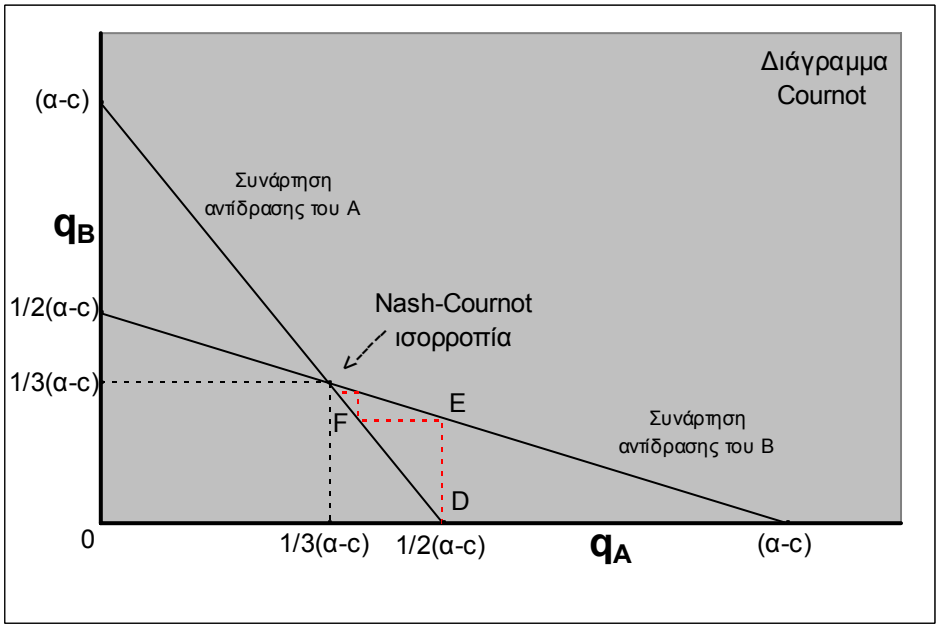
$\Pi_B = Pq_B - cq_B$ όμως $P=\alpha-Q=\alpha-(q_A+q_B)$, άρα

$\Pi_B = (\alpha-q_A-q_B)q_B - cq_B \Rightarrow$

$$\frac{\partial \Pi_B}{\partial q_B} = \alpha-q_A-2q_B-c=0 \Rightarrow q_B = \frac{\alpha-q_A-c}{2}.$$

(αφού $\frac{\partial^2 \Pi_B}{\partial q_B^2} = -2 < 0 \rightarrow \max$)

Οπότε εξισώνοντας τα δύο αποτελέσματα που προέκυψαν, έχουμε $q_A = q_B = \frac{\alpha-c}{3}$.



(Γράφημα 1: Συναρτήσεις αντίδρασης δυοπωλίου Cournot)

Από τις εξισώσεις των προϊόντων που παράγει κάθε εταιρία δημιουργείται το παραπάνω διάγραμμα, το οποίο μας δείχνει τις συναρτήσεις αντίδρασης των δύο εταιριών. Οι δύο εταιρείες πρέπει να κινηθούν ταυτόχρονα πάνω στις συναρτήσεις αντίδρασής τους και σύμφωνα με το διάγραμμα αυτές τέμνονται μόλις σε ένα σημείο· το σημείο αυτό αντιστοιχεί στη μοναδική ισορροπία Nash για το παίγνιο μας. Από το

διάγραμμα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η ισορροπία Nash εμφανίζεται στο σημείο όπου η κάθε εταιρεία προωθεί στην αγορά έναν αριθμό προϊόντων ίσο με (α-c)/3. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται και αλγεβρικά, όπως είδαμε, εξισώνοντας τις δύο σχέσεις που μας δίνουν τις συναρτήσεις αντίδρασης.

Παρότι καταλήξαμε στο ότι το αποτέλεσμα (α-c)/3 είναι η μοναδική λύση στο παίγνιο μας χρησιμοποιώντας τη λογική της ισορροπίας Nash, να σημειωθεί ότι ο Cournot (1838) προσδιόρισε και αυτός το συγκεκριμένο αποτέλεσμα σαν την ισορροπία του παιγνίου. Ο Cournot, ωστόσο, αναγνώρισε την ισορροπία αυτή του μοντέλου αναλύοντας το πώς θα αντιδρούσαν οι εταιρείες στην περίπτωση που θα βρίσκονταν εκτός ισορροπίας. Υπέθεσε ότι κάθε εταιρεία πιστεύει ότι αλλάζοντας την παραγωγή της, η άλλη εταιρεία δεν θα αντιδρούσε μεταβάλλοντας και αυτή την δικιά της παραγωγή. Η υπόθεση του αυτή ακολουθεί την κόκκινη διαγράμμιση στο προηγούμενο διάγραμμα (Cournot) και αιτιολογείται ως εξής:
Υποθέτουμε αρχικά ότι μόνο η εταιρία Α παράγει προϊόντα για τη συγκεκριμένη αγορά. Καθώς, λοιπόν, η εταιρία Α στην αρχή λειτουργεί μονοπωλιακά, η παραγωγή της θα ισούται με (α-c)/2 και θα βρίσκεται στο σημείο D του διαγράμματος. Αν τώρα η εταιρεία Β εισέλθει στην αγορά, και υποθέσει ότι η εταιρία Α θα διατηρήσει την αρχική ποσότητα παραγωγής της, τότε η παραγωγή της θα βρίσκεται στο σημείο Ε, το οποίο βρίσκεται στην καμπύλη αντίδρασης της εταιρίας Β και είναι επάνω κάθετα από το σημείο D. Ωστόσο, στο σημείο D η εταιρία Α βρίσκεται εκτός της καμπύλης αντίδρασής της και έτσι, υποθέτοντας ότι η εταιρεία Β δεν θα αλλάξει την ποσότητα παραγωγής της, αλλάζει την παραγωγή της μετατοπιζόμενη στο σημείο F. Είναι προφανές ότι αυτή η διαδικασία θα συνεχιστεί μέχρι να φτάσουμε το σημείο ισορροπίας Nash. Κάθε παρόμοια διαφωνία των δύο εταιριών από όποιο σημείο και να ξεκινάει συγκλίνει στο σημείο ισορροπίας Nash. Καθώς, λοιπόν, και οι δύο μέθοδοι καταλήγουν στην ίδια ισορροπία, αυτή αποκαλείται ισορροπία Cournot-Nash.

Παρότι και η λύση Cournot και η ισορροπία Nash οδηγούν στο ίδιο τελικό αποτέλεσμα, το σκεπτικό της ισορροπίας Nash έχει πιο δυνατή θεωρητική βάση. Συγκεκριμένα, η μεθοδολογία του Cournot έχει δύο κύριες αδυναμίες. Αρχικά αξιώνει ότι κάθε εταιρεία έχει τη δυνατότητα να αντιδρά στο μέγεθος παραγωγής της άλλης εταιρείας. Κάτι τέτοιο όμως είναι αντιφατικό με τη αρχική δομή του παιχνιδιού, που είχε σαν υπόθεση ότι οι δύο εταιρείες αποφασίζουν ταυτόχρονα. Δεύτερον, παρότι η κάθε εταιρία υποθέτει ότι η άλλη δεν θα αντιδράσει σε περίπτωση αλλαγής στην παραγωγή της πρώτης, κάτι τέτοιο δεν συμβαδίζει με την πραγματική συμπεριφορά που θα είχαν οι εταιρείες αν μπορούσαν να αντιδράσουν, και βρίσκονταν εκτός ισορροπίας Nash. Αυτό, δηλαδή, σημαίνει ότι οι υποθέσεις κάθε εταιρίας ως προς την συμπεριφορά της άλλης αντιτίθεται με το ίδιο το μοντέλο και κατά αυτό τον τρόπο δεν είναι μια ορθολογική εικασία. Παρότι η ισορροπία Cournot

είναι λογική, η ανάλυση για το τι συμβαίνει στην περιοχή εκτός ισορροπίας θα χαρακτηριζόταν μη ικανοποιητική.

Αντίθετα, ο τρόπος λειτουργίας της ισορροπίας Nash δεν εισάγει δυναμικά στοιχεία σε ένα στατικό μοντέλο, ούτε εισάγει αυθαίρετα υποθετικές συμπεριφορές. Αντί αυτού κάθε εταιρεία στηρίζει την ποσότητα ισορροπίας σε λογικές εικασίες σχετικά με τη συμπεριφορά των άλλων εταιριών. Είναι μέσω αυτής της λογικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων, όπου η κάθε εταιρεία ρητά παίρνει υπόψη της την αλληλεπίδραση με τους άλλους παίκτες, ότι επιτυγχάνεται η ισορροπία.

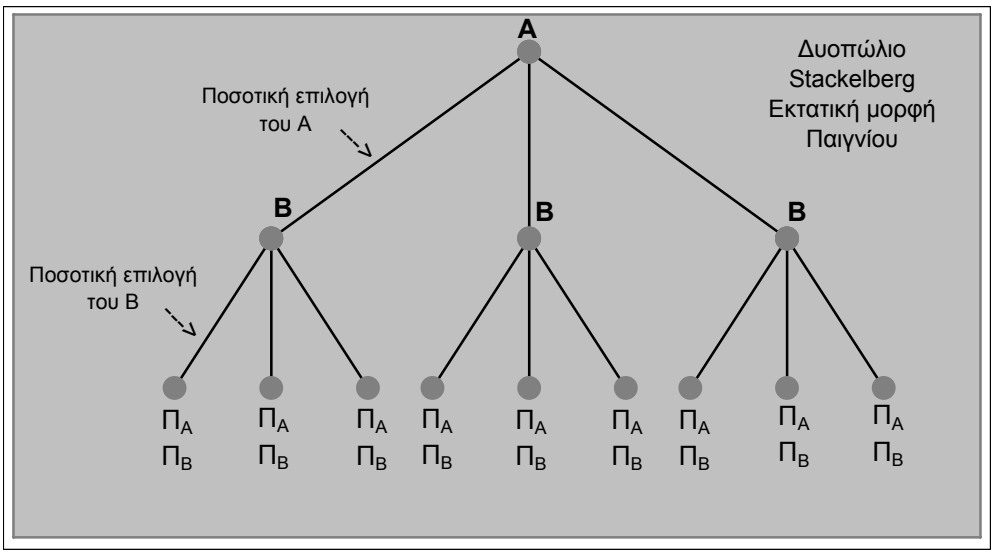
1.8.5.2 Ολιγοπώλιο Stackelberg

Με το μοντέλο Cournot οι εμπορικοί οίκοι επιλέγουν το επιθυμητό ποσό παραγωγής ταυτόχρονα. Στο μοντέλο Stackelberg υποθέτουμε ότι τουλάχιστον ένας από τους οίκους της αγοράς δεσμεύεται ως προς την ποσότητα των αντικειμένων που σκοπεύει να διαθέσει, προτού οι υπόλοιπες εταιρείες αποφασίσουν για τη δική τους παραγωγή. Οι υπόλοιπες εταιρείες παρατηρούν την «οδηγό» εταιρεία και μετά ανταποκρίνονται με τη δική τους επιλογή. Οι εταιρείες που μπορούν εξ' αρχής να προσδιορίσουν το μέγεθος της παραγωγής τους αποκαλούνται οδηγοί της αγοράς (market leaders) και οι άλλες εταιρείες ακολουθούντες (followers). Όπως και πριν για να κατανοήσουμε καλύτερα το συγκεκριμένο μοντέλο ολιγοπωλίου θα καταφύγουμε στην περίπτωση του δυοπωλίου, όπου θα υπάρχουν μια οδηγός και μια ακολουθούσα εταιρία. Στο Σχήμα 7 που ακολουθεί φαίνεται η εκτεταμένη μορφή του.

Στο Σχήμα 7 η εταιρία Α είναι ο οδηγός και η εταιρία Β η ακόλουθος. Η μόνη διαφορά ανάμεσα σε αυτό το διάγραμμα και στο εκτατικής μορφής διάγραμμα του δυοπωλίου Cournot είναι ότι οι κόμβοι απόφασης του παίκτη Β είναι πλέον σε διαφορετικό σύνολο πληροφόρησης και όχι στο ίδιο. Αυτό οφείλεται στην υπόθεση ότι η ακόλουθος εταιρεία τώρα μπορεί να παρατηρήσει τις παραγωγικές διαθέσεις της εταιρείας οδηγού προτού προχωρήσει στην δική της βέλτιστη επιλογή. Αυτή η αλλαγή στην δομή της αγοράς μεταβάλλει σημαντικά την αναμενόμενη συμπεριφορά των δύο εταιριών.

Στην προσπάθεια να προβλέψουμε το αποτέλεσμα του εκτεταμένης μορφής παιγνίου συνειδητοποιούμε ότι δεν πρόκειται πλέον για στατικό αλλά για δυναμικό παίγνιο. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα για εκδήλωση απειλών και υποσχέσεων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν το παιχνίδι. Για παράδειγμα, η εταιρεία Β θα μπορούσε να απειλήσει ότι θα παράγει πολύ μεγάλη ποσότητα προϊόντων, αν κάτι τέτοιο γινόταν πιστευτό από την οδηγό εταιρεία του παιγνίου (εταιρεία Α) θα μπορούσε να τη παρασύρει ώστε να μην παράγει καθόλου ποσότητες και να αφήσει έτσι την εταιρεία Β μοναδικό προμηθευτή της αγοράς. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει μια από τις πολλές ισορροπίες Nash του παιγνίου που θα μπορούσαν να

προκαλεστούν από τέτοιου είδους απειλές. Βέβαια, οι υποσχέσεις και οι απειλές είναι απίθανο να πραγματοποιηθούν καθώς η ακόλουθος εταιρεία δεν θα φανέρωνε τις προθέσεις της αν σκόπευε να τις υλοποιήσει. Για να ελέγξουμε μια τέτοια περίπτωση απαιτούμε το αποτέλεσμα του παιχνιδιού να είναι μια τέλεια ισορροπία για τα υποπαίγνια Nash (SPNE). Για να βρούμε την ισορροπία αυτή θα προσφύγουμε στη μέθοδο οπισθοβατικής επαγωγής.



(Σχήμα 7: Εκτατική μορφή δυοπωλίου Stackelberg)

Για να δούμε πως θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τη μέθοδο της οπισθοβατικής επαγωγής στην περίπτωση μας, κάνουμε τις ίδιες υποθέσεις που χρησιμοποιήσαμε στο δυοπώλιο Cournot, με τη διαφορά ότι τώρα η εταιρία A είναι ο οδηγός και η εταιρία B η ακόλουθος του παιγνίου. Χρησιμοποιώντας την οπισθοβατική επαγωγή ξεκινάμε από το τέλος του παιγνίου και αρχικά προσδιορίζουμε την ποσότητα που παράγει η ακόλουθος εταιρεία B. Έχοντας γνωστό ότι ο παίκτης B είναι ορθολογικός και θα προσπαθήσει να βελτιστοποιήσει τα κέρδη του θα έχουμε:

- **<u>Εταιρεία B</u>**

$\Pi_B = Pq_B - cq_B$ όμως $P = \alpha - Q = \alpha - (q_A + q_B)$, άρα

$\Pi_B = (\alpha - q_A - q_B)q_B - cq_B \Rightarrow$

$$\frac{\partial \Pi_B}{\partial q_B} = \alpha - q_A - 2q_B - c = 0 \Rightarrow q_B = \frac{\alpha - q_A - c}{2}.$$

(αφού $\frac{\partial^2 \Pi_B}{\partial q_B{}^2} = -2 < 0 \rightarrow \max$)

Η ισότητα αυτή είναι η συνάρτηση αντίδρασης του παίκτη B. Η συνάρτηση αυτή δίνει τη βέλτιστη αντίδραση της ακόλουθου εταιρείας για οποιαδήποτε παραγωγή επιλέξει η οδηγός εταιρεία. Έχοντας, λοιπόν, κάνει την πρόβλεψη ότι η ακόλουθος εταιρία θα κινηθεί πάνω στη συνάρτηση αντίδρασής της στο τέλος του παιγνίου,

μπορούμε να ασχοληθούμε τώρα με το τι θα κάνει η εταιρεία Α στην αρχή του παιγνίου. Από τα όσα έχουμε ορίσει παραπάνω είναι εμφανές ότι η τελική επιλογή του παίκτη Α θα βρίσκεται πάνω στην συνάρτηση αντίδρασης του παίκτη Β. Υπολογίζοντας αυτούς του περιορισμούς ο παίκτης Α θα προσπαθήσει να βελτιστοποιήσει την απόδοσή του και θα έχουμε:

- **<u>Εταιρεία Α</u>**

$\Pi_A = Pq_A - cq_A$ όμως $P=\alpha-Q=\alpha-(q_A+q_B)$, άρα

$\Pi_A = (\alpha - q_A - q_B)q_A - cq_A \Rightarrow$

$\Pi_A = \alpha q_A - q_A^2 - \frac{\alpha - c - q_A}{2} q_A - cq_A \Rightarrow$

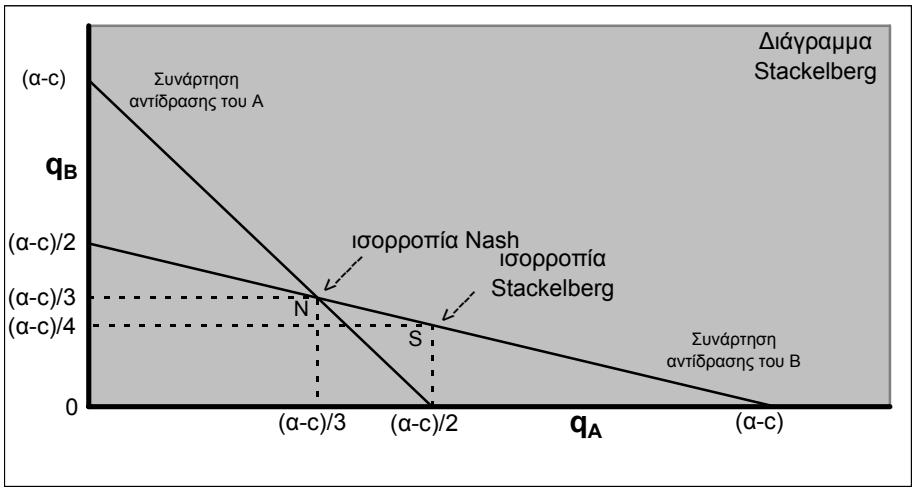
$\Pi_A = \frac{\alpha - c}{2} q_A - \frac{1}{2} q_A^2 \Rightarrow$

$\frac{\partial \Pi_A}{\partial q_A} = \frac{\alpha - c}{2} - q_A = 0 \Rightarrow q_A = \frac{\alpha - c}{2}.$

(αφού $\frac{\partial^2 \Pi_A}{\partial q_A^2} = -1 < 0 \rightarrow \max$)

Αυτή είναι η τέλεια ισορροπία για τα υποπαίγνια Nash ως αφορά τον παίκτη Α. Αν στην συνέχεια βάλουμε την τιμή αυτή στην συνάρτηση αντίδρασης του Β θα προκύψει ότι $q_B=(\alpha-c)/4$ και $Q=3(\alpha-c)/4$. Τα αποτελέσματα μαζί με την Stackelberg-(υποπαιγνιακά τέλεια) Nash ισορροπία φαίνονται στο παρακάτω Γράφημα 2.

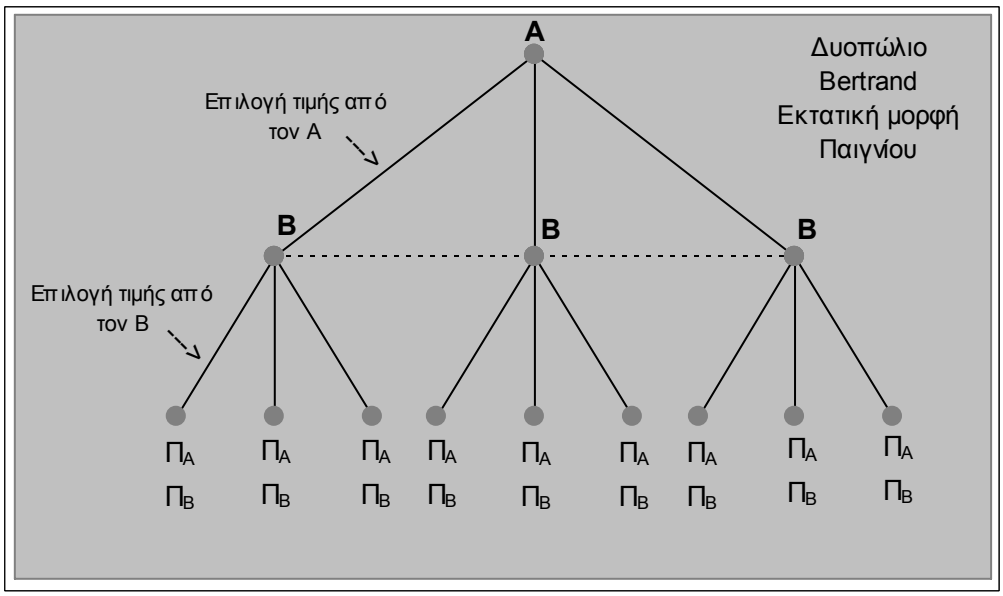
Η εταιρεία Α θα προσπαθήσει να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της και αν είναι δυνατόν να οδηγήσει την αγορά σε μονοπωλιακά επίπεδα ώστε να παραμείνει μόνη στην αγορά. Επιλέγει κατά αυτόν τον τρόπο την τιμή $q_A=(\alpha-c)/2$ ενώ η ακόλουθος εταιρεία Β που πρέπει να κινηθεί πάνω στην συνάρτηση αντίδρασής της μεταφέρει την ισορροπία στο σημείο S. Στο Γράφημα 2 επίσης βλέπουμε και την ισορροπία Cournot-Nash. Συγκριτικά με την ισορροπία αυτή, η ισορροπία Stackelberg προσφέρει μεγαλύτερα κέρδη για την οδηγό εταιρεία του παιγνίου και μικρότερα για την ακόλουθο εταιρεία. Η πρόσθετη, δηλαδή, πληροφόρηση έκανε τη θέση της ακόλουθου εταιρείας δυσμενέστερη. Αντίθετα, η δυνατότητα της οδηγού εταιρείας να μπορεί να προαποφασίσει για την ποσότητα των προϊόντων που θα διαθέσει στην αγορά ωφέλησε την εταιρεία.



(Γράφημα 2: Συναρτήσεις αντίδρασης δυοπωλίου Stackelberg)

1.8.5.3 Ολιγοπώλιο Bertrand

Στα ολιγοπώλια Cournot και Stackelberg η στρατηγική των εταιρειών απευθύνεται στην ποσότητα των προϊόντων που σκοπεύουν να διαθέσουν στην αγορά. Στο ολιγοπώλιο Bertrand η στρατηγική αφορά τις τιμές που σκοπεύουν οι εταιρείες να χρεώσουν στους πελάτες τους. Σε αυτό το μοντέλο οι εταιρείες ανακοινώνουν ταυτόχρονα την τιμή που είναι διατεθειμένοι να πουλήσουν τα προϊόντα τους, και στη συνέχεια οι καταναλωτές αποφασίζουν την ποσότητα που θα αγοράσουν. Η εκτατική μορφή του συγκεκριμένου παιγνίου, όταν αποτελείται από δύο παίκτες (δυοπώλιο) συμπίπτει με αυτή του δυοπωλίου Cournot, με τη διαφορά ότι οι εταιρείες τώρα καλούνται να αποφασίσουν την τιμή με την οποία θα διαθέσουν το προϊόν τους.



(Σχήμα 8: Εκτατική μορφή δυοπωλίου Bertrand)

Η φύση της ισορροπίας που προκύπτει από το μοντέλο Bertrand εξαρτάται απόλυτα από το αν οι δύο εταιρείες πωλούν πανομοιότυπα ή διαφορετικά προϊόντα. Αρχικά θα υποθέσουμε ότι τα προϊόντα είναι ακριβώς ίδια και μετά θα πάμε στην περίπτωση της διαφορετικότητας των προϊόντων.

Πανομοιότυπα προϊόντα

Στην περίπτωση αυτή υπάρχει μια ισορροπία Nash και συναντάται όταν οι δύο εταιρείες χρεώνουν την ίδια τιμή και αποκομίζουν ένα λογικό κέρδος. Για να γίνει αντιληπτό το παραπάνω συμπέρασμα ας δούμε τον συλλογισμό που ακολουθεί.

Αν οι εταιρείες πωλούν πανομοιότυπο προϊόν, οι καταναλωτές θα αγοράσουν το προϊόν από την εταιρεία που το έχει στη χαμηλότερη τιμή. Επομένως, αν οι εταιρείες πωλούν σε διαφορετική τιμή, αυτή που έχει τη χαμηλότερη τιμή θα κυριαρχήσει στην αγορά. Αν, στην περίπτωση αυτή, η εταιρεία αποκομίζει υπερβολικά κέρδη, τότε η άλλη εταιρεία έχει το κίνητρο ώστε κατεβάσει την τιμή της λίγο κάτω από την τιμή της πρώτης. Αντιδρώντας έτσι θα κυριαρχήσει αυτή στο σύνολο της αγοράς και θα αρχίσει να αποκτά θετικά οφέλη. Από την άλλη μεριά τώρα, αν η εταιρία που αρχικά κυριάρχησε στην αγορά βλέπει ότι τα κέρδη της πέφτουν κάτω του φυσιολογικού έχει ένα κίνητρο να αυξήσει την τιμή της. Αυτή η αντίδραση είτε θα οδηγήσει την εταιρεία σε κέρδη που κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα κάνοντας τη βιώσιμη είτε θα την αναγκάσει σε μηδενικές πωλήσεις και απόσυρση από την αγορά. Από αυτά τα σενάρια γίνεται εμφανές ότι αν οι δύο εταιρείες χρεώνουν διαφορετικές τιμές δεν πρόκειται να υπάρξει ισορροπία Nash.

Παρόμοια διαφωνία θα μπορούσε να προκύψει σχετικά με το ύψος των κερδών (μεγαλύτερο ή μικρότερο του φυσιολογικού), που θα αποκόμιζαν οι δύο εταιρείες αν χρέωναν την ίδια τιμή. Στην περίπτωση αυτή και οι δύο εταιρείες θα είχαν κίνητρο ώστε να αυξομειώσουν λίγο την τιμή πώλησης τους για να επιτύχουν το επιθυμητό για αυτές κέρδος. Όμως η μοναδική ισορροπία Nash επιτυγχάνεται όταν όλες οι εταιρείες έχουν την ίδια τιμή χρέωσης και αποκομίζουν φυσιολογικά κέρδη. Αυτό συμπίπτει με το πλήρως ανταγωνιστικό αποτέλεσμα και το γεγονός ότι ένας τόσο μικρός αριθμός ανταγωνιστών οδηγεί σε ανταγωνιστικό αποτέλεσμα αποτελεί το παράδοξο του Bertrand. Μιλάμε για παράδοξο γιατί φαντάζει μη πειστικό να πιστεύουμε ότι τόσο μικρός αριθμός ανταγωνιστών δεν θα βρει τρόπο να συνωμοτήσει ώστε να υποσκελίσει τον ανταγωνισμό και να αποκομίσει υπερβολικά κέρδη. Ένας τρόπος να αποφευχθεί το παράδοξο του Bertrand είναι να δοθεί στις εταιρείες η δυνατότητα για επαναλαμβανόμενη δράση. Ενώ ένας εναλλακτικός τρόπος να επιτευχθεί η αποφυγή του παράδοξου είναι να επιτραπεί στις εταιρείες να παράγουν διαφορετικά προϊόντα. Την τελευταία περίπτωση θα αναλύσουμε παρακάτω.

Διαφορετικά προϊόντα

Με τη διαφορετικότητα των προϊόντων οι εταιρείες δεν έχουν πλέον να αντιμετωπίσουν μια λογική του όλα ή τίποτα όπως γίνεται με την παραγωγή ταυτόσημων αγαθών. Αντίθετα, οι εταιρείες τώρα αντιπροσωπεύονται από μιας αρνητικής κλίσης καμπύλη ζήτησης. Επίσης, οι εταιρείες παραμένουν σε αλληλεξάρτηση, όχι όμως στο βαθμό που είχαν όταν παρήγαγαν πανομοιότυπα προϊόντα. Ας υποθέσουμε, λοιπόν, ότι έχουμε δύο εταιρείες την Α και την Β με τιμές

p_A και p_B αντίστοιχα. Τότε οι ποσότητες που θα διαθέσουν στην αγορά οι δύο εταιρείες θα ακολουθούν τις εξισώσεις:

$$q_A = a - p_A + bp_B$$

$$q_B = a - p_B + bp_A$$

Όπου b>0 αντανακλά ότι τα δύο προϊόντα υποκαθιστούν το ένα το άλλο. Όπως και στα προηγούμενα παραδείγματα υποθέτουμε ότι οι εταιρείες έχουν σταθερό αρχικό κόστος παραγωγής ίσο με c χωρίς κάποια άλλη επιβάρυνση. Υποθέτοντας ότι οι εταιρείες έχουν σαν στόχο να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους η ισορροπία Nash που προκύπτει είναι αυτή που ακολουθεί.

- **<u>Εταιρεία Α</u>**

$\Pi_A = p_A q_A - cq_A$ όμως $q_A = a - p_A + bq_B$, άρα

$\Pi_A = p_A(a - p_A + bp_B) - c(a - p_A + bq_B) \Rightarrow$

$\frac{\partial \Pi_A}{\partial p_A} = \alpha + bp_B - 2p_A + c = 0 \Rightarrow p_A = \frac{\alpha + c + p_B}{2}$.

(αφού $\frac{\partial^2 \Pi_A}{\partial p_A^2} = -2 < 0 \rightarrow \max$)

- **<u>Εταιρεία Β</u>**

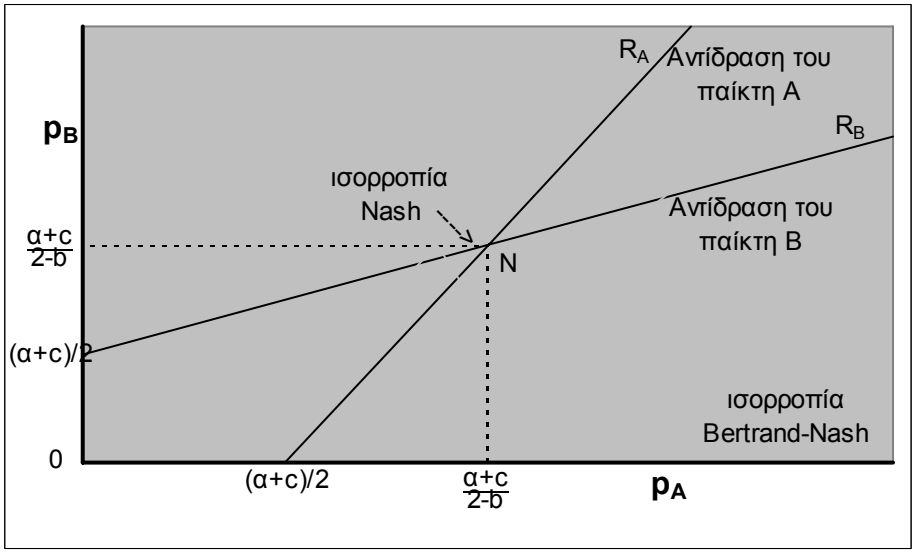
$\Pi_B = p_B q_B - cq_B$ όμως $q_B = a - p_B + bq_A$, άρα

$\Pi_B = p_B(a - p_B + bp_A) - c(a - p_B + bq_A) \Rightarrow$

$\frac{\partial \Pi_B}{\partial p_B} = \alpha + bp_A - 2p_B + c = 0 \Rightarrow p_B = \frac{\alpha + c + p_A}{2}$.

(αφού $\frac{\partial^2 \Pi_B}{\partial p_B^2} = -2 < 0 \rightarrow \max$)

Οι δύο αυτές συναρτήσεις αντιδράσεων φαίνονται στο παρακάτω γράφημα.



(Γράφημα 3: Συναρτήσεις αντίδρασης δυοπωλίου Bertrand)

Για να βρούμε την ισορροπία Bertrand-Nash και οι δύο εταιρείες πρέπει να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους ταυτόχρονα, έχοντας εν γνώση τους την αναμενόμενη συμπεριφορά ο ένας του άλλου. Αυτό σημαίνει ξανά ότι και οι δύο εταιρείες θα πρέπει να κινηθούν πάνω στις συναρτήσεις αντίδρασής τους. Θέτοντας τις δύο συναρτήσεις ίσες τη μια με την άλλη επιτυγχάνουμε την μοναδική ισορροπία Nash, στην οποία κάθε εταιρεία θα έχει ορίσει σαν τιμή $p_A = p_B = \frac{(a+c)}{(2-b)}$.

1.8.6 Επαναλαμβανόμενα παίγνια

Τα ολιγοπωλιακά μοντέλα των Cournot και Bertrand έχουν κατηγορηθεί για την υποθετική «μυωπική» συμπεριφορά που επιδεικνύουν οι εταιρείες. Υπάρχει η άποψη ότι σε μια βιομηχανία, όπου για καιρό, συνυπάρχει μικρός αριθμός εταιρειών, οι ίδιες οι εταιρείες θα μπορούσαν να συνειδητοποιήσουν την αμοιβαία αλληλεξάρτηση και να δράσουν περισσότερο συνεργάσιμα από ότι περιγράφουν τα μοντέλα Cournot και Bertrand. Η θεωρία των επαναλαμβανόμενων παιγνίων μας οδηγεί με τον πιο απλό τρόπο στο σκεπτικό ενός μακράς διαρκείας παιγνίου.

Όπως θα περιμέναμε, τα επαναλαμβανόμενα παίγνια θα μπορούσαν να έχουν μια επίδραση επάνω στα αναμενόμενα αποτελέσματα ενός παιγνίου. Για παράδειγμα, θα φαινόταν λογικό κατά τον Graham R. (1997) να υποθέσουμε ότι η επανάληψη του παιγνίου θα έδινε στους παίκτες περισσότερες ευκαιρίες να μάθουν να συνεργάζονται με σκοπό να αποφύγουν περιπτώσεις όπως το δίλλημα των φυλακισμένων που αντιμετωπίσαμε στην αρχή αυτού του κεφαλαίου. Θα προσπαθήσουμε, λοιπόν, να εξετάσουμε πώς η επανάληψη επιδρά επάνω στα αποτελέσματα των παιγνίων που έχουν προβλεφθεί και κάτω από ποιες συνθήκες είναι δυνατή η «συνομωσία» στα μη-συνεργατικά παίγνια. Για να γίνει αυτό θα εξετάσουμε τις παρακάτω περιπτώσεις. Αρχικά, θα ασχοληθούμε με παίγνια μιας φάσης (one-off games), όπως όλα μέχρι στιγμής, τα οποία επαναλαμβάνονται άπειρες φορές. Στην συνέχεια θα στραφούμε σε μιας φάσης παίγνια τα οποία επαναλαμβάνονται κατά ένα πεπερασμένο αριθμό και το αρχικό παίγνιο έχει μοναδική ισορροπία Nash. Επίσης θα μιλήσουμε για το «παράδοξο της οπισθοβατικής επαγωγής», το οποίο οφείλει την ονομασία του στο γεγονός ότι ενώ η συνεργασία είναι πιθανό να εμφανισθεί σε απείρως επαναλαμβανόμενα παίγνια, κάτι τέτοιο είναι αδύνατο να συμβεί σε παίγνια συγκεκριμένου αριθμού επαναλήψεων (ακόμα και αν ο αριθμός των επαναλήψεων είναι πολύ μεγάλος).

<u>Απείρως επαναλαμβανόμενα παίγνια.</u>

Για να μελετήσουμε την περίπτωση των απείρως επαναλαμβανόμενων παιγνίων θα υποθέσουμε το ακόλουθο παράδειγμα ανταγωνισμού μεταξύ δύο εταιρειών. Έστω, λοιπόν δύο εταιρείες η Α και η Β κυριαρχούν σε μια συγκεκριμένη αγορά. Το τμήμα marketing και των δύο εταιρειών έχει ανακαλύψει ότι η αύξηση των δαπανών για

διαφήμιση, κρατώντας σταθερούς τους άλλους παράγοντες, έχει θετικό αντίκρισμα στις πωλήσεις της εταιρείας. Ωστόσο, οι ολικές πωλήσεις εξαρτώνται αρνητικά και από το ποσό που σκοπεύει η ανταγωνιστική εταιρεία να ξοδέψει στη διαφήμιση. Αν τώρα θεωρήσουμε ότι υπάρχουν μόνο δύο επιλογές στο μέγεθος της διαφήμισης που μπορεί να επιλέξει η κάθε εταιρεία (χαμηλών ή υψηλών εξόδων), τότε ο πίνακας αποδόσεων του παιγνίου (σε εκατομμύρια € ανά έτος) για τις δύο εταιρείες θα έχει ως εξής.

		Εταιρεία Β	
		Υψηλή διαφήμιση	*Χαμηλή διαφήμιση*
Εταιρεία Α	*Υψηλή διαφήμιση*	4,4	6,3
	Χαμηλή διαφήμιση	3,6	5,5

(Πίνακας 13: Κανονική μορφή παραδείγματος επαναλαμβανόμενου παιγνίου)

Από την κανονική μορφή του παιγνίου, μπορούμε να δούμε ότι και οι δύο εταιρείες θα είχαν συμφέρον να διατηρηθούν σε χαμηλά έξοδα διαφήμισης, αφού τα κέρδη που θα επέφερε ο συντονισμός και των δύο στην στρατηγική του υψηλού κόστους διαφήμισης θα ήταν λιγότερα. Κάτι τέτοιο φαντάζει λογικό καθώς αν και οι δύο εταιρείες αύξαναν το κόστος διαφήμισης ταυτόχρονα, τα μερίδιά τους στην αγορά θα παρέμεναν ανέπαφα, ενώ παράλληλα το επιπλέον κόστος της διαφήμισης θα είχε μειώσει τα κέρδη τους. Παρόλα αυτά, κάθε εταιρεία έχει το κίνητρο να προσπαθήσει να αυξήσει το μέγεθος της διαφήμισής της πάνω από αυτό του ανταγωνιστή της καθώς κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς και κατά επέκταση μεγαλύτερα κέρδη.

Αν το παιχνίδι παιζόταν μόνο μια φορά, τότε υπάρχει μοναδική ισορροπία Nash όταν και οι δύο εταιρείες συντονιστούν στην υψηλού κόστους διαφήμιση. Παρατηρούμε όμως ότι και οι δύο εταιρείες θα είχαν μεγαλύτερο όφελος αν μπορούσαν να επιλέξουν ταυτόχρονα μικρού κόστους διαφημιστικές εκστρατείες. Το πρόβλημα για τις δύο εταιρείες είναι το πώς θα μπορέσουν να δράσουν υπό συνεργασία χωρίς να χρησιμοποιήσουν νομικά εξαναγκαστικά μέσα (για παράδειγμα συμβόλαια). Στο παίγνιο μιας φάσης (one-off game) κάτι τέτοιο δείχνει αδύνατο καθώς φαίνεται καθαρά το κίνητρο για αύξηση των διαφημιστικών εξόδων. Ωστόσο, αν η αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο εταιρείες είναι απείρως επαναλαμβανόμενη, υπάρχει πιθανότητα συνεργασίας που οδηγεί στο βέλτιστο και για τους δύο αποτέλεσμα (Pareto-optimal). Αυτό θα συμβεί όταν από κοινού οι δύο εταιρείες υιοθετήσουν μια κατάλληλη υποθετική στρατηγική και δεν θα προεξοφλήσουν το μέλλον σε μεγάλο βαθμό.

Όπως αναφέραμε πριν, μια υποθετική στρατηγική είναι αυτή, κατά την οποία ο παίκτης υποθέτει ότι θα χρησιμοποιήσει σαν αντίδραση κάποιων επιλογών ενός τουλάχιστον αντίπαλου παίκτη στο παίγνιο. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα για έναν

παίκτη ή περισσότερους να τιμωρήσουν, στην ουσία, όποιον παίκτη θελήσει να απομακρυνθεί από το κοινά αποδοτικότερο αποτέλεσμα (Pareto-efficient outcome). Αυτή η στρατηγική ονομάζεται στρατηγική τιμωρίας. Αν η προοπτική τη τιμωρίας είναι σκληρή σε ικανοποιητικό βαθμό, οι παίκτες θα αποσυρθούν από το ενδεχόμενο απόκλισης από την κοινά αποδοτικότερη λύση και η ισορροπία θα διατηρηθεί. Ασφαλώς μεγάλο βαθμό για τη λειτουργία της παραπάνω παραδοχής παίζει η αξιοπιστία της απειλής για τιμωρία. Αυτό συνεπάγεται ότι μια στρατηγική τιμωρίας θα είναι αποτελεσματική στη διατήρηση της λύσης συνεργασίας, αν αποτελεί μέρος μιας τέλειας για τα υποπαίγνια ισορροπίας Nash για όλο το παίγνιο. Για να αντιληφθούμε καλύτερα τον παραπάνω συλλογισμό ας δούμε τη στρατηγική τιμωρίας που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στο παίγνιο μας του Πίνακα 13.

Κάθε εταιρεία ξεκινά με την επιλογή του χαμηλού κόστους διαφήμισης, και αυτό διατηρείται υπό την προϋπόθεση ότι η ανταγωνιστική εταιρεία έχει κάνει ακριβώς την ίδια επιλογή στις προηγούμενες περιόδους. Αν, ωστόσο, η άλλη εταιρεία είχε επιλέξει μια υψηλού κόστους διαφημιστική στρατηγική κάποια στιγμή στο παρελθόν, τότε από εκείνο το σημείο και μετά η πρώτη εταιρεία θα επιλέγει συνεχώς υψηλού κόστους διαφημιστική εκστρατεία. Αυτού του είδους η στρατηγική τιμωρίας χρησιμοποιείται συχνά στα απείρως επαναλαμβανόμενα παίγνια, και είναι γνωστή ως στρατηγική σκανδάλης (trigger strategy).

Μια στρατηγική σκανδάλης εμφανίζεται όταν οι ενέργειες ενός παίκτη στο παιχνίδι προκαλούν τους υπόλοιπους παίκτες σε μια μόνιμη αλλαγή της επιλογής τους. Η παραπάνω στρατηγική σκανδάλης συνεπάγεται μια επ' άπειρων περίοδο τιμωρίας αν κάποια από τις εταιρείες οδηγηθεί σε υψηλού κόστους διαφήμιση. Από τη στιγμή που μια από τις εταιρείες αυξάνει τον βαθμό διαφήμισής της, η άλλη εταιρεία θα κάνει το ίδιο πράγμα από αυτό το σημείο και μετά· αυτό συνεπάγεται ότι η πιθανότητα επιστροφής στο κοινά αποδοτικότερο αποτέλεσμα (Pareto-efficient outcome) είναι αδύνατη. Μια εταιρεία που θα επιλέξει υψηλό κόστος διαφήμισης θα δει τα κέρδη της να αυξάνονται από 5 σε 6 εκατομμύρια € σε 6 την πρώτη χρονιά της παρέκκλισης, αλλά στη συνέχεια αυτά θα μειωθούν μόλις στα 4 εκατομμύρια € για κάθε χρόνο που θα ακολουθήσει. Για αυτόν τον λόγο μια στρατηγική σκανδάλης διατηρεί το κοινά αποδοτικότερο αποτέλεσμα όταν ικανοποιούνται δύο συνθήκες. Αρχικά, η τιμωρία θα πρέπει από μόνη της να είναι αξιόπιστη, και δεύτερον η δέσμευση για διατήρηση χαμηλού κόστους διαφήμισης, δοθείσας της προοπτικής για τιμωρία, θα πρέπει επίσης να είναι αξιόπιστη.

Στην στρατηγική σκανδάλης (trigger strategy) που περιγράψαμε παραπάνω η απειλή τιμωρίας είναι αξιόπιστη διότι αν μια εταιρεία επιδιώξει την υψηλή διαφήμιση, τότε είναι λογικό η ανταγωνίστρια της να κάνει το ίδιο πράγμα. Αυτή η στρατηγική τιμωρίας είναι αξιόπιστη διότι αντιστοιχεί στην ισορροπία Nash του παιγνίου μιας φάσης. Το να «παιχτεί» η ισορροπία Nash είναι πάντα μια αξιόπιστη

στρατηγική αφού, εξ' ορισμού, είναι η βέλτιστη αντίδραση για τις αναμενόμενες στρατηγικές του αντιπάλου. Ας εξετάσουμε τώρα την αξιοπιστία της παραμονής στην χαμηλού κόστους διαφήμιση. Υποθέτοντας ότι οι εταιρείες θα επιχειρήσουν να αυξήσουν τα κέρδη τους, το δια μέσω συνεργασίας αποτέλεσμα, όπου και οι δύο παίκτες προτιμούν τη χαμηλού κόστους διαφήμιση, θα διατηρηθεί επ' αόριστο αν η παρούσα αξία της συνεργασίας είναι μεγαλύτερη από την παρούσα αξία της παρέκκλισης από την συνεργασία.

Οπότε, αν $0<\delta<1$ ένας παράγοντας προεξόφλησης (discount factor), και συγκεκριμένα εδώ ο αποπληθωρισμός μελλοντικών κερδών· καθώς ένα € που λαμβάνεται σήμερα αξίζει περισσότερο από ένα € που θα ληφθεί στο μέλλον θα ισχύει:

- <u>Παρούσα αξία όταν διατηρείται η συνεργασία στην χαμηλού κόστους διαφημιστική εκστρατεία.</u>

$$PV(low)=5+5\delta+5\delta^2+... \ (1)$$
$$(1)\cdot\delta \Rightarrow \delta\cdot PV(low)=5\delta+5\delta^2+5\delta^3+... \ (2)$$
$$(1)\text{-}(2) \Rightarrow (1\text{-}\delta)PV(low)=5 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow PV(low)=\frac{5}{(1\text{-}\delta)}$$

- <u>Παρούσα αξία όταν υπάρχει απόκλιση από την συνεργασία και κατεύθυνση της μιας πλευράς σε υψηλού κόστους διαφημιστική εκστρατεία.</u>

$$PV(high)=6+4\delta+4\delta^2+... \ (3)$$
$$(3)\cdot\delta \Rightarrow \delta\cdot PV(high)=6\delta+4\delta^2+4\delta^3+... \ (4)$$
$$(3)\text{-}(4) \Rightarrow (1\text{-}\delta)PV(high)=6+4\delta\text{-}6\delta \Rightarrow$$
$$\Rightarrow (1\text{-}\delta)PV(high)=6(1\text{-}\delta)+4\delta \Rightarrow$$
$$\Rightarrow PV(high)=6+\frac{4\delta}{(1\text{-}\delta)}$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω το συνεργατικό αποτέλεσμα θα διατηρηθεί επ' αόριστο αν:

$$PV(low) \geq PV(high) \Rightarrow$$
$$\frac{5}{1\text{-}\delta} \geq 6+\frac{4\delta}{1\text{-}\delta} \Rightarrow$$
$$\delta \geq \frac{1}{2}$$

Αυτό μας λέει σε μια επ' άπειρο αλληλεπίδραση, δοσμένης της στρατηγικής της σκανδάλης και οι δύο εταιρείες θα διατηρήσουν την χαμηλού κόστους διαφήμιση αν η αξία της προεξόφλησης είναι μεγαλύτερη από ½. Εάν δοθεί ότι η παραπάνω συνθήκη ικανοποιείται, η δέσμευση για παραμονή στην στρατηγική μικρού κόστους διαφήμισης είναι αξιόπιστη. Με την ταυτόχρονη αξιοπιστία τόσο της απειλής για τιμωρία, όσο και της δέσμευσης για τήρηση στρατηγική χαμηλής διαφήμισης οδηγούμαστε στην τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash (SPNE) του παιγνίου. Αν από την άλλη η αξία της προεξόφλησης είναι μικρότερη από ½, τότε κάθε εταιρεία αυτόματα θα κατευθυνθεί στην υψηλού κόστους διαφήμιση. Το συνεργατικό αποτέλεσμα δεν μπορεί πλέον να διατηρηθεί με την υποθετική στρατηγική σκανδάλης διότι η μελλοντική απειλή για τιμωρία δεν επαρκεί για να αποτρέψει την εκτροπή από το εν λόγω αποτέλεσμα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι εταιρείες δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα στα παρόντα κέρδη και καθόλου στα μελλοντικά. Έτσι η παραμονή στη χαμηλού κόστους διαφήμιση χάνει την αξιοπιστία της και οι δύο εταιρείες επιλέγουν το μεγαλύτερο επίπεδο διαφήμισης.

Επαναλαμβανόμενα παίγνια πεπερασμένων γύρων.

Προηγουμένως μιλήσαμε για απείρως επαναλαμβανόμενα παίγνια και αποδείξαμε ότι κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις ο παίκτης μπορεί να διατηρήσει ένα μη-συνεργατικό συνωμοτικό αποτέλεσμα (ή για απλότητα ένα συνεργατικό), το οποίο είναι διαφορετικό από την ισορροπία Nash του παιγνίου αν αυτό παιχτεί σε μια φάση. Τώρα θα εξετάσουμε κάτω από ποιες συνθήκες αυτό το αποτέλεσμα συνεχίζει να ισχύει και στα πεπερασμένων επαναλήψεων παιχνίδια.

Ένα αποτέλεσμα που μπορούμε να αποκομίσουμε από την εφαρμογή της οπισθοβατικής επαγωγής στα πεπερασμένων επαναλήψεων παιχνίδια είναι ότι, εάν ένα παίγνιο μιας φάσης (one-off stage game) έχει μοναδική ισορροπία Nash, τότε η τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash ολόκληρου του παιγνίου είναι αυτή η ισορροπία Nash σε κάθε χρονική περίοδο. Αυτό συμβαίνει όσο μεγάλος και να είναι ο αριθμός των επαναλήψεων.

Για να καταλάβουμε αυτό το αποτέλεσμα ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα. Υποθέτουμε ότι ένα παίγνιο που έχει μοναδική ισορροπία Nash παίζεται με ένα προκαθορισμένο αριθμό επαναλήψεων. Για να βρούμε την τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash αυτού του παιγνίου ξεκινάμε από την τελευταία περίοδο. Αφού η τελευταία περίοδος είναι το ίδιο το παίγνιο της μιας φάσης, το αναμενόμενο αποτέλεσμα αυτής της περιόδου είναι η μοναδική ισορροπία Nash του αρχικού παιγνίου. Ας δούμε τώρα τι γίνεται στην προτελευταία περίοδο. Οι παίκτες χρησιμοποιούν την αρχή της οπισθοβατικής επαγωγής γνωρίζοντας ότι στην τελευταία περίοδο η ισορροπία Nash θα παιχτεί, άσχετα από το από το τι θα γίνει σε αυτήν την περίοδο. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει αξιόπιστη απειλή η οποία να

προτρέπει τον παίκτη να επιλέξει κάποια άλλη εκτός από τη μοναδική ισορροπία Nash σε αυτήν την προτελευταία περίοδο. Όλοι οι παίκτες έχουν αυτήν τη γνώση, οπότε συγκλίνουν στην ισορροπία Nash. Ο συλλογισμός αυτός μπορεί να επεκταθεί και σε όλες προηγούμενες περιόδους μέχρι να φτάσουμε στην πρώτη περίοδο, όπου ξανά η μοναδική ισορροπία Nash επιλέγεται. Οπότε η τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash όλου του παιγνίου είναι απλά η μοναδική ισορροπία Nash του μιας φάσης παιγνίου και παίζεται σε όλες τις περιόδους. Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω συνεπάγεται ότι ένα μη-συνεργατικό συνωμοτικό αποτέλεσμα δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί.

Αυτό το αποτέλεσμα μπορούμε να το παρουσιάσουμε καλύτερα χρησιμοποιώντας το παράδειγμα με το παίγνιο της διαφήμισης όταν αυτό παίζεται για δύο χρόνια. Το δεύτερο χρόνο έχουμε αυτούσιο το παιχνίδι της μιας φάσης και έτσι η αναμενόμενη λύση είναι ότι και οι δύο εταιρείες θα επιλέξουν υψηλού κόστους διαφήμιση και θα λάβουν ετήσιο κέρδος 4 εκατομμύρια €. Με το αποτέλεσμα στη δεύτερη περίοδο πλήρως αποφασισμένο η ισορροπία Nash για την πρώτη περίοδο θα βρίσκεται ξανά στην κοινή επιλογή της υψηλού κόστους διαφήμισης. Παρόμοια ανάλυση θα χρησιμοποιούσαμε για οποιοδήποτε αριθμό επαναλήψεων, παίρνοντας το ίδιο αποτέλεσμα που θα είναι η μοναδική ισορροπία Nash του μιας φάσης παιγνίου και θα επιλέγεται σε κάθε ξεχωριστή περίοδο του παιγνίου.

Η γενική αυτή λύση είναι γνωστή ως το παράδοξο της οπισθοβατικής επαγωγής. Ονομάζεται παράδοξο λόγω της απόλυτης αντίθεσης που έχει με τα απείρως επαναλαμβανόμενα παίγνια. Χωρίς να παίζει ρόλο ο αριθμός των επαναλήψεων του παιγνίου της μιας φάσεως ποτέ δεν θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα με τα απείρως επαναλαμβανόμενα παίγνια. Υπάρχει, δηλαδή μια ασυνέχεια ανάμεσα σε αυτές τις δύο μορφές παιγνίου η οποία δεν καλύπτεται ακόμα και ο αριθμός των επαναλήψεων σε ένα πεπερασμένο παίγνιο είναι πολύ μεγάλος. Χαρακτηρίζεται, επίσης, παράδοξο γιατί με την πάροδο πολλών επαναλήψεων θα φαινόταν λογικό να υποθέσουμε ότι οι παίκτες θα βρουν κάποιο τρόπο να πετύχουν το αποτέλεσμα συνεργασίας, έστω και στην τελευταία περίοδο του παιγνίου.

Στην ουσία ο λόγος που υπάρχει αυτό το παράδοξο είναι ότι τα πεπερασμένης επανάληψης παίγνια είναι ποιοτικά διάφορα από τα άπειρης επανάληψης παίγνια. Σε ένα παίγνιο πεπερασμένης επανάληψης η δομή του παραμένοντος παιγνίου αλλάζει με τον χρόνο, καθώς πλησιάζουμε την τελική περίοδο. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στα άπειρης επανάληψης παίγνια, αντίθετα η δομή τους παραμένει πάντα η ίδια, σε όποιο σημείο του παιγνίου και αν βρισκόμαστε. Άλλωστε σε ένα τέτοιο παίγνιο δεν υπάρχει τελικό σημείο από όπου θα μπορεί ξεκινήσει η λογική της οπισθοβατικής επαγωγής.

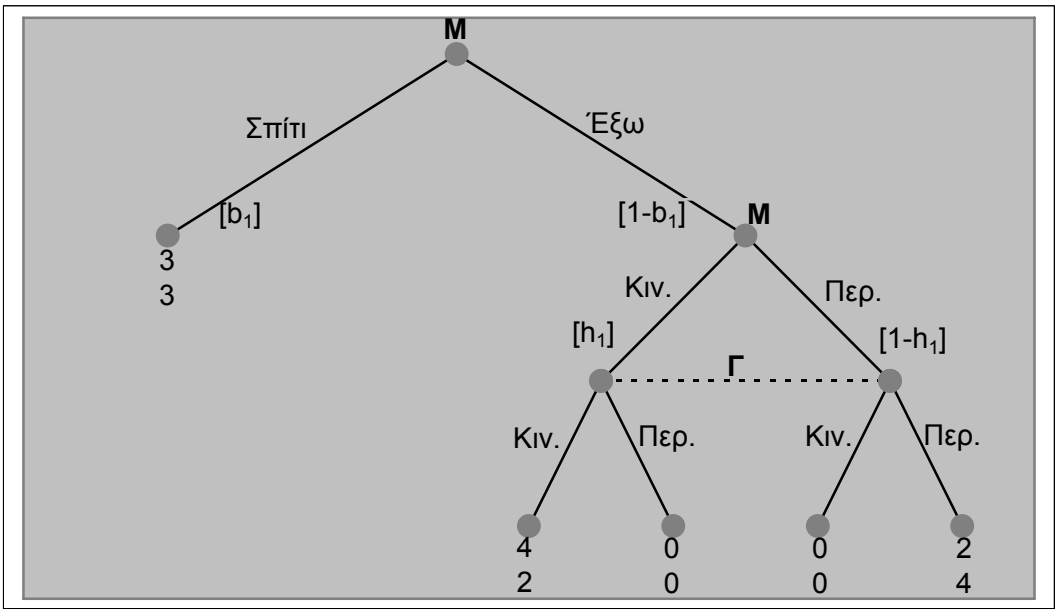
1.9 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΠΑΙΓΝΙΑ ΑΤΕΛΟΥΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

1.9.1 Εισαγωγή

Στα εκτατικά παίγνια ατελούς πληροφόρησης ένα υποπαίγνιο μπορεί να περιλαμβάνει όχι μόνο μονομελή αλλά και πολυμελή σύνολα πληροφόρησης, με τόσους το καθένα κόμβους απόφασης όσους «πιθανολογεί» ο παίκτης που παίζει σε ένα σε ένα τέτοιο σύνολο. Η έννοια της απλής ή γνήσιας στρατηγικής ενός παίκτη γενικεύεται για να περιλάβει μια κίνηση όχι για κάθε κόμβο απόφασής του, όπως γινόταν στα δυναμικά παίγνια τέλειας πληροφόρησης, αλλά για κάθε σύνολο πληροφόρησής του μονομελές ή μη.

Για παράδειγμα, στο παίγνιο του Σχήματος 9 (παραλλαγή του παιγνίου της μάχης των φύλων ατελούς πληροφόρησης), οι απλές στρατηγικές της Μ είναι (Σπίτι), (Έξω,Κιν.) και (Έξω,Περ.), ενώ οι απλές στρατηγικές του Γ είναι οι (Κιν), (Περ.), γιατί ο Γ δεν ξέρει τον κόμβο απόφασής του στον οποίο ίσως κληθεί να παίξει. Αν ήξερε, τότε οι απλές στρατηγικές του Γ θα ήταν (Κιν,Κιν), (Κιν,Περ), (Περ,Κιν) και (Περ,Περ). Για αυτό και η κανονικής μορφής αναπαράσταση του παιγνίου του Σχήματος 9 έχει τη μορφή που φαίνεται στον Πίνακα 14, ενώ η κανονική μορφή του παιγνίου του Σχήματος 10, που είναι το αντίστοιχο τέλειας πληροφόρησης, έχει αυτή του παιγνίου του Πίνακα 15.

Ξαναγυρίζοντας στο παίγνιο του οποίου η εκτατική μορφή φαίνεται στο Σχήμα 9 θα προσέχαμε ότι θα ήταν λάθος να θεωρήσουμε ως απλές στρατηγικές της Μ τις (Σπίτι,Κιν),(Σπίτι,Περ.), (Έξω,Κιν.) και (Έξω,Περ.). Εάν υιοθετούνταν οποιαδήποτε από τις στρατηγικές που περιλαμβάνουν την επιλογή «Σπίτι», τότε το παίγνιο δεν θα έφτανε στον δεξιό κόμβο. Το (μονομελές) σύνολο πληροφόρησης που ορίζει αυτός ο κόμβος, δεν είναι συμβατό με καμία εκ των απλών στρατηγικών (Σπίτι,Κιν) και (Σπίτι,Περ.). Ένα (μονομελές ή μη) σύνολο πληροφόρησης ενός παίκτη i είναι συμβατό (compatible) με μια απλή στρατηγική S_i του i εάν αυτή η στρατηγική (ή και κάποιος συνδυασμός στρατηγικών των απλών στρατηγικών των αντιπάλων του) μπορεί να προκαλέσει την εμφάνιση του εν λόγω συνόλου πληροφόρησης όταν ο i εφαρμόσει τη στρατηγική του S_i. Για παράδειγμα το αριστερό σύνολο πληροφόρησης του παιγνίου του Σχήματος 11 δεν θα ήταν συμβατό με μια στρατηγική σαν τη $[A_3(\Gamma_2,\Gamma_1)]$, διότι ενώ δεν υπάρχει περίπτωση να εμφανιστεί αυτό το σύνολο αν παιχτεί η A_3, η στρατηγική προβλέπει για το εν λόγω σύνολο το παίξιμο της Γ_2, (και για το δεξιά σύνολο το παίξιμο της Γ_1).



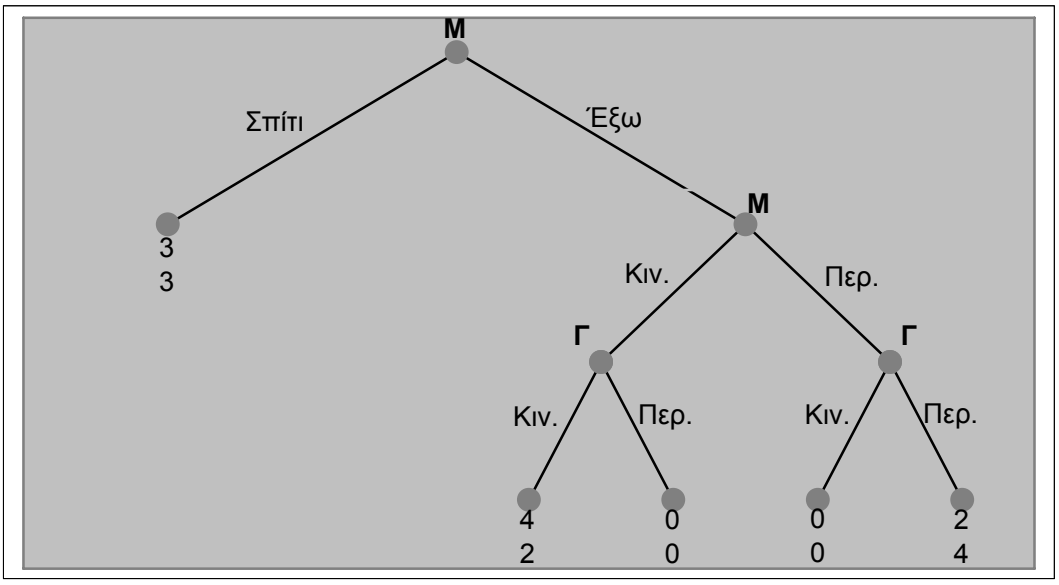
(Σχήμα 9: Παραλλαγή του παιγνίου της μάχης των φύλων ατελούς πληροφόρησης)

		Παίκτης Γ	
		Κιν.	Περ.
	(Σπίτι)	3, 3	3,3
Παίκτης Μ	(Έξω,Κιν.)	4,2	0,0
	(Έξω,Περ.)	0,0	2,4

(Πίνακας 14: Κανονική απεικόνιση του παιγνίου του Σχήματος 9)

Πρέπει στη συνέχεια να ορίσουμε επίσης την έννοια της συμπεριφορικής στρατηγικής (behavioral strategy) σ_i του παίκτη i. Αυτή προβλέπει από μια κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις κινήσεις του κάθε συνόλου πληροφόρησης του i. Στην κάθε (συμπεριφορική) στρατηγική του i αντιστοιχεί συγκεκριμένη τιμή πιθανοτήτων με τις οποίες ο i σκοπεύει να παίξει την κάθε κίνησή του.

Η γενική μορφή μιας τέτοιας στρατηγικής έχει όπως της Μ στο παίγνιο του Σχήματος 9, μια κατανομή (b,1-b) όσον αφορά τις επιλογές (Σπίτι,έξω) και μια κατανομή (h_1,1-h_1) ως προς (Κιν,Περ), ενώ για τον Γ έχουμε μόνο την κατανομή (h_2,1-h_2) όσον αφορά την επιλογή (Κιν,Περ).



(Σχήμα 10: Παραλλαγή του παιγνίου της μάχης των φύλων τέλειας πληροφόρησης)

		Παίκτης Γ			
		(Κιν,Κιν)	(Κιν,Περ)	(Περ,Κιν)	(Περ,Περ)
	(Σπίτι)	3,3	3,3	3,3	3,3
Παίκτης Μ	(Έξω,Κιν)	4,2	4,2	0,0	0,0
	(Έξω,Περ)	0,0	0,0	2,4	2,4

(Πίνακας 15: Κανονική απεικόνιση του παιγνίου του Σχήματος 10)

Παρατηρώντας το παίγνιο του Σχήματος 9 η κατανομή της παίκτριας Μ (b,1-b) θα μπορούσε να εκλογικευτεί ως μεικτή στρατηγική. Όμως τότε η μεικτή στρατηγική που θα έπαιζε ένας παίκτης σε ένα οποιοδήποτε δυναμικό παίγνιο ατελούς πληροφόρησης, θα πρέπει να είναι η μεικτή στρατηγική που θα έπαιζε στην κανονικής μορφής αναπαράσταση του παιγνίου. Πράγματι, μια μεικτή στρατηγική m_i του παίκτη i σε ένα δυναμικό παίγνιο ατελούς πληροφόρησης, είναι μια κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις απλές του στρατηγικές στο παίγνιο, οι οποίες και καθορίζουν τις διαστάσεις του πίνακα αποδόσεων της κανονικής μορφής αναπαράστασης του παιγνίου. Για παράδειγμα, η μεικτή στρατηγική της Μ στο παίγνιο του Σχήματος 9 είναι η $(f_1^1, f_1^2, 1-f_1^1-f_1^2)$ ως προς τις απλές στρατηγικές της (Σπίτι), (Έξω,Κιν.) και (Έξω,Περ.), ενώ η μεικτή στρατηγική $(f_2, 1-f_2)$ του Γ συμπίπτει με την συμπεριφορική στρατηγική $(h_2, 1-h_2)$ ως προς (Κιν,Περ).

Όσον αφορά το παίγνιο του Σχήματος 11 τώρα, έχουμε σαν απλές στρατηγικές του παίκτη 1 τις (A_1), (A_2,Γ_1), (A_2,Γ_2), (A_3,Γ_1) και (A_3,Γ_2), όπου για παράδειγμα η στρατηγική (A_3,Γ_1) προβλέπει την έναρξη του παιγνίου με A_3 και επιλογή μετά της Γ_1 στο διμελές σύνολο πληροφόρησης που ακολουθεί.

Η γενική μορφή μιας συμπεριφορικής στρατηγικής του παίκτη 1 σε αυτό το παίγνιο έχει τη μορφή

$$[(b_1,b_2,1\text{-}b_1\text{-}b_2),(h_1,1\text{-}h_1),(h_1^{'},1\text{-}h_1^{'})] \text{ ως προς}$$

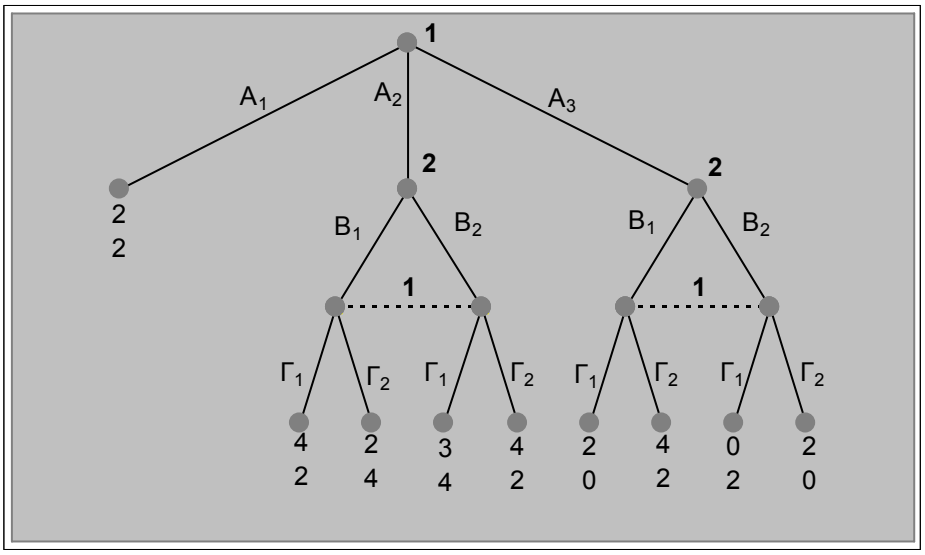
[(A_1,A_2,A_3),(Γ_1,Γ_2: αριστερό σύνολο πληροφόρησης), ,(Γ_1,Γ_2: δεξιό σύνολο πληροφόρησης)].

Η συμπεριφορική στρατηγική του παίκτη 2 θα είναι η

$$[(h_2,1\text{-}h_2),(h_2^{'},1\text{-}h_2^{'})] \text{ ως προς}$$

[(B_1,B_2: αριστερός κόμβος απόφασης) ,(B_1,B_2: δεξιός κόμβος απόφασης)].

Έτσι, η μεικτή στρατηγική του παίκτη 1 στο συγκεκριμένο παίγνιο είναι η $(f_1^1,f_1^2,f_1^3,f_1^4,f_1^5)$ ως προς τις πέντε απλές στρατηγικές που αναφέραμε νωρίτερα, με την ίδια σειρά και με τα f_1 να αθροίζουν στη μονάδα. Ενώ η μεικτή στρατηγική του παίκτη 2 είναι $(f_2^1,f_2^2,f_2^3,f_2^4)$ ως προς τις απλές στρατηγικές (B_1,B_1), (B_1,B_2), (B_2,B_1), (B_2,B_2), με το άθροισμα των f_2 να δίνει πάλι μονάδα.



(Σχήμα 11: Εκτατική μορφή 2ου παραδείγματος δυναμικού παιγνίου ατελούς πληροφόρησης)

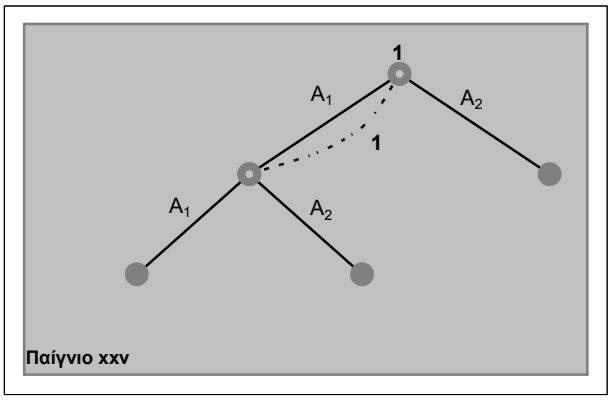
Δύο παρατηρήσεις πρέπει να γίνουν πριν κλείσουμε αυτό το μέρος. Πρώτον ότι εάν χρησιμοποιούσαμε την ερμηνεία μιας κατανομής πιθανοτήτων ως το αποτέλεσμα της χρήσης κάποιου πιθανογεννήτορα μηχανισμού, τότε θα μπορούσαμε να πούμε ότι υπό τη μεικτή στρατηγική, ο μηχανισμός αυτός ενός παίκτη χρησιμοποιείται άπαξ στην αρχή του παιγνίου για να καθορίσει τις πιθανότητες των κινήσεων του παίκτη για όλο το παίγνιο, ενώ υπό την συμπεριφορική στρατηγική, ο μηχανισμός χρησιμοποιείται κάθε φορά που ο παίκτης φτάνει σε σύνολο πληροφόρησης. Και δεύτερον, εάν σε μια συμπεριφορική στρατηγική ενός παίκτη, όλες οι κινήσεις του σε κάθε μονομελές ή μη σύνολο πληροφόρησης του συνδέονται με κάποια θετική πιθανότητα, τότε η στρατηγική αυτή αποκαλείται πλήρως ή αυστηρά μεικτή

συμπεριφορική στρατηγική(completely or strictly mixed behavioral strategy). Αν για παράδειγμα η συμπεριφορά στρατηγικής της M στο παίγνιο του Σχήματος 9 ήταν η [(b=0, 1-b=1), (h_1,1-h_1)] ή απλούστερα [(0, 1), (h_1,1-h_1)], αυτή δεν θα ήταν πλήρως μεικτή.

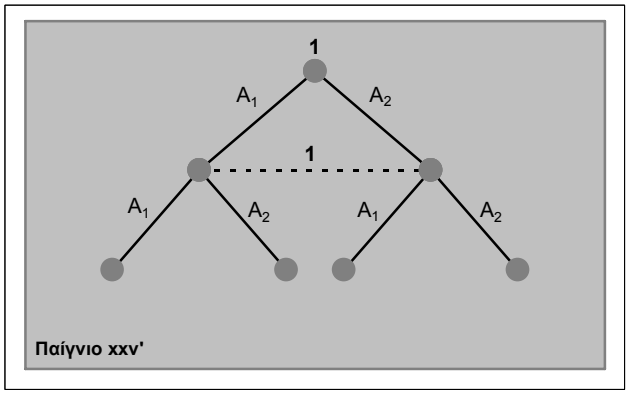
1.9.2 Ισοδυναμία Στρατηγικών και Τέλεια Ανάκληση

Εάν υποτεθεί ότι ένας παίκτης παίζει δια αντιπροσώπων (δηλαδή σε καθέναν από τους κόμβους απόφασης του παίκτη βρίσκεται ένα άλλο πρόσωπο που αντιπροσωπεύει τα συμφέροντά του και παίρνει την απόφαση για αυτόν), η τέλεια πληροφόρηση επιτρέπει τον συντονισμό των κινήσεών τους. Υπό ατελή ωστόσο πληροφόρηση, η συμπεριφορά ενός ή περισσοτέρων αντιπροσώπων μπορεί να είναι «μυωπική» επισημαίνει ο Ritzberger (2002), αποσυντονίζοντας το παίξιμο του όλου παιγνίου με επιλογές τις οποίες ο παίκτης που αντιπροσωπεύουν θα έκανε μόνον αν ήταν «αφηρημένος» ή αν ακόμη χειρότερα παρουσίαζε «ατελή ανάκληση».

Αφηρημάδα (absent-mindedness) υφίσταται όταν ένας παίκτης αδυνατεί να διακρίνει σαφώς μεταξύ παρελθόντος και μέλλοντος. Ατελής ανάκληση (imperfect recall) υφίσταται όταν επιπρόσθετα ο παίκτης δεν θυμάται τι είχε κάνει προηγουμένως ή/και τι ήξερε προηγούμενα στο παίγνιο. Για παράδειγμα, στο παίγνιο του Σχήματος 12 ο παίκτης είναι αφηρημένος, δεν θυμάται αν έχει ξαναπαίξει, ενώ στο παίγνιο που φαίνεται στο Σχήμα 13, ο 1 δεν θυμάται τι έχει παίξει.



(Σχήμα 12: Παράδειγμα «αφηρημένης» συμπεριφοράς)



(Σχήμα 13: Παράδειγμα ατελούς ανάκλησης)

Τώρα, το σκεπτικό για την απουσία αφηρημάδας στηρίζεται στο εξής: εάν ο κάθε αντιπρόσωπος ενός παίκτη i δεν κάνει «ό,τι του αρέσει» σαν να έπαιζε αφηρημένος ο i, τότε το παίξιμο του όλου παιγνίου που προκύπτει από αυτούς πρέπει να είναι τόσο αποδοτικό όσο θα ήταν αν έπαιζε ο ίδιος ο παίκτης i. Το σκεπτικό για την απουσία ατελούς ανάκλησης στηρίζεται στο εξής: εάν ένας παίκτης i παίζει σε κάθε σύνολο πληροφόρησής του τόσο «συνειδητά» όσο θα έπαιζαν αντιπρόσωποί του σε αυτά, τότε το παίξιμο του i πρέπει να είναι τόσο αποδοτικό όσο και το συνολικό παίξιμο που θα προέκυπτε από τους αντιπροσώπους. Και επειδή, η στρατηγική που παίζει ο

ίδιος ο παίκτης είναι μεικτή, ρίχνοντας τα ζάρια στην αρχή του παιγνίου, ενώ η στρατηγική που προκύπτει από τα ζάρια που ρίχνει ο κάθε αντιπρόσωπος στο δικό του σύνολο πληροφόρησης, είναι συμπεριφορική, μπορούμε να προχωρήσουμε στις εξής διαπιστώσεις.

Δεν θα υπήρχε αφηρημάδα εάν ο κάθε αντιπρόσωπος μπορούσε από τον συνδυασμό των συμπεριφορικών στρατηγικών των παικτών (των μεικτών στρατηγικών των αντιπροσώπων) να φτιάξει για όλο το παίγνιο τον συνδυασμό των μεικτών στρατηγικών (των παικτών) που θα έδινε την ίδια κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις πιθανές ιστορίες του παιγνίου, όπως ο συνδυασμός των συμπεριφορικών στρατηγικών. Δηλαδή, δεν θα υπήρχε αφηρημάδα εκ μέρους των αντιπροσώπων εάν ο καθένας από αυτούς μπορούσε να συμπεράνει τι θα έκαναν οι ίδιοι οι παίκτες σε όλο το παίγνιο.

Για παράδειγμα, στο παίγνιο του Σχήματος 10 η κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις ιστορίες (Σπίτι), (Έξω,Κιν,Κιν), (Έξω,Κιν,Περ), (Έξω,Περ,Κιν) και (Έξω,Περ,Περ) είναι αυτή που σχηματίζουν οι πιθανότητες:
b, $[(1-b)h_1h_2]$, $[(1-b)h_1(1-h_2)]$, $[(1-b)(1-h_1)h_2]$ και $[(1-b)(1-h_1)(1-h_2)]$, αντιστοίχως.
Η κατανομή πιθανοτήτων που συνεπάγεται ο συνδυασμός των μεικτών στρατηγικών για αυτές τις ιστορίες είναι η:
$[f_1^1, f_1^2f_2, f_1^2(1-f_2), (1-f_1^1-f_1^2)f_2, (1-f_1^1-f_1^2)(1-f_2)]$.
Το συγκεκριμένο παίγνιο (Σχήμα 10) θα είναι απαλλαγμένο αφηρημάδας εάν:

$$f_1^1=b$$
$$f_1^2f_2=(1-b)h_1h_2$$
$$f_1^2(1-f_2)=(1-b)h_1(1-h_2)$$
$$(1-f_1^1-f_1^2)f_2=(1-b)(1-h_1)h_2$$
$$(1-f_1^1-f_1^2)(1-f_2)=(1-b)(1-h_1)(1-h_2)$$

Γενικά, ένα δυναμικό παίγνιο είναι απαλλαγμένο αφηρημάδας εάν υπάρχει κάποιος συνδυασμός των μεικτών στρατηγικών των παικτών που μπορεί να παράγει την ίδια κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις ιστορίες του παιγνίου, όπως ο συνδυασμός των συμπεριφορικών στρατηγικών.

Το κριτήριο για την τέλεια ανάκληση (perfect recall) είναι ακριβώς το αντίστροφο, γιατί ένας παίκτης θα θυμάται τι έκανε και τι ήξερε, εάν έκανε και ήξερε ότι και ο κάθε αντιπρόσωπος. Ένα δυναμικό παίγνιο ατελούς πληροφόρησης είναι τέλειας ανάκλησης εάν υπάρχει κάποιος συνδυασμός των συμπεριφορικών στρατηγικών των παικτών που μπορεί να παράγει την ίδια κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις ιστορίες του παιγνίου, όπως ο συνδυασμός των μεικτών στρατηγικών. Και

επειδή η τέλεια ανάκληση περιλαμβάνει και την απουσία αφηρημάδας, πρέπει να ισχύει ταυτόχρονα και το κριτήριο για αυτήν την απουσία.

Προσέξατε εν συνεχεία ότι εφόσον η πιθανότητα εμφάνισης, πραγματοποίησης, μιας ιστορίας είναι και η πιθανότητα εμφάνισης του τερματικού κόμβου στον οποίο καταλήγει, η κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις ιστορίες είναι και η κατανομή ως προς τους τερματικούς κόμβους και άρα ως προς τις αποδόσεις. Και εφόσον διαφορετικές μεικτές ή συμπεριφορικές στρατηγικές ή διαφορετικοί συνδυασμοί μεικτών ή συμπεριφορικών στρατηγικών οδηγούν σε διαφορετικές τιμές των πιθανοτήτων που περιλαμβάνει μια τέτοια κατανομή, σε διαφορετική κατανομή, κάθε κατανομή αποτελεί και το αποτέλεσμα (outcome) κάποιας μεικτής ή συμπεριφορικής στρατηγικής ή κάποιου συνδυασμού μεικτών ή συμπεριφορικών στρατηγικών.

Δύο μεικτές στρατηγικές, ή δύο συμπεριφορικές στρατηγικές, ή δύο συνδυασμοί μεικτών στρατηγικών, ή δύο συνδυασμοί συμπεριφορικών στρατηγικών, ή μια μεικτή και μια συμπεριφορική, ή ένας συνδυασμός μεικτών και ένας συνδυασμός συμπεριφορικών στρατηγικών, θα είναι ισοδύναμου αποτελέσματος (outcome equivalent) ή ισοδύναμων αποδόσεων (payoff equivalent) εάν δεν οδηγούν σε διαφορετική αλλά στην ίδια κατανομή ως προς τους τερματικούς κόμβους και τις αποδόσεις.

Ενόψει αυτής της νέας (τεχνικής) ορολογίας, τα κριτήρια για την απουσία αφηρημάδας και ατελούς ανάκλησης μπορούν να αναδιατυπωθούν ως εξής: εάν για κάθε συνδυασμό συμπεριφορικών στρατηγικών σε ένα δυναμικό παίγνιο ατελούς πληροφόρησης, υπάρχει συνδυασμός μεικτών στρατηγικών ισοδύναμου αποτελέσματος, τότε το παίγνιο είναι απαλλαγμένο αφηρημάδας. Και, αν για κάθε συνδυασμό μεικτών στρατηγικών υπάρχει συνδυασμός συμπεριφορικών στρατηγικών ισοδύναμου αποτελέσματος, τότε το παίγνιο είναι τέλειας ανάκλησης. Εξυπακούεται ότι αν οι παίκτες έχουν τόση δυνατή μνήμη ώστε να θυμούνται συνδυασμούς, τότε πρέπει ο καθένας από αυτούς να θυμάται το δικό του μενού μεικτών και συμπεριφορικών στρατηγικών.

Μπορεί να δειχθεί ότι για την απουσία αφηρημάδας αρκεί για κάθε συμπεριφορική στρατηγική i να υπάρχει μια μεικτή στρατηγική του i ισοδύναμου αποτελέσματος, ενώ για την απουσία ατελούς ανάκλησης αρκεί για κάθε μεικτή στρατηγική του i να υπάρχει μια συμπεριφορική στρατηγική του i ισοδύναμου αποτελέσματος. Η ύπαρξη τέτοιας ισοδυναμίας είναι γνωστή ως Θεώρημα του Kuhn και η υπό αυτή την έννοια περί τέλειας ανάκλησης είναι βέβαια λιγότερο αυστηρή.

1.9.3 Ισορροπία Nash (Μεικτών) Συμπεριφορικών Στρατηγικών

Το συμπέρασμα ‘‘ισοδυναμία μεικτών και συμπεριφορικών στρατηγικών συνεπάγεται τέλεια ανάκληση’’ αποτελεί αναγκαία, αλλά, όπως θα δούμε από το τέλος κιόλας αυτού του μέρους, όχι επαρκή συνθήκη για τον συντονισμό του παιξίματος. Σύμφωνα με τον Binmore (1992) ωστόσο μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την εξερεύνηση μιας πρώτης λύσης σε ένα δυναμικό παίγνιο ατελούς πληροφόρησης. Μας επιτρέπει να προχωρήσουμε σε μια απλή επέκταση της έννοιας της ισορροπίας Nash μεικτών στρατηγικών (NEMS) δια της αναζήτησης εκείνης της ισορροπίας μεικτών στρατηγικών της δια αντιπροσώπων κανονικής μορφής ενός δυναμικού παιγνίου ατελούς πληροφόρησης, που επίσης αποτελεί ισορροπία μεικτών στρατηγικών στην κανονική μορφή. Και αφού, η πρώτη μεικτή στρατηγική ισορροπίας συνθέτει εξ ορισμού μια συμπεριφορική στρατηγική, η προκύπτουσα ισορροπία αποκαλείται Ισορροπία Nash (Μεικτών) Συμπεριφορικών Στρατηγικών (NEMBS, Nash Equilibrium in (Mixed) Behavioral Strategies). Για την εξερεύνηση μιας NEMBS, αρκεί η εξερεύνηση μιας NEMS στο κανονικής μορφής παίγνιο, διότι μπορεί να δειχθεί ότι λόγω της ισοδυναμίας, οποιαδήποτε αναπαράσταση μιας τέτοιας NEMS ως συμπεριφορική στρατηγική, θα αποτελεί ισορροπία στη δια αντιπροσώπων κανονική μορφή.

Για παράδειγμα, επιστρέφοντας στο παίγνιο του Σχήματος 9, οι ιστορίες προς θεώρηση για την Μ είναι τώρα οι (Σπίτι), (Έξω,Κιν) και (Έξω,Περ). Η συμπεριφορική στρατηγική της Μ δίνει για αυτές τις ιστορίες τις πιθανότητες b, $(1-b)h_1$ και $(1-b)(1-h_1)$. Για κάθε συμπεριφορική στρατηγική της Μ θα υπάρχει και μια μεικτή στρατηγική της Μ ισοδύναμου αποτελέσματος εάν $b=f_1^1$, $(1-b)h_1=f_1^2$ και $(1-b)(1-h_1)=1-f_1^1-f_1^2$ ως προς το αποτέλεσμα που δίνει η κατανομή πιθανοτήτων $(\varphi_1,\varphi_2,\varphi_3,\varphi_4,1-\varphi_1-\varphi_2-\varphi_3-\varphi_4)$ για τα ζεύγη αποδόσεων (3,3), (4,2), (0,0), (0,0) και (2,4) με την ίδια σειρά.

Αν εξαιρέσουμε την πιθανότητα φ_1 ως προς τα ζεύγη (3,3), η οποία πιθανότητα ελέγχεται πλήρως από την Μ, καθισταμένη μοναδιαία αν αυτή θέσει $b= f_1^1 = 1$, το αποτέλεσμα στο οποίο θα αναφέρεται είναι η κατανομή $(\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3,1-\gamma_1-\gamma_2-\gamma_3)$ ως προς τα υπόλοιπα ζεύγη αποδόσεων, (4,2), (0,0), (0,0) και (2,4). Αυτό είναι και το αποτέλεσμα ως προς το οποίο η συμπεριφορική $(f_2,1- f_2)$ του Γ ισοδυναμεί με την μεικτή του Γ, $(h_2,1-h_2)$. Αν η Μ δεν θέσει $b= f_1^1 = 1$, οι αποδόσεις του Γ θα αφορούν και την Μ, διότι αν η Μ παίξει «Έξω» αφήνοντας το παίγνιο να συνεχιστεί και να τελειώσει από τον Γ, οι αποδόσεις της θα εξαρτώνται πλήρως από τις επιλογές του Γ.

Τέλος, σε κάθε μεικτή στρατηγική της Μ αντιστοιχεί μια ισοδύναμη συμπεριφορική στρατηγική. Έτσι εάν τις πιθανότητες f_1^i τις εκφράσουμε σαν

γινόμενο των πιθανοτήτων, z ως προς την επιλογή Έξω, x ως προς την επιλογή Κιν, και y ως προς την επιλογή Περ, με x+y=1, τότε θα έχουμε:

$$(f_1^1, f_1^2, f_1^3=1-f_1^1-f_1^2)=(f_1^1, zx, zy=1-f_1^1-zx)$$

όμως από τη σχέση $zy=1-f_1^1-zx \Rightarrow z(x+y)=1-f_1^1 \Rightarrow z=1-f_1^1$ και έτσι η μεικτή στρατηγική $(f_1^1, f_1^2, f_1^3=1-f_1^1-f_1^2)$ είναι ισοδύναμη με την συμπεριφορική η οποία έχει πιθανότητες $(f_1^1, 1-f_1^1)$ ως προς το (Σπίτι,Έξω) και (x,1-x) ως προς (Κιν,Περ).

Συνεχίζοντας με το παίγνιο του Σχήματος 9, η εξίσωση της προσδοκώμενης απόδοσής του Γ από την Κιν και την Περ, δίνει σε όρους μεικτών στρατηγικών, ότι:

$$3f_1^1+2f_1^2+0(1-f_1^1-f_1^2)=3f_1^1+0f_1^2+4(1-f_1^1-f_1^2) \Rightarrow 2f_1^1+3f_1^2=2 \qquad (1)$$

Και σε όρους συμπεριφορικών στρατηγικών, ότι:

$$3b+2(1-b)h_1+0(1-b)(1-h_1)=3b+0(1-b)h_1+4(1-b)(1-h_1) \Rightarrow 2b+3h_1=2+3bh_1 \qquad (2)$$

Η (1) όμως σε όρους συμπεριφορικών στρατηγικών γίνεται:

$2b+3(1-b)h_1=2 \Rightarrow 2b+3h_1=2+3bh_1$ (1'), η οποία ταυτίζεται με την (2).

Οπότε $2b+3h_1=2+3bh_1 \Rightarrow 2(b-1)=3h_1(b-1)$, άρα για $b \neq 1$ θα έχω $\Rightarrow h_1=2/3$.

Θέτοντας δηλαδή $b \in [0,1)$ λαμβάνουμε πάντα ότι $h_1=2/3$. Η Μ κατά τον Γ παίζει Κιν με πιθανότητα 2/3 όχι βέβαια για οποιοδήποτε $b \in [0,1)$ αλλά αν συγκεκριμένα δεν παίξει Σπίτι, δηλαδή αν b=0, γιατί αλλιώς δεν θα θεωρούσε ότι $1-h_1=1/3$.

Εφόσον αυτό το ξέρει η Μ για τον Γ, και η Μ πιστεύει ότι ο Γ παίζει Κιν με πιθανότητα h_2, η εξίσωση της προσδοκώμενης απόδοσης της Μ από τις επιλογές Κιν και Περ δίνει ότι:

$$4h_2+0(1-h_2)=0h_2+2(1-h_2) \Rightarrow h_2=1/3$$

Συνεπώς, μια ισορροπία Nash (μεικτών) συμπεριφορικών στρατηγικών (NEMBS) είναι η:

$$\{[b=0, 1-b=1], (h_1=2/3, 1-h_1=1/3)], (h_2=1/3, 1-h_2=2/3)\}$$

ή απλώς, η {[(0,1), (2/3,1/3)], (1/3, 2/3)}, που αποτελεί άμεση προέκταση της NEMS του παιγνίου του Πίνακα 14. Υπάρχει βέβαια και η NEMBS

$$[(0,1), h_1=\text{οποιοδήποτε}, h_2=\text{οποιοδήποτε}]$$

που προκύπτει αν στην (2) ή στην (1') θέσουμε b=1, και που αναδεικνύει τους περιορισμούς της NEMBS ως έννοιες λύσης, περιορισμούς με τους οποίους θα ασχοληθούμε, αφού δούμε για σύγκριση και ένα άλλο παράδειγμα.

Έχουμε το εκτατικό παίγνιο του Σχήματος 14 και στον Πίνακα 16 φαίνεται η κανονική μορφή του. Έστω ότι f_1^1, f_1^2 και $f_1^3=1-f_1^1-f_1^2$ είναι οι πιθανότητες με τις οποίες ο παίκτης 1 παίζει κατά τον παίκτη 2 τις απλές στρατηγικές (A_1), (A_2,Γ_1) και (A_2,Γ_2), αντιστοίχως. Η εξίσωση της προσδοκώμενης απόδοσής του 2 από την B_1 και την B_2 στο παίγνιο της κανονικής μορφής (Πίνακας 16) δίνει ότι:

$$3f_1^1+2f_1^2+4(1-f_1^1-f_1^2)=4f_1^1+6f_1^2+3(1-f_1^1-f_1^2) \Rightarrow 2f_1^1+5f_1^2=1 \quad (3)$$

Αν ο 1 έπαιζε τις A_1 και A_2 με πιθανότητες b_1 και $(1-b_1)$, αντίστοιχα, και τις Γ_1 και Γ_2 με πιθανότητες h και (1-h), πάντα κατά τον 2, τότε η ίδια ισότητα θα έδινε:

$$3b_1+2(1-b_1)h+4(1-b_1)(1-h)=4b_1+6(1-b_1)h+3(1-b_1)(1-h) \Rightarrow 2b_1+5h=1+b_1h \quad (4)$$

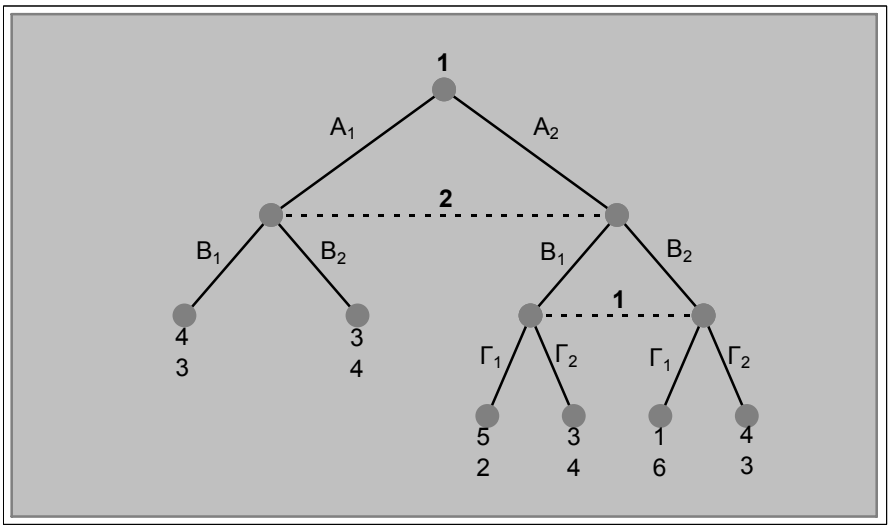
Επίσης η (3) θα γινόταν:

$$2b_1+5(1-b_1)h=1 \Rightarrow 2b_1+5h=1+5b_1h \quad (3')$$

Από τις (3') και (4) προκύπτει ότι h=0 και άρα ότι $b_1=f_1^1=1/2$. Δηλαδή, ο παίκτης 1 κατά τον 2 παίζει πάντα Γ_2 ενώ επιλέγει μεταξύ A_1 και A_2 στρίβοντας απλώς ένα νόμισμα. Εφόσον αυτό το ξέρει ο παίκτης 1 για τον 2 και ο 1 πιστεύει ότι ο 2 παίζει B_1 με πιθανότητα b_2, η εξίσωση της προσδοκώμενης απόδοσης του 1 από τις (A_1) και (A_2,Γ_2), δίνει ότι

$$4b_2+3(1-b_2)=3b_2+4(1-b_2) \Rightarrow b_2 = 1/2$$

Οπότε η NEMBS είναι η {[(1/2,1/2),(0,1)],(1/2,1/2)}.



(Σχήμα 14: Εκτατική μορφή 3ου παραδείγματος δυναμικού παιγνίου ατελούς πληροφόρησης)

		Παίκτης 2	
		B_1	B_2
	A_1	4, 3	3,<u>4</u>
Παίκτης 1	A_2	<u>5</u>,2	1,<u>6</u>
	A_3	3,<u>4</u>	<u>4</u>,3

(Πίνακας 16: Κανονική απεικόνιση του παιγνίου του Σχήματος 14)

Αλλά αυτό το συμπέρασμα δεν είναι ικανοποιητικό, δεν αναγνωρίζει ότι εφόσον η τιμή h=0 αποτελεί κοινή γνώση, και άρα ότι εφόσον ο παίκτης 1 σκοπεύει σίγουρα να παίξει Γ_2 και ως εκ τούτου A_2, τότε θα έπρεπε να ίσχυε ότι $b_1=f_1^1=0$. Επίσης, στο παίγνιο Σ η NEMBS {[(0,1), (2/3,1/3)], (1/3, 2/3)} παραγνωρίζει το γεγονός ότι εφόσον η επιλογή (Σπίτι) κυριαρχεί αυστηρά την (Έξω,Περ) της Μ, (3>0, 3>2), τότε αν η Μ δεν έπαιζε (Σπίτι), θα έπαιζε (Έξω,Κιν) και θα έπρεπε ο Γ να ακολουθήσει και αυτός με Κιν, δηλαδή αν b=0 τότε $h_1=h_2=1$.

Στην άλλη NEMBS του Σ, στην [(0,1), h_1= οποιοδήποτε, h_2=οποιοδήποτε], στην οποία η Μ παίζει (Σπίτι) και δεν προχωρά το παίγνιο στο μοναδικό του υποπαίγνιο, δεν θα έπρεπε οι πιθανότητες h να ήταν άνευ σημασίας, μόνο και μόνο επειδή δεν προβλέπεται (από αυτήν την NEMBS) να παιχθεί· δεν θα έπρεπε να ήταν αδιάφορο για το πώς θα παιζόταν το υποπαίγνιο.

Το γενικό συμπέρασμα από αυτήν την αξιολόγηση των ισορροπιών Nash μεικτών συμπεριφορικών στρατηγικών (NEMBS) είναι ότι η τέλεια ανάκληση δεν εξασφαλίζει αναγκαία συντονισμό του παιξίματος. Είναι απαραίτητη αλλά χρειάζεται επιπλέον η σωστή διαμόρφωση εικασιών για τον κόμβο στον οποίο καλείται να παίξει κάποιος σε πολυμελές σύνολο πληροφόρησης. Το κοινό χαρακτηριστικό όλων των παρατηρήσεών μας για τις παραπάνω NEMBS, αυτό που επισημαίνουν έμμεσα πλην σαφώς, είναι η απουσία τέτοιων ακριβώς εικασιών από την NEMBS. Πρόκειται ασφαλώς περί εικασιών άλλων από εκείνων για τυχόν παίξιμο εκτός της κατάστασης ισορροπίας που δημιουργεί το αποτέλεσμα οπισθοβατικής επαγωγής, αφού το ενδεχόμενο αυτό είναι ήδη ενσωματωμένο στις έννοιες της στρατηγικής.

Πρόκειται για κατανομές πιθανοτήτων ως προς τους κόμβους απόφασης κάθε πολυμελούς συνόλου πληροφόρησης, κατανομές αποδιδόμενες με τον όρο σύστημα εικασιών (system of beliefs), ο οποίος όρος χρησιμεύει και για τη διάκριση των δύο ειδών εικασιών. Το πρόβλημα με την NEMBS ως έννοια λύσης είναι ότι δεν συνοδεύεται από ένα τέτοιο σύστημα. Η αξιοποίηση όμως της οπισθοβατικής επαγωγής και στα εκτατικά παίγνια ατελούς πληροφόρησης θα μπορούσε να αποτελέσει ή να συμβάλλει στη λύση αυτού του προβλήματος. Με αυτό το θέμα θα ασχοληθούμε αμέσως τώρα.

1.9.4 Τέλεια ισορροπία για τα υποπαίγνια Nash (SPNE)

Πώς, όμως, επηρεάζει η ατελής πληροφόρηση την εξεύρεση μιας τέλειας ισορροπίας για τα υποπαίγνια Nash. Θα ανέμενε κάποιος να το έκανε δια της εισαγωγής συστήματος εικασιών, δια του σχηματισμού πιθανοτήτων για τους κόμβους απόφασης του κάθε πολυμελούς συνόλου πληροφόρησης ξεχωριστά, στα οποία μπορεί να παίζει ένας παίκτης. Σύμφωνα με τον Ritzberger (2002) για την προσαρμογή του αλγόριθμου Kuhn (οπισθοβατική επαγωγή) στην ατελή πληροφόρηση, αρκεί ο σχηματισμός πιθανοτήτων για όλους τους κόμβους στους

οποίους μπορεί να παίζει κάποιος σε μια στιγμή, ανεξάρτητα συνόλου πληροφόρησης και υποπαιγνίου. Πιθανοτήτων για καθέναν από αυτούς τους κόμβους χωριστά υπό τη συνθήκη πραγματοποίησης των συμπεριφορικών στρατηγικών που οδηγούν στο σύνολο κόμβων στο οποίο ανήκουν οι εν λόγω κόμβοι.

Η σύγκριση μετά προσδοκώμενων αποδόσεων σε κάθε υποπαίγνιο βάσει αυτών των πιθανοτήτων Bayes, μπορεί να δώσει την ισορροπία Nash κάθε υποπαιγνίου, και «συγκολλώντας» αυτές τις ισορροπίες, λαμβάνουμε την ή τις τέλειες ισορροπίες για τα υποπαίγνια Nash (SPNE). Αυτή ακριβώς η διαδικασία συνθέτει το λήμμα Kuhn. Έτσι, ενώ μια SPNE ενός εκτεταμένου παιγνίου ατελούς πληροφόρησης αποτελεί ισορροπία Nash μεικτών συμπεριφορικών στρατηγικών, η μετατροπή του αλγορίθμου Kuhn σε λήμμα του Kuhn που προϋποθέτει η εξεύρεση μιας τέτοιας SPNE, συνεπάγεται ότι μια NEMBS δεν αποτελεί αναγκαία SPNE.

Ας δούμε μερικά παραδείγματα εξεύρεσης SPNE, με πρώτο το παίγνιο του Σχήματος 9, το οποίο έχει ένα διμελές σύνολο πληροφόρησης για τον παίκτη Γ στο τέλος του μοναδικού υποπαιγνίου του παιγνίου. Η πιθανότητα να έχει βρεθεί σε αυτό το σύνολο είναι η πιθανότητα να έχουν πραγματοποιηθεί προηγούμενα από την Μ οι ιστορίες (Έξω,Κιν) και (Έξω,Περ) βάσει βέβαια της συμπεριφορικής στρατηγικής της: $(1-b)h_1+(1-b)(1-h_1)$. Συνεπώς, η πιθανότητα να παίζει ο Γ στον αριστερό κόμβο πληροφόρησής του υπό την συνθήκη πραγματοποίησης αυτού του συνόλου είναι: $[(1-b)h_1]/[(1-b)h_1+(1-b)(1-h_1)]=h_1$. Η πιθανότητα Bayes για τον δεξιό κόμβο αντίστοιχα είναι $[(1-b)(1-h_1)]/[(1-b)h_1+(1-b)(1-h_1)]=1-h_1$. Η προσδοκώμενη απόδοση του Γ από την επιλογή Κιν, $2h_1+0(1-h_1)$ θα είναι ως εκ τούτου τουλάχιστον ίση με την προσδοκώμενη απόδοση από την Περ, $0h_1+4(1-h_1)$ εάν $h_1\geq 2/3$. Έτσι, εάν $h_1\geq 2/3$, η Μ έχει συμφέρον, σύμφωνα με την οπισθοβατική επαγωγή, να παίξει (Έξω,Κιν) για να λάβει 4>3, ενώ αν <2/3, η Μ πρέπει να παίξει (Σπίτι) για να λάβει 3>2.

Έχουμε δηλαδή τις δύο SPNE [(Έξω,Κιν),(Κιν)] και [(Σπίτι),Περ] ανάλογα της τιμής του h_1. Αυτές είναι και οι δύο ισορροπίες Nash στην κανονικής μορφής αναπαράσταση του παιγνίου που φαίνεται στον Πίνακα 14. Αποτελούν επίσης SPNE του παιγνίου που φαίνεται στο Σχήμα 10, το οποίο είναι το παίγνιο τέλειας πληροφόρησης που αντιστοιχεί στο παίγνιο του Σχήματος 9. Ο συνδυασμός [(Έξω,Κιν),(Κιν)] είναι το αποτέλεσμα της οπισθοβατικής επαγωγής του παιγνίου ενώ υπάρχει και η SPNE [(Σπίτι),Περ] με οπισθοβατικό αποτέλεσμα το Σπίτι.

Όσον αφορά τώρα, το παίγνιο του οποίου η εκτατική μορφή απεικονίζεται στο Σχήμα 11, η κατανομή πιθανοτήτων που πρέπει να σχηματίσει ο παίκτης 1 όταν τελειώσει το παίγνιο προέρχεται από τις πιθανότητες των ιστοριών A_2-B_1, A_2-B_2, A_3-B_1 και A_3-B_2, που είναι οι b_2h_2, $b_2(1-h_2)$, $b_3h'_2$ και $b_3(1-h'_2)$, αντιστοίχως, με $b_3=1-b_1-b_2$. Η πιθανότητα να δοθεί η ευκαιρία στον 1 να παίξει είτε την Γ_1 είτε την Γ_2 είναι το άθροισμά τους:

$$b_2h_2+b_2(1-h_2)+b_3h'_2+b_3(1-h'_2)=b_2+b_3=1-b_1$$

Έτσι, η πιθανότητα να το πράξει στον «αριστερότερο» κόμβο υπό τη συνθήκη ότι του έχει δοθεί η ευκαιρία να το πράξει είναι $(b_2h_2)/(1-b_1)$. Οι υπό συνθήκη πιθανότητες των υπόλοιπων κόμβων από τα αριστερά προς τα δεξιά, είναι οι

$$[b_2(1-h_2)]/(1-b_1),\ (b_3h'_2)/(1-b_1),\ \text{και}\ [b_3(1-h'_2)]/(1-b_1).$$

Ας προχωρήσουμε τώρα στις συγκρίσεις προσδοκώμενων αποδόσεων βάσει αυτών των πιθανοτήτων των οποίων ο παρονομαστής είναι ίδιος και μπορεί να αγνοηθεί:

1) Καταρχήν, η απόδοση του παίκτη 1 είναι σίγουρα 2 αν παίξει A_1 και τελειώσει το παίγνιο εξαρχής.
2) Αν δεν το κάνει και παίξει A_2, η προσδοκώμενη απόδοση μετά από την Γ_1, $4b_2h_2+3b_2(1-h_2)$, θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την Γ_2, $2b_2h_2+4b_2(1-h_2)$, εάν $h_2\geq 1/3$.

i. Έτσι αν $h_2\geq 1/3$, ο παίκτης 2 έχει συμφέρον να παίξει B_2 για να λάβει 4 εκ της ακολουθίας B_2-Γ_1 αντί 2 εκ της ακολουθίας B_1-Γ_1. Ο παίκτη 1 θα λάβει τότε 3.

ii. Αν $h_2<1/3$, ο 2 έχει συμφέρον να παίξει B_1 για να λάβει 4 εκ της ακολουθίας B_1-Γ_2 αντί 2 εκ της ακολουθίας B_2-Γ_2. Αλλά τότε ο παίκτης 1 θα λάβει 2.

3) Αν ο 1 παίξει Α3, η προσδοκώμενη απόδοση μετά από την Γ1, $2b_3h_2^{'}+0b_3(1-h_2^{'})$, θα ήταν τουλάχιστον ίση εκείνης από την Γ2, $4b_3h_2^{'}+2b_3(1-h_2^{'})$, αν $0\geq 1$, που ασφαλώς δεν ισχύει. Πράγματι, στο δεξιό υποπαίγνιο η Γ_2 κυριαρχεί αυστηρά την Γ_1, αφού 4>2 και 2>0.

i. Έτσι, ο 2 έχει συμφέρον να παίξει B_1 για να λάβει 2 εκ της ακολουθίας B_1-Γ_2 αντί 0 εκ της ακολουθίας B_2-Γ_2. Ο παίκτης 1 θα λάβει σε αυτήν την περίπτωση 4.

4) Συγκρίνοντας στο τέλος ο παίκτης 1 τις προσδοκώμενες αποδόσεις του από αυτούς τους υπολογισμούς, συμπεραίνει ότι το καλύτερο που έχει να κάνει (και αυτό είναι να λάβει τη μέγιστη απόδοση 4), είναι να αρχίσει το παίγνιο παίζοντας A_3.

Οπότε, οι SPNE είναι αυτές που δημιουργεί το αποτέλεσμα της οπισθοβατικής επαγωγής, A_3-B_1-Γ_2, στο παίγνιο τέλειας πληροφόρησης, με την ακολουθία B_2-Γ_1, αν $h_2\geq 1/3$, και με την ακολουθία B_1-Γ_2, αν $h_2<1/3$, στο αριστερό υποπαίγνιο, δηλαδή οι $\{[(A_3,\Gamma_2),\Gamma_1],(B_2,B_1)\}$ και $\{[(A_3,\Gamma_2),\Gamma_2],(B_1,B_1)\}$ αντίστοιχα, εκ των οποίων μόνον η πρώτη δικαιολογείται ως SPNE στο παίγνιο τέλειας πληροφόρησης.

Στο παίγνιο του Σχήματος 14, τέλος, η πιθανότητα να φθάσει ο παίκτης 1 στο διμελές σύνολο πληροφόρησης του είναι $(1-b_1)b_2+(1-b_1)(1-b_2)=(1-b_1)$ οπότε η πιθανότητα να παίζει στον αριστερό κόμβο του εν λόγω συνόλου υπό την συνθήκη ότι έχει φτάσει πρώτα σε αυτό, είναι $[(1-b_1)b_2]/(1-b_1)=b_2$ ενώ η υπό συνθήκη πιθανότητα για τον δεξιό κόμβο είναι παρομοίως $(1-b_2)$. Επομένως, η προσδοκώμενη απόδοση του παίκτη 1 από την Γ_1 στο σύνολο πληροφόρησής του, $5b_2+1(1-b_2)$, θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την Γ_2, $3b_2+4(1-b_2)$, εάν $b_2\geq 3/5$. Άρα όταν $b_2\geq 3/5$ ο παίκτης 1 έχει συμφέρον να παίξει Γ_1, σε περίπτωση που θα τον συνέφερε προηγουμένως να παίξει A_2.

Για να αξιοποιήσει ο παίκτης 2 αυτό το συμπέρασμα, θα λάβει ασφαλώς υπόψη του ότι βρίσκεται και αυτός σε διμελές σύνολο πληροφόρησης, με πιθανότητα $b_1/[b_1+(1-b_1)]$ να παίζει στον αριστερό του κόμβο απόφασης. Η απόδοσή του από την B_2 σε αυτόν τον κόμβο θα είναι 4 ενώ στον δεξιό κόμβο θα είναι 6 αν βέβαια $b_2\geq 3/5$ και ο παίκτης 1 παίξει μετά Γ_1. Δηλαδή, η προσδοκώμενη απόδοση του 2 από

την B_2 όταν $b_2 \geq 3/5$, θα είναι $4b_1 + 6(1-b_1)$ και θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την B_1, $3b_1 + 2(1-b_1)$, όταν πάλι $b_2 \geq 3/5$, εάν $b_1 \leq 4/3$, που ισχύει πάντα. Έτσι, εάν $b_2 \geq 3/5$, ο παίκτης 1 θα τελείωνε το παίγνιο με Γ_1, αλλά τότε συμφέρει, σύμφωνα με την οπισθοβατική επαγωγή, τον 2 να παίξει B_2 και έτσι ο 1 πρέπει να αρχίσει παίζοντας A_1 για να λάβει 3 εκ της ακολουθίας A_1-B_2 αντί 1 εκ της ακολουθίας A_2-B_2-Γ_1.

Μια SPNE θα είναι λοιπόν η $\{[(A_1),\Gamma_1],B_2\}$, ισχύουσα όταν $b_2 \geq 3/5$ για οποιοδήποτε b_1. Τώρα, εάν $b_2 < 3/5$, το καλύτερο που θα είχε να κάνει ο 1, θα ήταν να παίξει Γ_2 σε περίπτωση βέβαια που θα ήθελε να τελειώσει αυτός το παίγνιο. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη ο παίκτης 2, η B_2 θα του αποδώσει 4 στον αριστερό κόμβο απόφασης του συνόλου πληροφόρησής του, και 3 στον δεξιό, με αποτέλεσμα η προσδοκώμενη απόδοσή του από την B_2 να είναι $4b_1 + 3(1-b_1)$. Θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την B_1, $3b_1 + 4(1-b_1)$, εάν $b_1 \geq 1/2$. Έτσι, αν $b_2 < 3/5$ και $b_1 \geq 1/2$, ο παίκτης 1 θα αρχίσει παίζοντας A_2, γιατί θα παιχθεί μετά η B_2, και τελειώνοντας μετά το παίγνιο ο 1 με Γ_2, θα λάβει 4 ενώ θα λάμβανε 3 αν άρχιζε με A_1 και συνέχιζε ο 2 με B_2. Οπότε, μια δεύτερη SPNE είναι η $[(A_2,\Gamma_2),B_2]$ όταν $b_2 < 3/5$ και $b_1 \geq 1/2$. Αν $b_2 < 3/5$ αλλά $b_1 < 1/2$, ο παίκτης 2 θα απαντούσε στην Γ_2 με B_1, και τότε καλύτερα για τον 1 να άρχιζε με A_1 για να λάβει 4 εκ της ακολουθίας A1-B1 αντί το 3 εκ της ακολουθίας A_2-B_1-Γ_2. Δηλαδή, η τρίτη και τελευταία SPNE είναι η $\{[(A_1), \Gamma_2], B_1\}$ σε περίπτωση που $b_2 < 3/5$ και $b_1 < 1/2$.

Ας δούμε στη συνέχεια, υπό ποια έννοια μια SPNE μπορεί να αποτελεί NEMBS. Την ή τις κρίσιμες τιμές των πιθανοτήτων Bayes υπό τις οποίες ισχύει η κάθε SPNE, τις έχουμε πάντα υπό τη μορφή ανισοτήτων, γιατί μόνο τότε υπάρχει η ξεκάθαρη προτίμηση μιας στρατηγικής (έναντι άλλης ή άλλων), που προϋποθέτει η έννοια της SPNE. Λάβαμε έτσι SPNE, που αντιστοιχούν σε εκφυλισμένες συμπεριφορικές στρατηγικές ισορροπίας.

Στο παίγνιο του Σχήματος 9, η [(Έξω,Κιν),Κιν] αντιστοιχεί στην

$$\{[(b=0,1\text{-}b=1),(h_1 = 1, 1-h_1 = 0)],(h_2 = 1, 1-h_2 = 0)\},$$

ενώ η [(Σπίτι),Περ] αντιστοιχεί στην

$$\{[(1,0)(0,1)],(0,1)\}.$$

Στο παίγνιο του Σχήματος 11, η $\{[(A_3,\Gamma_2),\Gamma_1],(B_2,B_1)\}$ αντιστοιχεί στην:

$$\{[(b_1=0,b_2=0,b_3=1),(h_1 = 1, 1-h_1 = 0),(h_1' = 0, 1-h_1' = 0)],[(h_2 = 0, 1-h_2 = 1),(h_2' = 1, 1-h_2' = 0)]\},$$

ενώ η $\{[(A_3,\Gamma_2),\Gamma_2],(B_1,B_1)\}$ αντιστοιχεί στην

$$\{[(0,0,1)(0,1),(0,1)],[(1,0),(1,0)]\}.$$

Στο παίγνιο του Σχήματος 14, η $\{[(A_1),\Gamma_1],B_2\}$ αντιστοιχεί στην

$$\{[(b_1=1,1\text{-}b_1=0),(h = 1, 1-h = 0)],(b_2=0,1\text{-}b_2=1)\},$$

για την $[(A_2,\Gamma_2),B_2]$ έχουμε

$$\{[(0,1),(0,1)],(0,1)\}$$

ενώ αντίστοιχα για την $[(A_1,\Gamma_2),B_1]$ έχουμε

$$\{[(1,0),(0,1)],(1,0)\}.$$

Αν όμως, λάβουμε τις κρίσιμες τιμές των πιθανοτήτων Bayes μόνον υπό μορφή ισοτήτων, τότε γεννάται η προτιμησιακή αδιαφορία που ενυπάρχει στην έννοια της

NEMBS. Στο παίγνιο του Σχήματος 9, οι κινήσεις της [(Έξω,Κιν),Κιν] προτιμώνται και από τους δύο όταν $h_1>2/3$, ενώ οι κινήσεις της [(Σπίτι),Περ] προτιμώνται και από τους δύο όταν $h_1<2/3$. Κανένας δεν έχει κίνητρο μονομερούς απομάκρυνσης από την στρατηγική ισορροπίας. Όμως, εάν $h_1=2/3$ και $1-h_1=1/3$, οι παίκτες θα είναι αδιάφοροι απέναντι σε αυτές τις δύο SPNE, και πράγματι, αν στους υπολογισμούς μας υιοθετήσουμε αυτή μόνο την τιμή της h_1, θα προκύψει ως SPNE η NEMBS {[(0,1),(2/3,1/3)],(1/3,2/3)}. Οπότε, οι ‘‘άλλες δύο’’ SPNE αποτελούν εκείνες τις ειδικές περιπτώσεις αυτής της τελευταίας, της ‘‘γενικότερης’’ SPNE / NEMBS, που προκύπτουν δια αντικατάστασης των ισοτήτων δια ανισοτήτων όσον αφορά βέβαια τις πιθανότητες Bayes.

Η NEMBS που εκφυλίζεται για να μας δώσει τις συμπεριφορικές στρατηγικές ισορροπίας τις αντιστοιχούσες στις ‘‘άλλες δύο’’ SPNE, είναι αυτή η ‘‘γενικότερη’’ NEMBS. Στο παίγνιο του Σχήματος 11, η NEMBS που αντανακλά την αδιαφορία μεταξύ των δύο ‘‘επιμέρους’’ SPNE του παιγνίου και που πρέπει να εκφυλιστεί για να μας τις δώσει, είναι η{[(b_1=οποιοδήποτε),(1/2,1/2),(1/2,1/2)],[(1/3,2/3),(2/3,1/3)]}. Η ανάλογη, ‘‘γενικότερη’’, NEMBS στο παίγνιο του Σχήματος 14, είναι η {[(1/2,1/2)(0,1)],(1/2,1/2)}ως προς [(A2,Γ2),B2] και {[(A_1),$Γ_2$],B_1}.

Μια SPNE αποτελεί NEMBS υπό αυτήν ακριβώς την έννοια. Παρομοίως, και μια NEMBS δεν αποτελεί αναγκαία SPNE, αφού όπως είδαμε στο παίγνιο του Σχήματος 9, υπάρχει και η NEMBS [(1,0), (h_1=οποιοδήποτε,h_2= οποιοδήποτε)] από την οποία ωστόσο δεν μπορούν να προκύψουν ‘‘επιμέρους’’ SPNE. Παράλληλα, στο παίγνιο του Σχήματος 11, υπάρχουν άλλες τρεις NEMBS από τις οποίες δεν μπορεί πάλι να προκύψουν τέτοιες SPNE. Όμως, στο παίγνιο του Σχήματος 14, υπάρχει η SPNE {[(A_1),$Γ_1$],B_2}που δεν αποτελεί καν NEMBS, αφού αν ο παίκτης 1 έπαιζε $Γ_2$ αντί $Γ_1$ στο διμελές σύνολο πληροφόρησής του, θα ελάμβανε το λιγότερο 3 αντί της απόδοσης 1 υπό την ακολουθία B_2-$Γ_1$, (όπως άλλωστε επισημαίνεται στις δύο άλλες SPNE), και έτσι ο 1 ποτέ δεν θα εκδήλωνε για αυτήν την SPNE, θα την απέρριπτε.

Αυτή η παρατήρηση μας φέρνει στο θέμα της αξιολόγησης της SPNE στα δυναμικά παίγνια ατελούς πληροφόρησης, η οποία ενώ αποτελεί βελτίωση έναντι της NEMBS, παρακάμπτει το ζήτημα του συστήματος εικασιών, αφήνοντας εκ τούτου ανοιχτό το ζήτημα του συντονισμού του παιξίματος.

1.9.5 Τέλεια ισορροπία Bayes

Κάθε SPNE έχει το B-IO (backward induction outcome) της, που όπως έχουμε επισημάνει δημιουργεί μια κατάσταση ισορροπίας. Έτσι ένα πολυμελές σύνολο πληροφόρησης ενός δυναμικού παιγνίου ατελούς πληροφόρησης μπορεί να βρίσκεται επί ή εκτός της κατάστασης ισορροπίας ανάλογα με το εάν η υπό το B-IO ακολουθία κινήσεων διέρχεται από αυτό ή όχι. Για παράδειγμα, στο παίγνιο του Σχήματος 9 η SPNE [(Έξω, Κιν), Κιν] αποτελεί αυτή καθαυτή B-IO, εκείνο του παιγνίου, με ακολουθία κινήσεων διερχόμενη εκ του διμελούς συνόλου πληροφόρησης του παίκτη Γ. Όμως, στην SPNE [(Σπίτι), Περ], το B-IO, είναι το Σπίτι και το παίξιμο ισορροπίας τελειώνει με αυτή και μόνο την κίνηση, μη διερχόμενο εκ του διμελούς συνόλου πληροφόρησης του παίκτη Γ. Έτσι αυτό το σύνολο βρίσκεται επί της

κατάστασης/παιξίματος ισορροπίας όσον αφορά την πρώτη SPNE αλλά εκτός της κατάστασης/παιξίματος ισορροπίας όσον αφορά τη δεύτερη.

Τώρα, η έννοια της SPNE, το λήμμα του Kuhn, εξασφαλίζει το παίξιμο των αποδοτικότερων κινήσεων στα πολυμελή σύνολα πληροφόρησης επί της κατάστασης ισορροπίας αλλά όχι αναγκαία στα σύνολα εκτός της κατάστασης ισορροπίας. Και αυτό, γιατί το λήμμα του Kuhn δεν προϋποθέτει την ύπαρξη κάποιου συστήματος εικασιών εκ μέρους των παικτών που παίζουν σε τέτοια σύνολα.

Οι εικασίες είναι και αυτές σύμφωνα με τον McLennan (1985) πιθανότητες Bayes, όπως υπό το λήμμα του Kuhn, αλλά λαμβάνουν τιμές ως εικασίες και όχι εκείνες τις τιμές που συνεπάγεται η σύγκριση προσδοκώμενων αποδόσεων. Πρόκειται για πιθανότητες Bayes που καθοδηγούν τη σύγκριση, δεν καθοδηγούνται από αυτή. Και για να είμαστε σίγουροι ότι η σύγκριση γίνεται σε όλα τα πολυμελή σύνολα πληροφόρησης, τόσο επί όσο και εκτός της κατάστασης της όποιας ισορροπίας, οι εικασίες πρέπει να σχηματίζουν ξεχωριστή κατανομή πιθανοτήτων για καθένα από αυτά (άσχετα αν είναι σωστές).

Οι ξεχωριστές κατανομές αναγνωρίζουν την αυτοτέλεια του κάθε πολυμελούς συνόλου πληροφόρησης, την ανάγκη επιλογής μιας κίνησης σε καθένα από αυτά χωριστά παρά το γεγονός ότι μπορεί την ίδια στιγμή να υπάρχει η ίδια ανάγκη επιλογής σε κάποιο άλλο πολυμελές σύνολο πληροφόρησης. Μπορούμε έτσι να απομονώσουμε την αποδοτικότερη κίνηση και σε ένα τέτοιο σύνολο εκτός κατάστασης ισορροπίας εάν ο παίκτης που τον αφορά έπαιζε εκεί και εάν τον ενδιαφέρει τι θα έκανε εκεί. Το λήμμα του Kuhn δεν κάνει αυτήν τη διάκριση των πολυμελών συνόλων πληροφόρησης, γιατί δεν τη χρειάζεται, ψάχνοντας έτσι για την ή τις ισορροπίες χωρίς την δέουσα προσοχή στην εκτός ισορροπίας κατάσταση, και αναδεικνύοντας SPNE που μπορεί να περιλαμβάνει για αυτή την κατάσταση κυριαρχούμενες κινήσεις.

Ας συνοψίσουμε τώρα τα περί εικασιών, και ας εισάγουμε την πρόσθετη ορολογία με τη βοήθεια των Fundenberg και Tirole (1991) που χρειάζεται για να δούμε σε ποιες νέες έννοιες ισορροπίας μας οδηγούν. Εξυπακούεται ότι αναφερόμαστε στο γνωστό μας «σύστημα εικασιών», σύστημα εξατομικευμένων για κάθε πολυμελές σύνολο πληροφόρησης κατανομών πιθανοτήτων. Ένα τέτοιο σύστημα θα είναι συνεπές με έναν συνδυασμό συμπεριφορικών στρατηγικών των παικτών, αν οι πιθανότητες, που συνθέτουν μια κατανομή, προκύπτουν από το θεώρημα Bayes βάση των ιστοριών που οδηγούν στο σύνολο πληροφόρησης στο οποίο αναφέρονται οι πιθανότητες, όπως οι ιστορίες αυτές προκύπτουν με τη σειρά τους από αυτό τον συνδυασμό συμπεριφορικών στρατηγικών. Δηλαδή, οι πιθανότητες προκύπτουν υπολογιστικά όπως και υπό το λήμμα του Kuhn με τη

διαφορά ότι τώρα πρέπει να αθροίζονται στη μονάδα σε κάθε πολυμελές σύνολο πληροφόρησης.

Η συνέπεια εδώ μπορεί ασφαλώς να αφορά μόνο τα πολυμελή σύνολα πληροφόρησης επί της κατάστασης ισορροπίας. Ένας συνδυασμός των συμπεριφορικών στρατηγικών των παικτών που μεγιστοποιεί την προσδωκόμενη απόδοσή τους βάσει συνεπών (με αυτόν το συνδυασμό) εικασιών επί της κατάστασης ισορροπίας, αποτελεί Χαλαρή ή Ασθενή Ακολουθητική Ισορροπία (WSEQ, weak sequential equilibrium). Εάν η συνέπεια αφορά και τα πολυμελή σύνολα πληροφόρησης εκτός της κατάστασης ισορροπίας, τότε ένας συνδυασμός συμπεριφορικών στρατηγικών, που μεγιστοποιεί την προσδωκόμενη απόδοση των παικτών βάσει συνεπών με αυτόν τον συνδυασμό εικασιών τόσο επί όσο και εκτός κατάστασης ισορροπίας, αποτελεί Τέλεια ισορροπία Bayes (PBE, perfect Bayesian equilibrium). Όταν ο συνδυασμός συμπεριφορικών στρατηγικών στον οποίο αναφέρεται η συνέπεια είναι εκείνος της ισορροπίας, οι εικασίες είναι εύλογες (reasonable). Έτσι, συνήθως λέμε ότι ένας συνδυασμός συμπεριφορικών στρατηγικών αποτελεί WSEQ όταν οι εικασίες είναι εύλογες επί της κατάστασης ισορροπίας, ενώ αποτελεί PBE όταν οι εικασίες είναι εύλογες τόσο επί όσο και εκτός κατάστασης ισορροπίας.

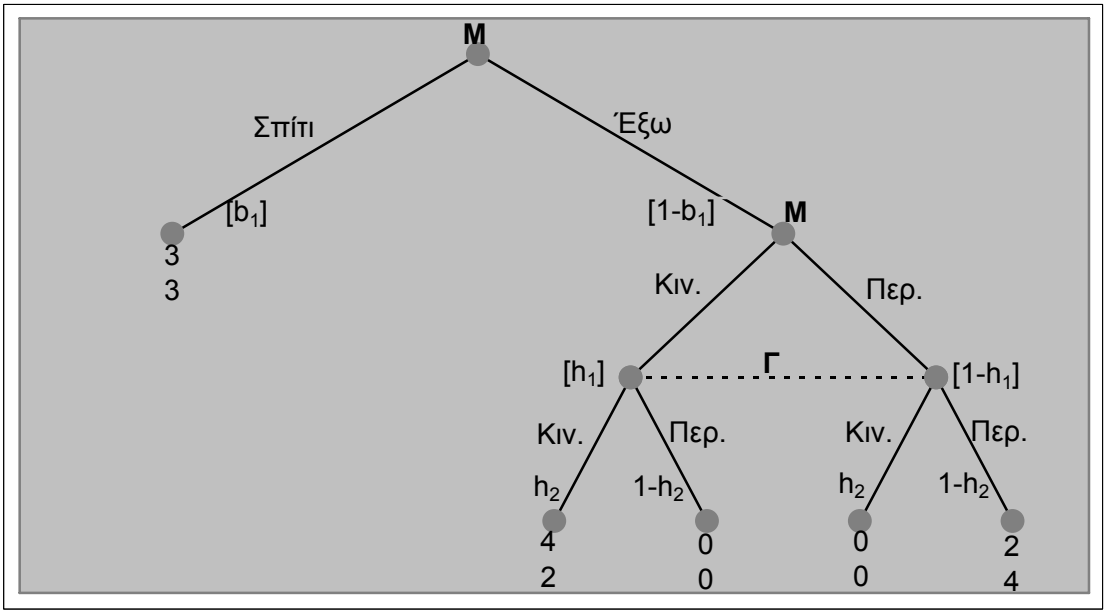
Η διαφορά μεταξύ WSEQ και PBE είναι ότι η πρώτη προϋποθέτει από μια κατανομή πιθανοτήτων για κάθε πολυμελές σύνολο πληροφόρησης μόνον επί της κατάστασης ισορροπίας, ενώ η δεύτερη προϋποθέτει τέτοιες κατανομές και για την εκτός ισορροπίας κατάσταση. Έτσι, από αυτήν την άποψη, μια PBE αποτελεί WSEQ αλλά μια WSEQ δεν αποτελεί αναγκαία PBE. Υπό την WSEQ, οι παίκτες δεν ενδιαφέρονται καθόλου για την εκτός ισορροπίας κατάσταση, δεν τίθεται καν θέμα συντονισμού του παιξίματος τόσο του κάθε παίκτη όσο και μεταξύ παικτών σε μια τέτοια κατάσταση. Υπό την PBE, οι παίκτες ενδιαφέρονται, αλλά μόνο για τον προσωπικό τους συντονισμό, όχι για τον συντονισμό με τους άλλους παίκτες.

Εφόσον το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στις στρατηγικές ισορροπίας, που δεν είναι ανάγκη να είναι οι πλήρως μεικτές συμπεριφορικές στρατηγικές που θα ελάμβαναν πλήρως υπόψη την κατάσταση εκτός της ισορροπίας, το εύλογο για αυτήν την κατάσταση μπορεί να είναι υποκειμενικό για κάθε παίκτη. Ασφαλώς, κάθε σύστημα πιθανοτήτων Bayes μπορεί να θεωρηθεί ως το όριο κατανομών στις οποίες όλες οι κινήσεις σε όλα τα σύνολα πληροφόρησης, συνδέονται με κάποια θετική πιθανότητα. Αλλά η έννοια της PBE αφήνει ανοικτό το θέμα του πως το κάνει αυτό ο κάθε παίκτης, με κίνδυνο τον αποσυντονισμό του παιξίματος στη εκτός ισορροπίας κατάσταση.

Τώρα, εφόσον η σύγκριση αποδόσεων βάσει των κατανομών πιθανοτήτων επί της κατάστασης ισορροπίας δίνει τα ίδια συμπεράσματα, όπως το λήμμα του Kuhn, το

πρόσθετο στοιχείο που εισάγει μια WSEQ σε σχέση με μια SPNE είναι οι κατανομές πιθανοτήτων στα πολυμελή σύνολα πληροφόρησης επί της κατάστασης ισορροπίας ενώ η PBE προσθέτει τέτοιες κατανομές και στη εκτός ισορροπίας κατάσταση.

Για παράδειγμα, η δομή του παιγνίου του Σχήματος 9 είναι να δίνει πιθανότητες στο κάθε πολυμελές σύνολο πληροφόρησής, που προστιθέμενες να δίνουν τη μονάδα. Έτσι, η SPNE [(Έξω, Κιν), Κιν] μετατρέπεται σε WSEQ αν εισάγουμε την εικασία ότι $\overline{h}_1 = 1$ (αντί γενικά $h_1 > 2/3$), που αποτελεί επίσης PBE, διότι δεν υπάρχουν πολυμελή σύνολα πληροφόρησης εκτός της κατάστασης ισορροπίας. (Να σημειωθεί ότι η παύλα που βρίσκεται πάνω από το h_1 χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει εικασίες). Η SPNE [(Σπίτι), Περ] αποτελεί WSEQ αυτή καθαυτή, διότι η έννοια της WSEQ δεν προϋποθέτει κάποια κατανομή πιθανοτήτων για το εκτός της κατάστασης ισορροπίας διμελές σύνολο πληροφόρησης του παίκτη Γ. Αν όμως προσθέσουμε την εικασία ότι $\overline{h}_1 = 0$ (αντί γενικά $h_1 < 2/3$), τότε η SPNE μετατρέπεται σε PBE.



(Σχήμα 9: Παραλλαγή του παιγνίου της μάχης των φύλων ατελούς πληροφόρησης)

Όμως, όπως έχουμε ήδη επισημάνει, οι υπό την PBE εικασίες στα εκτός της κατάστασης ισορροπίας πολυμελή σύνολα πληροφόρησης, μπορεί να μην είναι σωστές. Για παράδειγμα στην ισορροπία [(Σπίτι), Περ] του παιγνίου μας, αν παιζόταν το υποπαίγνιο, ο παίκτης Μ δεν θα επέλεγε την στρατηγική Περ, οπότε $\overline{h}_1 = 1$ και όχι $\overline{h}_1 = 0$ όπως υποθέτει η PBE. Η έννοια γενικά της PBE μπορεί να μην «τιμολογεί» σωστά τις εικασίες εκτός κατάστασης ισορροπίας. Εφόσον όμως οι εικασίες επί της κατάστασης ισορροπίας είναι σωστές γιατί διαμορφώνονται βάσει των αποδοτικότερων ιστοριών (των ιστοριών που αποτελούν μέρος των συμπεριφορικών στρατηγικών ισορροπίας όλων των παικτών), κάτι παρόμοιο πρέπει να εξασφαλιστεί

και για τις εικασίες και για τις εικασίες εκτός της κατάστασης ισορροπίας. Θα πρέπει, δηλαδή, και αυτές να διαμορφώνονται βάσει των αποδοτικότερων στρατηγικών στην εκτός της ισορροπίας κατάσταση. Αυτό μας φέρνει στην έννοια «της ακολουθητικής ισορροπίας».

1.9.6 Ακολουθητική Ισορροπία

Ο συνδυασμός της συμπεριφορικής στρατηγικής και των εικασιών ενός παίκτη που βρίσκεται σε πολυμελές σύνολο πληροφόρησης αποτελεί μια εκτίμηση (assessment) του παίκτη, της οποίας το αποτέλεσμα είναι μια κατανομή πιθανοτήτων ως προς τις αποδόσεις στις οποίες μπορεί να οδηγεί η εκτίμηση.

Ας πάρουμε για παράδειγμα την απλή περίπτωση του παίκτη Γ, στο παίγνιο του Σχήματος 9 και πάλι, με τη μεικτή συμπεριφορική στρατηγική $(h_2, 1\text{-}h_2)$ και τις δύο εικασίες ότι $\overline{h}_1 = 1$ ή $\overline{h}_1 = 0$. Οι δύο εκτιμήσεις που αντιστοιχούν σε αυτές τις εικασίες είναι $[(h_2, 1\text{-}h_2), \overline{h}_1 = 1]$ και $[(h_2, 1\text{-}h_2), \overline{h}_1 = 0]$, με αποτέλεσμα μια κατανομή πιθανοτήτων (ζ, 1-ζ) ως προς τις αποδόσεις (4,2) και (0,0) για την πρώτη εκτίμηση, και μια κατανομή (ξ, 1-ξ) ως προς (0,0) και (2,4) για την δεύτερη. Για τον παίκτη Μ , συμπεριφορική στρατηγική $[b,(1\text{-}b)h_1,(1\text{-}b)(1\text{-}h_1)]$ αποτελεί και τη μόνη εκτίμησή της, με αποτέλεσμα το οποίο μας είναι ήδη γνωστό.

Τώρα, βάση των Kreps και Wilson (1982) μια εκτίμηση θα είναι ακολουθητικά ορθολογική (sequentially rational) εάν το αποτέλεσμά της είναι το αποδοτικότερο δεδομένων των υπό αυτής περιλαμβανομένων εικασιών. Ή αλλιώς, δεδομένων των εικασιών για τον κόμβο απόφασης στον οποίο βρίσκεται ένας παίκτης που παίζει σε πολυμελές σύνολο πληροφόρησης, ο παίκτης αυτός κάνει την αποδοτικότερη κίνηση ή σύνολο κινήσεων, υιοθετεί την πιο προσοδοφόρα συμπεριφορική στρατηγική. Όσον αφορά τον παίκτη Γ, όταν εικάζει ότι h_1=1, η αποδοτικότερη στρατηγική του είναι να θέσει h_2=1, και το αποδοτικότερο αποτέλεσμα είναι ο συνδυασμός αποδόσεων (4,2). Δηλαδή, ακολουθητικά ορθολογική είναι μόνο η εκτίμηση $[(h_2=1, 1\text{-}h_2=0), \overline{h}_1 = 1]$ με αποτέλεσμα την κατανομή (ζ=0, 1-ζ=0) και το υπό αυτήν ζεύγος αποδόσεων (4,2). Οποιαδήποτε άλλα h_2 και ζ δεν είναι ακολουθητικά ορθολογικά. Στην περίπτωση της εικασίας ότι h_1=0, ακολουθητικά ορθολογική θα είναι μόνο η εκτίμηση $[(h_2=0, 1\text{-}h_2=1), \overline{h}_1 = 0]$ με αποτέλεσμα την κατανομή (ξ=0, 1-ξ=1) και την υπό αυτή αποδόσεις (2,4).

Όσον αφορά τον παίκτη Μ τώρα το αποτέλεσμα της εκτίμησής του και ταυτόχρονα συμπεριφορικής στρατηγικής του είναι η κατανομή (φ_1, φ_2, φ_3, φ_4, φ_5) ή (φ_1, φ_2, φ_3, φ_4,1-φ_1-φ_2-φ_3- φ_4) για τα ζεύγη αποδόσεων (3,3), (4,2), (0,0), (0,0) και (2,4) αντίστοιχα. Οι αποδόσεις (0,0) και (0,0) φεύγουν από τη μέση γιατί δεν είναι σύμφωνες με ακολουθητικά ορθολογικές εκτιμήσεις του Γ, και το αποτέλεσμα που

απομένει για την M είναι η κατανομή (φ_1, φ_2, 1-φ_1-φ_2) ως προς (3,3), (4,2) και (2,4), με αποδοτικότερες τις τιμές (φ_1=0, φ_2=1, 1-φ_1-φ_2=0) ή (0,1,0), διότι τότε η απόδοση για την M θα είναι 4και όχι 3 ή2. Δηλαδή, ακολουθητικά ορθολογική εκτίμηση της M είναι μόνο η (0,1,0), τιμές που αφορούν τα b, (1-b)h_1 και (1-b)(1-h_1), και όχι τις πιθανότητες φ.

Όμως, η έννοια της ακολουθητικής ορθολογικότητας δεν είναι αρκετή για να φτάσουμε στην ισορροπία ενός δυναμικού παιγνίου ατελούς πληροφόρησης. Συγκεκριμένα, στο παίγνιο του Σχήματος 9 και πάλι χρειαζόμαστε ακόμα να απαλλαγούμε από εικασίες του παίκτη Γ διαφορετικές της $\overline{h}_1 = 1$. Για αυτό και θέλουμε από τις εκτιμήσεις να είναι «συνεπείς».

Μια εκτίμηση είναι πλήρως συνεπής (fully consistent) εάν υπάρχει μια ακολουθία πλήρως μεικτών συμπεριφορικών στρατηγικών και μια ακολουθία εικασιών συνδεόμενες με αυτές τις στρατηγικές δια του θεωρήματος Bayes, που να συγκλίνουν στη μεικτή συμπεριφορική στρατηγική και στις εικασίες της εκτίμησης της οποίας διερευνάται η συνέπεια. Υπό την πλήρη συνέπεια, κάθε κίνηση σε κάθε σύνολο πληροφόρησης αντιμετωπίζεται αυτοτελώς, συνδέεται με τη δική της πιθανότητα, και δεν ομαδοποιείται με άλλες έτσι ώστε μια πιθανότητα να αφορά δύο ή τρεις κινήσεις και να μην ξέρει ο αντίπαλος ποια πιθανολόγηση να κάνει για κάθε μια από αυτές για να συντονίσει το παίξιμό του. Ομαδοποίηση απέναντι στην οποία η PBE παραμένει ανοικτή όσον αφορά την κατάσταση εκτός της ισορροπίας σαν μην ενδιέφερε τους παίκτες ο συντονισμός τους και σε μια τέτοια κατάσταση. Μια εκτίμηση που αποτελεί WSEQ ή PBE είναι ακολουθητικά ορθολογική αλλά δεν είναι πλήρως συνεπής, είναι απλώς συνεπής. Ο όρος συνέπεια θα αποδίδει στο εξής την πλήρη συνέπεια.

Ας ξαναδούμε για παράδειγμα τις ακολουθητικά ορθολογικές εκτιμήσεις του παίκτη Γ, [(h_2=1, 1-h_2=0), $\overline{h}_1 = 1$] και [(h_2=0, 1-h_2=1), $\overline{h}_1 = 0$]. Οι εικασίες $\overline{h}_1 = 1$ και $\overline{h}_1 = 0$ συνδέονται με τις συμπεριφορικές στρατηγικές (h_2=1, 1-h_2=0) και (h_2=0, 1-h_2=1), αντίστοιχα, δια του θεωρήματος Bayes,

$$\overline{h}_1 = \frac{(1\text{-}b_1)h_1}{[(1\text{-}b_1)h_1 + (1\text{-}b_1)(1\text{-}h_1)]} = h_1$$

με την έννοια ότι αν h_2=1, τότε συνεπάγεται ότι $\overline{h}_1 = (1\text{-}b)/[(1\text{-}b)+0] = 1$ (αφού στην περίπτωση αυτή επιλέγω h_1=1) και αν h_2=0, τότε πάει να πει ότι $\overline{h}_1 = 0/[0+(1\text{-}b)] = 0$ (αφού στην περίπτωση αυτή επιλέγω h_1=0). Για να αξιολογήσουμε στη συνέχεια τη συνέπεια της [(h_2=1, 1-h_2=0), $\overline{h}_1 = 1$], ορίζουμε μια ακολουθία στρατηγικών (h_2=ε_v, 1-h_2=1- ε_v) αύξουσα στο h_2=ε_v και τέτοια αν h_2=ε_v τότε

$$\overline{h}_{1,v} = \frac{(1\text{-}b_1)h_{1,v}}{[(1\text{-}b_1)h_{1,v} + (1\text{-}b_1)(1\text{-}h_{1,v})]} = h_1$$

όπου $0< \varepsilon_v \leq 1$ και $v = 1,2,\ldots$ Η ακολουθία $\{\overline{h}_{1,v}\}$ θα είναι επομένως αύξουσα και αυτή. Τώρα εφόσον $0< \varepsilon_v \leq 1$, τόσο η $\{\overline{h}_{1,v}\}$ όσο και η $\{\varepsilon_v\}$ θα συγκλίνουν στη μονάδα καθώς το ν τείνει προς το άπειρο. Όσον αφορά την εκτίμηση $[(h_2=0,\ 1\text{-}h_2=1),\ \overline{h}_1 = 0]$ οι ακολουθίες $\{\overline{h}_{1,v}\}$ και $\{\varepsilon_v\}$ πρέπει να είναι φθίνουσες με $0< \varepsilon_v \leq 1$. Και οι δύο ακολουθίες θα συγκλίνουν τότε στο μηδέν.

Επομένως, και οι δύο ακολουθητικά ορθολογικές εκτιμήσεις είναι συνεπείς και θα μπορούσαν ως εκ τούτου να αποτελούν εκτιμήσεις ακολουθητικής ισορροπίας αν δεν υπήρχε το ζήτημα ότι άλλο τόσο εκτίμηση ισορροπίας αποτελεί και η (0,1,0) του παίκτη Μ. Συγκεκριμένα, μια εκτίμηση αποτελεί ακολουθητική ισορροπία (SEQ, sequential equilibrium) όταν είναι ακολουθητικά ορθολογική και συνεπής. Τέτοια είναι και η ακολουθητικά ορθολογική εκτίμηση του Μ, (0,1,0), διότι είναι επίσης συνεπής, μιας και πάντα μπορούμε να ορίσουμε μια ακολουθία στρατηγικών $[b_1=\varepsilon_v,\ (1\text{-}b_1)h_1=\varepsilon_v^2,\ (1\text{-}b_1)(1\text{-}h_1)=1\text{-}\varepsilon_v\text{-}\varepsilon_v^2]$ τέτοια ώστε η $\{\varepsilon_v^2\}$ να συγκλίνει προς τη μονάδα. Αλλά τότε η περίπτωση $\overline{h}_1 = 0/[0+(1\text{-}b)] = 0$ γίνεται κενή περιεχομένου $\overline{h}_1 = 0/(0+0)$ καθώς ο όρος $(1\text{-}b_1)$ στον παρονομαστή προέρχεται από το γινόμενο $[(1\text{-}b_1)(1\text{-}h_1)]$, δηλαδή από την πιθανότητα εμφάνισης του δεξιού κόμβου του διμελούς συνόλου πληροφόρησης του Γ που ο παίκτης Μ έχει θεωρήσει μηδενική. Το αντίθετο συμβαίνει με την $\overline{h}_1 = (1\text{-}b)/[(1\text{-}b)+0]$ που τώρα βάση της επιλογής του Μ γίνεται $\overline{h}_1 = (1\text{-}0)/[(1\text{-}0)+0]=1/(1+0)=1$. Έτσι, η μόνη εκτίμηση ακολουθητικής ισορροπίας του παίκτη Γ είναι η $[(h_2=1,\ 1\text{-}h_2=0),\ \overline{h}_1 = 1]$. Έχουμε εκλογικεύσει πλήρως την ισορροπία της παραλλαγή του παιγνίου της μάχης των φύλων (Σχήμα 9) ως ακολουθητική ισορροπία, ως SEQ, που με πιο απλό συμβολισμό είναι η {[(Έξω, Κιν), Κιν], $\overline{h}_1 = 1$}. Να αναφέρουμε επίσης εδώ ότι η «λογική» που αναδεικνύει σε συνεπή την εκτίμηση (0,1,0) του παίκτη Μ, μπορεί να εξασφαλίσει την συνέπεια και των εκτιμήσεων (1,0,0) και (0,0,1), αλλά μόνο η (0,1,0) είναι ακολουθητικά ορθολογική.

2. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ (THREAT ASSESSMENT)

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο αποτίμηση κινδύνου στα πλοία εννοούμε την προσπάθεια προστασίας και την προληπτική αποφυγή κάθε εξωγενή ή ενδογενή παράγοντα, που θα μπορούσε να προξενήσει στο πλοίο φθορές ή να το οδηγήσει σε επικίνδυνες καταστάσεις. Για να γίνει ένα τόσο μεγάλο εγχείρημα εφικτό ασφαλώς δεν αρκούν μεμονωμένες προσπάθειες, για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί καταστατικά, τα οποία και εφαρμόζονται από την πλειονότητα (Contracting Governments) των σημαντικότερων για την ναυσιπλοΐα κρατών.

Παρόλα όμως τα μέτρα και τις προσπάθειες που λαμβάνονται, συνεχώς νέοι κίνδυνοι εμφανίζονται που χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής ώστε να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά. Ανησυχητικό, για παράδειγμα, γεγονός το τελευταίο διάστημα είναι η αύξηση του φαινομένου των επιθέσεων με τη μορφή πειρατείας στα εμπορικά πλοία. Το χτύπημα που δέχεται η ναυτιλία από την παραπάνω απειλή είναι μεγάλο γιατί προκαλεί ζημιές όχι μόνο οικονομικής φύσεως αλλά επεκτείνεται και σε απώλειες στο ανθρώπινο δυναμικό.

Τα στοιχεία του IMO για το έτος 2008 δείχνουν ότι σημειώθηκαν 293 περιστατικά πειρατείας σε παγκόσμια κλίμακα. Από αυτά τα 293, τα 49 κατέληξαν σε ομηρία και 889 ναυτικοί κρατήθηκαν. Επίσης, 32 ναυτικοί τραυματίστηκαν, 11 σκοτώθηκαν και 21 αγνοούνται. Από το σύνολο των περιστατικών αυτών, 111 καταγράφηκαν στην περιοχή του Κέρατος της Αφρικής και του κόλπου του Άντεν, από τα οποία τα 40 κατέληξαν σε ομηρία. Παρά τα πολύ αυστηρά μέτρα περιφρούρησης της θαλάσσιας περιοχής του κόλπου του Άντεν, όπου περιπολούν πολεμικά πλοία κρατών-μελών του ΝΑΤΟ, παρατηρούνται πλέον σε καθημερινή βάση τουλάχιστον δύο πειρατείες σε πλοία, στις οποίες σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχουν και θύματα. Να σημειωθεί ότι τον Ιανουάριο του 2009, ένα στα 6 πλοία, που προσεγγίζονταν από τους πειρατές, καταλαμβάνονταν με επιτυχία. Ο αριθμός αυτός μειώθηκε στο 1 στα 8 το Φεβρουάριο και στο 1 στα 13 το Μάρτιο του 2009.

Σύμφωνα με στοιχεία του International Maritime Bureau (IMB), κατά τη διάρκεια του πρώτου τριμήνου του 2009 τα κρούσματα πειρατείας στη Σομαλία έχουν σχεδόν διπλασιαστεί σε σχέση με το αντίστοιχο τρίμηνο του 2008. Συγκεκριμένα, έχουν καταγραφεί 102 περιστατικά σε σχέση με 52 που σημειώθηκαν την αντίστοιχη περσινή περίοδο. Σύμφωνα πάντοτε με τις ίδιες πηγές, οι πειρατές επιβιβάστηκαν σε 34 πλοία, έκαναν ένοπλη επίθεση σε 29 και κατέλαβαν 9. Συνολικά 178 μέλη πληρώματος κρατήθηκαν ως όμηροι, 9 τραυματίστηκαν, 5 απήχθησαν και 2 δολοφονήθηκαν. Το δεύτερο πιο επικίνδυνο μέρος του κόσμου είναι η Νιγηρία, στο οποίο κατά τη διάρκεια του 2008 καταγράφηκαν συνολικά 40 περιπτώσεις πειρατείας, ενώ τρίτο έρχεται το Περού όπου σύμφωνα πάλι με την έκθεση του IMB σημειώθηκε αύξηση των επιθέσεων, με 7 αναφορές επιτυχημένων πειρατειών, έναντι 4 το τελευταίο τρίμηνο του 2008. Φυσικά, υπάρχουν πολλές άλλες περιπτώσεις που καταγράφηκαν σε άλλα μέρη του κόσμου, αλλά τα πιο πάνω στοιχεία είναι ένδειξη

του μεγέθους του προβλήματος, για το οποίο καλούνται όλα τα κράτη να πάρουν τα κατάλληλα μέτρα, όχι μόνο για τη μείωση των περιστατικών αλλά και για την εξάλειψή τους.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΜΒΑΣΕΩΣ ΠΕΡΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΖΩΗΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ (SOLAS)

2.2.1 Εισαγωγή και ιστορική αναδρομή

Η σύμβαση SOLAS μέσα από τις διαδοχικές μορφές της είναι κοινά αναγνωρισμένη ως η πιο σημαντική από όλες τις διεθνείς συνθήκες που αναφέρονται στην ασφάλεια των εμπορικών πλοίων. Η πρώτη εκδοχή της υιοθετήθηκε το 1914, σαν αντίδραση στην καταστροφή του Τιτανικού, η δεύτερη το 1929, και η τρίτη το 1960.

Η σύμβαση του 1960, η οποία υιοθετήθηκε στις 17 Ιουνίου του 1960 και τέθηκε σε εφαρμογή στις 26 Μαΐου του 1965, ήταν το πρώτο σημαντικό επίτευγμα του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας (IMO), μετά την ίδρυση του ίδιου του οργανισμού, και αποτέλεσε ένα αποφασιστικό βήμα για τον εκσυγχρονισμό των κανονισμών και την παράλληλη πορεία με την τεχνολογική ανάπτυξη στη θαλάσσια βιομηχανία. Η πρόθεση να διατηρηθεί η σύμβαση μέσα στα δρώμενα του κλάδου ήταν εμφανής, αλλά στην πράξη οι τροποιητικές διαδικασίες αποδείχθηκαν πολύ αργές. Έτσι έγινε οορατό ότι θα ήταν αδύνατο με τα ισχύοντα δεδομένα να εξασφαλιστεί η εφαρμογή των τροποποιήσεων μέσα σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα.

Σαν απάντηση στο παραπάνω πρόβλημα, μια εντελώς καινούρια σύμβαση δημιουργήθηκε το 1974. Η σύμβαση αυτή περιελάμβανε όχι μόνο τις τροποποιήσεις που είχαν συμφωνηθεί μέχρι τη συγκεκριμένη ημερομηνία, αλλά και μια καινούρια διαδικασία τροποποίησης, την διαδικασία σιωπηρής αποδοχής (tacit acceptance procedure), σχεδιασμένη να διασφαλίζει ότι οι αλλαγές θα πραγματοποιούνται μέσα σε ένα καθορισμένο (και αποδεκτά μικρό) χρονικό διάστημα. Έτσι αντί για την προϋπόθεση ότι μια τροποποίηση θα περνούσε σε ισχύ αφού γίνει δεκτή από, για παράδειγμα, τα δύο τρίτα των συμμετεχόντων κρατών, η διαδικασία σιωπηρής αποδοχής (tacit acceptance procedure) όρισε ότι η τροποποίηση θα μπαίνει σε εφαρμογή σε μια συγκεκριμένη ημερομηνία, εκτός αν πριν από την ημερομηνία αυτή εκδηλωθούν αντιρρήσεις από ένα συμφωνημένο αριθμό συμμετεχόντων κρατών.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η σύμβαση του 1974 να έχει αναβαθμιστεί και τροποποιηθεί σε αναρίθμητες περιπτώσεις μέχρι σήμερα και να ισχύει αναφερόμενη ως SOLAS 1974.

2.2.2 Διαδικασία τροποποιήσεων

Το άρθρο VIII της συμβάσεως SOLAS 1974 αναφέρει ότι τροποποιήσεις είναι δυνατόν να γίνουν:

- Ύστερα από απόφαση μέσα στον IMO. Τροποποιήσεις προτεινόμενες από ένα συμβαλλόμενο κράτος (Contracting Government) κρατούνται (circulate) το λιγότερο για έξι μήνες προτού παρθεί απόφαση από την Επιτροπή Θαλάσσιας Ασφάλειας (MSC, Maritime Safety Committee), η οποία με τη σειρά της μπορεί παραπέμψει τις συζητήσεις σε μία ή περισσότερες υπό-επιτροπές του IMO. Οι τροποποιήσεις πρέπει να υιοθετηθούν από τα δύο τρίτα της πλειοψηφίας των συμβαλλόμενων κρατών που είναι παρόντα και ψηφίζουν στην Επιτροπή Θαλάσσιας Ασφάλειας (MSC). Τα συμβαλλόμενα κράτη του SOLAS, είτε είναι μέλη του IMO είτε όχι, είναι καθορισμένο να συμμετέχουν στην απόφαση για τις τροποποιήσεις στο αποκαλούμενο "διευρυμένο MSC".
- Ύστερα από συνέδριο. Ένα συνέδριο μεταξύ των συμβαλλομένων κρατών καλείται όταν ένα από τα συμβαλλόμενα κράτη αιτείται να κρατηθεί μια συνεδρίαση και τουλάχιστον το ένα τρίτο των συμβαλλόμενων κυβερνήσεων συμφωνεί με την άποψη αυτή. Τροποποιήσεις υιοθετούνται όταν ψηφίζονται από τα δύο τρίτα της πλειοψηφίας των κρατών που είναι παρόντα.

Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις οι τροποποιήσεις κρίνονται ως δεκτές στο τέλος μιας χρονικής περιόδου που ακολουθεί την ανακοίνωση για αποδοχή των τροποποιήσεων από τα συμβαλλόμενα κράτη, εκτός εάν ένας καθορισμένος αριθμός των κρατών έχει αντιρρήσεις. Η διάρκεια από τη στιγμή της ανακοίνωσης των τροποποιήσεων μέχρι αυτές να γίνουν δεκτές είναι δύο χρόνια, εκτός εάν ένα άλλο χρονικό περιθώριο, που δεν πρέπει να είναι μικρότερο του ενός έτους, έχει αποφασιστεί και καθοριστεί από τα δύο τρίτα των συμβαλλόμενων κυβερνήσεων την ώρα που η τροποποίηση έγινε αρχικά αποδεκτή. Αφού τελικά οι τροποποιήσεις γίνουν αποδεκτές και δεν υπάρχουν αντιρρήσεις χρειάζεται ακόμη ένα διάστημα έξι μηνών για να τεθούν σε ισχύ.

Συνοψίζοντας, δηλαδή, τα παραπάνω το ελάχιστο χρονικό διάστημα από το "κράτημα" των προτεινόμενων τροποποιήσεων εωσότου αυτές περάσουν σε ισχύ είναι δύο χρόνια: έξι μήνες που κρατούνται κατά την αρχική τους πρόταση (αφού πρώτα εξασφαλίσουν την πλειοψηφία των δύο τρίτων των παρευρισκόντων μελών), τουλάχιστον δώδεκα μήνες αναμονής ώστε να γίνουν αποδεκτά από τα συμβαλλόμενα κράτη (αν δε υπάρξουν οι ενστάσεις σημαντικού αριθμού κρατών μελών), και τελικά ακόμα έξι μήνες ώστε να τεθούν σε ισχύ. Ωστόσο, με μια πρόταση που έγινε αποδεκτή το 1994 δημιουργήθηκαν διατάξεις για επιτάχυνση της διαδικασίας τροποποιήσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξαιρετικές

περιπτώσεις και κατά αυτό τον τρόπο να υιοθετηθούν ολόκληρα νέα κεφάλαια στον SOLAS ή τροποποιήσεις που να έχουν προταθεί εξαιτίας συγκεκριμένου συμβάντος. Στην περίπτωση αυτή ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή της ανακοίνωσης των τροποποιήσεων (μόλις περάσουν από την ψηφοφορία) μέχρι αυτές να γίνουν δεκτές μπορεί να μειωθεί στους έξι μήνες σε εξαιρετικές περιπτώσεις, αφού πρώτα κάτι τέτοιο αποφασιστεί από το συνέδριο.

2.2.3 Τεχνικές Διατάξεις

Ο κύριος σκοπός της συμβάσεως SOLAS είναι να καθορίσει τις ελάχιστες προδιαγραφές για την κατασκευή, τον εξοπλισμό και λειτουργικότητα των πλοίων σε σχέση με την ασφάλειά τους. Τα κράτη των οποίων τα πλοία φέρουν τη σημαία είναι υπεύθυνα για τη διασφάλιση των απαιτήσεών τους στα πλοία αυτά, για το λόγο αυτό ένας αριθμός πιστοποιητικών προκαθορίζεται από τη σύμβαση σαν απόδειξη ότι οι παραπάνω υποχρεώσεις πληρούνται. Διατάξεις ελέγχου επίσης επιτρέπουν σε συμβαλλόμενες κυβερνήσεις να επιθεωρούν πλοία που ανήκουν σε άλλο συμβαλλόμενο κράτος αν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι το πλοίο και ο εξοπλισμός του δεν συμμορφώνονται ουσιαστικά με τις απαιτήσεις της σύμβασης (SOLAS), η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως λιμενικός κρατικός έλεγχος (port State control). Η παρούσα σύμβαση SOLAS περιέχει άρθρα που παρουσιάζουν εκτενώς γενικά καθήκοντα, διαδικασίες τροποποιήσεως και διάφορα άλλα σχετικά θέματα, ακολουθούμενα από ένα παράρτημα χωρισμένο σε δώδεκα κεφάλαια.

Κεφάλαιο I – Γενικές Διατάξεις

Περιλαμβάνει κανονισμούς που αφορούν την αξιολόγηση διαφόρων τύπων σκαφών καθώς και την έκδοση πιστοποιητικών που δηλώνουν ότι το πλοίο καλύπτει τις προδιαγραφές που έχει θέσει η σύμβαση. Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει επίσης διατάξεις για τον έλεγχο των πλοίων σε λιμάνια άλλων συμβαλλόμενων κρατών.

Κεφάλαιο II-1 – Κατασκευή – Υποδιαίρεση και ευστάθεια, μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις.

Η υποδιαίρεση επιβατικών σκαφών σε υδατοστεγή διαμερίσματα πρέπει να είναι τέτοια ώστε αφού υποτεθεί ζημιά στη γάστρα του πλοίου αυτό θα παραμείνει αβύθιστο και ευσταθές. Απαιτήσεις για υδατοστεγή ακεραιότητα, κανονισμοί αντλήσεως των υφάλων του πλοίου για επιβατικά πλοία προδιαγράφονται μαζί με τις απαιτήσεις για ευστάθεια τόσο επιβατικών όσο και εμπορικών σκαφών. Ο βαθμός των υποδιαιρέσεων (μετρημένος βάση της μέγιστης δυνατής απόστασης ανάμεσα σε δύο διαδοχικά χωρίσματα) ποικίλει ανάλογα με το μήκος του πλοίου και της υπηρεσίας που εκτελεί. Να σημειωθεί ότι ο μεγαλύτερος βαθμός υποδιαιρέσεων χρησιμοποιείται σε επιβατικά πλοία.

Προδιαγραφές, επίσης, που καλύπτουν μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να εξασφαλίσουν ότι υπηρεσίες που είναι ουσιώδεις για την ασφάλεια του πλοίου, των επιβατών και του πληρώματος διατηρούνται κάτω από ξεχωριστές συνθήκες. Οι απαιτήσεις, τέλος, του πηδαλίου στο κεφάλαιο αυτό είναι ιδιαιτέρως σημαντικές.

Κεφάλαιο ΙΙ-2 – Πυροπροστασία, ανίχνευση φωτιάς και εξάλειψή της

Περιλαμβάνει λεπτομερείς διατάξεις για την πυροπροστασία όλων των πλοίων και πιο εκτενή μέτρα για επιβατικά πλοία, εμπορικά πλοία και δεξαμενόπλοια. Έχει σαν αρχές προστασίας:

- τη διαίρεση του πλοίου σε κύριες και κάθετες ζώνες βάση θερμικών και κατασκευαστικών ορίων,
- το διαχωρισμό των κατοικήσιμων χώρων από τα υπόλοιπα διαμερίσματα του πλοίου βάση θερμικών και κατασκευαστικών ορίων,
- την περιορισμένη χρήση εύφλεκτων υλικών,
- τον εντοπισμός πιθανής φωτιάς στη ζώνη προέλευσης της,
- τον περιορισμό και εξάλειψη της πιθανής φωτιάς στη ζώνη προέλευσης της,
- την προστασία των μέσων διαφυγής και των προσβάσεων στα μέσα καταπολέμησης της φωτιάς,
- τη διαθεσιμότητα πυροσβεστικών συσκευών και
- την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ανάφλεξης εξατμίσεων πιθανού εύφλεκτου φορτίου.

Κεφάλαιο ΙΙΙ – Εφαρμογές και διευθετήσεις προστασίας της ανθρώπινης ζωής

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει προδιαγραφές για εφαρμογές και διευθετήσεις προστασίας της ανθρώπινης ζωής, συμπεριλαμβανομένου απαιτήσεις για σωσίβιες λέμβους και σωσίβια ασφαλείας ανάλογα με τον τύπο του σκάφους.

Ο διεθνής κώδικας εφαρμογών για την προστασία της ανθρώπινης ζωής (International Life-Saving Appliance Code, LSA code) δίνει συγκεκριμένες τεχνικές απαιτήσεις και είναι υποχρεωτικός σύμφωνα με τον κανονισμό 34, ο οποίος τονίζει ότι όλες οι εφαρμογές και διευθετήσεις για την προστασία της ανθρώπινης ζωής θα πρέπει να συνάγουν με τις αντίστοιχες προδιαγραφές του κώδικα LSA.

Κεφάλαιο IV – Ραδιοεπικοινωνία

Το κεφάλαιο αυτό ενσωματώνει το παγκόσμιο θαλάσσιο σύστημα κινδύνου και ασφαλείας (Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS). Όλα τα επιβατικά πλοία και όλα τα εμπορικά με ολική χωρητικότητα πάνω από 300 κόρους σε διεθνή ταξίδια είναι αναγκασμένα να φέρουν εξοπλισμό σχεδιασμένο να αυξάνει τις πιθανότητες διάσωσης σε περίπτωση ατυχήματος. Στον εξοπλισμό περιλαμβάνονται συσκευές εντοπισμού μέσω δορυφορικής ραδιοεκπομπής σημάτων κινδύνου (emergency position indicating radio beacons, EPIRBs) καθώς και πομποί έρευνας και διάσωσης (search and rescue transponders, SARTs) για τον εντοπισμό της θέσης του πλοίου ή του σκάφους διάσωσης.

Επιπλέον οι κανονισμοί του κεφαλαίου IV εξασφαλίζουν την ανάληψη υποχρεώσεων από τα συμβαλλόμενα κράτη ώστε να παρέχονται υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνίας παράλληλα με την υποχρέωση των πλοίων να φέρουν τέτοιου είδους εξοπλισμό. Το κεφάλαιο είναι στενά διασυνδεμένο με τους κανονισμούς ραδιοεπικοινωνίας της διεθνούς ένωσης τηλεπικοινωνιών.

Κεφάλαιο V – Ασφαλής ναυσιπλοΐα

Το κεφάλαιο αυτό προσδιορίζει συγκεκριμένες υπηρεσίες ασφαλούς ναυσιπλοΐας οι οποίες θα πρέπει να παρέχονται από τις συμβαλλόμενες κυβερνήσεις, ενώ ταυτόχρονα διατυπώνει διατάξεις επιχειρησιακής φύσεως εφαρμόσιμες γενικά σε όλα τα σκάφη σε όλα τα ταξίδια τους. Αυτό βέβαια έρχεται σε αντίθεση με τη μέχρι τώρα λογική της σύμβασης, η οποία εφαρμοζόταν σε συγκεκριμένης κλάσης πλοία τα οποία εκτελούσαν διεθνή ταξίδια.

Τα αντικείμενα που καλύπτονται από το συγκεκριμένο κεφάλαιο περιλαμβάνουν επίσης:

- τη διατήρηση μετεωρολογικών υπηρεσιών στα πλοία,
- την υπηρεσία της περιπολίας εντοπισμού παγόβουνων,
- το προκαθορισμένο δρομολόγιο των πλοίων και
- την διατήρηση υπηρεσιών έρευνας και διάσωσης.

Επιπλέον, περιλαμβάνεται μια γενική υποχρέωση αρχικά προς τους καπετάνιους στο να προχωρούν στην αντικατάσταση των καταπονημένων ανδρών, και στην συνέχεια προς στις συμβαλλόμενες κυβερνήσεις ώστε να εξασφαλίζουν ότι όλα τα πλοία θα είναι επαρκώς και αποτελεσματικά επανδρωμένα από την οπτική γωνία της ασφαλούς πλοήγησης του πλοίου.

Τέλος, γίνεται πλέον υποχρεωτικός ο εξοπλισμός με καταγραφείς δεδομένων ταξιδίου (voyage data recorders, VDRs) και συστημάτων αυτόματης αναγνώρισης πλοίου (automatic ship identification systems, AIS) για συγκεκριμένου τύπου πλοία.

Κεφάλαιο VI – Μεταφορά των φορτίων

Το κεφάλαιο αυτό καλύπτει όλους τους τύπους φορτίου (εκτός από υγρά και αέρια φορτία σε πλοία τύπου bulk) τα οποία εξαιτίας της ιδιαιτερότητας τους αποτελούν κίνδυνο για το πλοίο ή τα άτομα που επιβαίνουν σε αυτό και χρίζουν έτσι ιδιαίτερης προφύλαξης.

Επίσης, περιλαμβάνονται προδιαγραφές για αποθηκευτικούς χώρους και προστασία του φορτίου ή των μονάδων φορτίου (όπως τα containers), ενώ πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην οφείλουν να συμμορφώνονται με τον διεθνή κώδικα φορτίων χύδην.

Κεφάλαιο VII – Μεταφορά επικίνδυνων φορτίων

Οι κανονισμοί περιλαμβάνονται σε τέσσερα μέρη:

Μέρος Α. Αναφέρεται στη μεταφορά επικίνδυνων αγαθών σε πακεταρισμένη μορφή. Περιλαμβάνει διατάξεις ως προς την ταξινόμηση, το πακετάρισμα, το σημάδεμα, τον προσδιορισμό με επιγραφές και ετικέτες, τα έγγραφα συνοδείας και την αποθήκευση των αγαθών αυτών. Επίσης απαιτεί οι συμβαλλόμενες κυβερνήσεις να εκδώσουν οδηγίες σε εθνικό επίπεδο παράλληλα με την υποχρεωτική υιοθέτηση του διεθνούς θαλάσσιου κώδικα επικινδύνων αγαθών (International Maritime Dangerous Goods code, IMDG). Ο κώδικας IMDG δημιουργήθηκε από τον IMO και προσαρμόζεται

σταθερά στα νεοεμφανιζόμενα επικίνδυνα αγαθά, ενώ συνεχώς συμπληρώνονται ή διορθώνονται οι υπάρχουσες διατάξεις του.

Μέρος Α-1. Αναφέρεται στη μεταφορά επικίνδυνων αγαθών σε στερεά μορφή από πλοία τύπου Bulk. Εδώ καλύπτεται η δημιουργία εγγράφων, η αποθήκευση και ο διαχωρισμός που απαιτείται για τα προϊόντα αυτά, ενώ ταυτόχρονα το μέρος αυτό αξιώνει αναφορές για τυχόν περιστατικά που περιλαμβάνουν τέτοιου είδους φορτία.

Μέρος Β. Καλύπτει κατασκευαστικές και εξοπλιστικές οδηγίες για πλοία μεταφοράς επικίνδυνων χημικών σε υγρή μορφή τύπου Bulk και πλοία μεταφοράς αερίων κατασκευασμένα μετά την 1 Ιουλίου 1986, ενώ αξιώνει αυτά να συμμορφώνονται με τις διατάξεις του διεθνούς κώδικα μεταφοράς χημικών (International Bulk Chemical code, IBC code).

Μέρος C. Καλύπτει κατασκευαστικές και εξοπλιστικές οδηγίες για πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων τύπου Bulk και πλοία μεταφοράς αερίων κατασκευασμένα μετά την 1 Ιουλίου 1986, και αξιώνει αυτά να συμμορφώνονται με τις διατάξεις του διεθνούς κώδικα μεταφοράς αερίων (International Gas Carrier code, IGC code).

Μέρος D. Περιλαμβάνει ειδικές απαιτήσεις που έχουν να κάνουν με τη μεταφορά πακεταρισμένων ακτινοβολούντων πυρηνικών καυσίμων, πλουτωνίου και μεγάλου βαθμού ραδιενεργών απορριμμάτων και αξιώνουν από τα πλοία που κουβαλούν τέτοιου είδους προϊόντα να τηρούν τον διεθνή κώδικα για την ασφαλή μεταφορά πακεταρισμένων ακτινοβολούντων πυρηνικών καυσίμων, πλουτωνίου και μεγάλου βαθμού ραδιενεργά απορρίμματα (International code for the safe carriage of packaged irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High Level radioactive Wastes on board ships, INF code).

Το κεφάλαιο VII απαιτεί η μεταφορά επικίνδυνων φορτίων να συνάγει με τις αντίστοιχες διατάξεις του διεθνούς θαλάσσιου κώδικα επικινδύνων αγαθών (IMDG). Ο κώδικας IMDG υιοθετήθηκε για πρώτη φορά από τον IMO το 1965 και διατηρεί τη λειτουργικότητά του με τακτικές τροποποιήσεις, συμπεριλαμβανόμενες και αυτές που τον βοηθούν να συμβαδίζει με τον κώδικα συστάσεων των Ηνωμένων Εθνών για την μεταφορά επικίνδυνων αγαθών, που θέτει τις βασικές αρχές για όλους τους τρόπους μεταφοράς.

Κεφάλαιο VIII – Πυρηνικά πλοία

Δίνει τις βασικές απαιτήσεις για πλοία που χρησιμοποιούν πυρηνική ενέργεια και επιδεικνύει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις επικίνδυνες εκπομπές ακτινοβολίας. Επίσης αναφέρεται στον λεπτομερή και περιεκτικό κώδικα ασφαλείας για πυρηνικά εμπορικά πλοία, ο οποίος υιοθετήθηκε από την συνέλευση του IMO το 1981.

Κεφάλαιο IX – Διαχείριση των επιχειρήσεων ασφαλείας του πλοίου

Το κεφάλαιο IX κάνει υποχρεωτικό τον διεθνή κώδικα διαχείρισης ασφαλείας (International Safety Management code, ISM code), ο οποίος προϋποθέτει την εγκατάσταση ενός ασφαλούς συστήματος διαχείρισης από τον ιδιοκτήτη του σκάφους ή από οποιοδήποτε άτομο έχει οριστεί υπεύθυνο για το πλοίο (την εταιρία).

Κεφάλαιο X – Μέτρα ασφαλείας για σκάφη υψηλών ταχυτήτων.

Το κεφάλαιο αυτό κάνει υποχρεωτική τη χρήση του διεθνούς κώδικα για την ασφάλεια των υψηλών ταχυτήτων σκαφών (International code of Safety for High Speed Craft, HSC code).

Κεφάλαιο XI-1 – Ειδικά μέτρα για την αύξηση της θαλάσσιας ασφαλείας

Στο κεφάλαιο αυτό διευκρινίζονται οι απαιτήσεις σχετικά με:

- τις αρμοδιότητες των αναγνωρισμένων οργανισμών (υπεύθυνων για την διενέργεια αξιολογήσεων και επιθεωρήσεων εκ μέρους των διαχειριστών του πλοίου),
- τις αυξημένες αξιολογήσεις,
- το μόνιμα χαραγμένο αριθμό αναγνώρισης του πλοίου και
- το λιμενικό κρατικό έλεγχο (port State control) σε επιχειρησιακές απαιτήσεις.

Κεφάλαιο XI-2 – Ειδικά μέτρα για την αύξηση της θαλάσσιας ασφαλείας

Το κεφάλαιο αυτό υιοθετήθηκε το Δεκέμβριο του 2002 και τέθηκε σε ισχύ την 1 Ιουλίου του 2004. Ο κανονισμός XI-2/3 του νέου κεφαλαίου αναφέρεται και στον διεθνή κώδικα για την ασφάλεια πλοίων και λιμενικών εγκαταστάσεων (International Ship and Port Facilities Security code, ISPS code). Ο κώδικας αποτελείται από δύο μέρη, το Α μέρος είναι αναγκαστικό ενώ το μέρος Β περιέχει οδηγίες για την καλύτερη συμμόρφωση με το αναγκαστικό κομμάτι του. Οι κανονισμοί αξιώνουν από τις κυβερνήσεις τη θέσπιση επιπέδων ασφαλείας και την διασφάλιση της εφαρμογής των διατάξεων τους από πλοία που φέρουν την σημαία τους. Προτού εισέλθει ένα πλοίο σε λιμάνι που ανήκει σε συμβαλλόμενη κυβέρνηση ή ενώ βρίσκεται μέσα σε αυτό, οφείλει να συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις του επιπέδου ασφαλείας που έχει θέσει η συγκεκριμένη συμβαλλόμενη κυβέρνηση· εάν αυτό το επίπεδο ασφαλείας είναι υψηλότερο από το επίπεδο ασφαλείας που έχει θέσει ο διαχειριστής ασφαλείας για το σκάφος.

Ο κανονισμός XI-2/8 επιβεβαιώνει το ρόλο του καπετάνιου στο να εξασκεί την επαγγελματική του κρίση όταν πρέπει να παρθούν αποφάσεις αναγκαίες για να διατηρηθεί η ασφάλεια του πλοίου. Αναφέρει πάνω σε αυτό τον τομέα ότι ο καπετάνιος δεν πρέπει να περιορίζεται ούτε από την εταιρία, ούτε από τον ναυλωτή αλλά ούτε από οποιοδήποτε άλλο πρόσωπο σε τέτοια θέματα.

Ο κανονισμός XI-2/5 αναγκάζει όλα τα πλοία να φέρουν σύστημα ασφαλείας με συναγερμό, η εφαρμογή αυτή πρέπει να πραγματοποιηθεί μέσα σε ένα αυστηρά καθορισμένο χρονικό διάστημα που για το μεγαλύτερο μέρος των πλοίων λήγει το 2004 ενώ για τα υπόλοιπα πλοία το 2006. Όταν είναι ενεργοποιημένο το σύστημα ασφαλείας του πλοίου, αρχίζει να εκπέμπει ένα συναγερμό ασφαλείας μεταξύ πλοίου και ακτής, και πιο συγκεκριμένα μεταδιδόμενο προς μια αρμόδια αρχή καθορισμένη από τη διεύθυνση του πλοίου. Το μεταδιδόμενο σήμα συναγερμού πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία για την ταυτότητα του πλοίου και την γεωγραφική του θέση, ενώ παράλληλα θα πρέπει να υποδεικνύει ότι η ασφάλεια του σκάφους βρίσκεται κάτω από απειλή ή έχει εκτεθεί σε κίνδυνο. Να αναφέρουμε ότι το σύστημα δεν θα

προκαλεί κάποιο ορατό σημάδι συναγερμού επάνω στο πλοίο, ενώ θα έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιηθεί από τη γέφυρα αλλά και από τουλάχιστον άλλο ένα σημείο του πλοίου.

Ο κανονισμός XI-2/6 καλύπτει απαιτήσεις για λιμενικές εγκαταστάσεις, ορίζοντας, ανάμεσα σε όλα τα άλλα, ότι οι συμβαλλόμενες κυβερνήσεις θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα μέτρα αποτίμηση κινδύνου διεξάγονται και ότι σχέδια ασφαλείας αναπτύσσονται, υλοποιούνται και κρίνονται σε συμφωνία με τις διατάξεις του ISPS code.

Τέλος, οι υπόλοιποι κανονισμοί του κεφαλαίου αυτού καλύπτουν θέματα όπως η παροχή πληροφοριών στον IMO, ο χειρισμός του πλοίου στο λιμάνι (περιλαμβάνοντας μέτρα όπως, η καθυστέρηση, η κατακράτηση, ο περιορισμός επιχειρήσεων ή και η ίδια η κίνηση μέσα στο λιμάνι), και οι συγκεκριμένες αρμοδιότητες των εταιριών. Στην συνέχεια της εργασίας θα ασχοληθούμε εκτενέστερα με το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφού είναι ένα από τα αντικείμενα μελέτης μας.

Κεφάλαιο XII – Επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας για πλοία bulk carriers

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει κατασκευαστικές απαιτήσεις για bulk carriers με μήκος άνω των 150 μέτρων.

2.3 «ΚΕΦΑΛΑΙΟ XI-2»

ΕΙΔΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ (ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΖΩΗΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΤΟΥ 1974)

2.3.1 Πρόλογος

Η τρομοκρατική επίθεση της 11^{ης} Σεπτεμβρίου 2001, υποχρέωσε τη διεθνή κοινότητα να λάβει μέτρα για την αποτροπή ανάλογων ενεργειών. Οι θαλάσσιες μεταφορές δεν ήταν δυνατόν να εξαιρεθούν από τη λήψη αναγκαίων μέτρων για τη θωράκισή τους. Τον Δεκέμβριο του 2002, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), ενέκρινε τροποποίηση της Διεθνούς Σύμβασης για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) και ενέταξε στη σύμβαση το ειδικό κεφάλαιο XI-2 με τίτλο «Ειδικά μέτρα για την ενίσχυση της ασφάλειας στη θάλασσα» και κατήρτισε τον Διεθνή Κώδικα για την ασφάλεια των πλοίων και των λιμενικών εγκαταστάσεων, τον κώδικα ISPS.

Στόχος του κεφαλαίου XI-2 και του κώδικα ISPS είναι η καθιέρωση ενός διεθνούς πλαισίου συνεργασίας ανάμεσα στις κυβερνήσεις, στις κρατικές αρχές, τις τοπικές αρχές και τη ναυτιλιακή βιομηχανία με στόχο τον εντοπισμό και την αξιολόγηση πιθανών τρομοκρατικών απειλών και τη λήψη αναγκαίων προληπτικών μέτρων για την προστασία πλοίων και λιμενικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται στο διεθνές εμπόριο. Πιο συγκεκριμένα αναφερόμαστε σε επιβατηγά και φορτηγά πλοία και σε λιμενικές εγκαταστάσεις που παρέχουν υπηρεσίες στα πλοία των κατηγοριών που εκτελούν διεθνή δρομολόγια.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, υιοθετώντας την προσπάθεια των Ηνωμένων Εθνών εξέδωσε τον Κανονισμό 725/2004 και η χώρα μας τον επικύρωσε με το Π.Δ. 56/2004. Ο κώδικας άρχισε να ισχύει από την 1^{η} Ιουλίου 2004, προβλέπει δε μέτρα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας των οποίων η εφαρμογή συνδέεται με την ανάλυση κινδύνων. Στην συνέχεια ακολουθούν οι κανονισμοί του ειδικού κεφαλαίου XI-2.

2.3.2 Κανονισμοί

Κανόνας 1

Ορισμοί

1. Για το σκοπό του παρόντος κεφαλαίου, εκτός αν ρητά ορίζεται αλλιώς:

1. Ως “bulk carrier”, νοείται το φορτηγό πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου, όπως ορίζεται στον κανόνα IX/1.6.
2. Ως “chemical tanker” νοείται το χημικό δεξαμενόπλοιο, όπως ορίζεται στον κανόνα VII/8.2.
3. Ως “gas carrier”, νοείται το υγραεριοφόρο, όπως ορίζεται στον κανόνα VII/11.2.
4. Ως “high-speed craft”, νοείται το ταχύπλοο σκάφος, όπως ορίζεται στον κανόνα X/1.2.
5. Ως “mobile offshore drilling unit”, νοείται η μηχανικά προωθούμενη κινητή μονάδα γεώτρησης ανοιχτής θαλάσσης, όπως ορίζεται στον κανόνα IX/1, η οποία δεν βρίσκεται σε σταθερό σημείο.
6. Ως “oil tanker”, νοείται το πετρελαιοφόρο δεξαμενόπλοιο, όπως ορίζεται στον κανόνα II-1/2.12.
7. Ως “Company”, νοείται η εταιρεία, όπως ορίζεται στον κανόνα IX/1.
8. Ως “ship/port interface (διεπαφή πλοίου /λιμένα)”, νοούνται οι αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα όταν ένα πλοίο επηρεάζεται άμεσα και απευθείας από δράσεις στις οποίες περιλαμβάνεται, η κίνηση προσώπων, εμπορευμάτων ή η παροχή λιμενικών υπηρεσιών προς ή από το πλοίο.
9. Ως “port facility”, νοείται ο χώρος, όπως ορίζεται από το συμβαλλόμενο κράτος ή την αρμόδια αρχή, όπου λαμβάνει χώρα η διασύνδεση πλοίου/λιμένα. Η λιμενική εγκατάσταση περιλαμβάνει περιοχές όπως τα αγκυροβόλια, οι θέσεις αναμονής και προσέγγισης από τη θάλασσα, κατά περίπτωση.
10. Ως “ship to ship activity (δραστηριότητα μεταφόρτωσης από πλοίο σε πλοίο)”, νοείται κάθε δραστηριότητα μη συνδεόμενη με λιμενική εγκατάσταση, κατά την οποία λαμβάνει χώρα η μεταφορά εμπορευμάτων ή προσώπων από ένα πλοίο σε άλλο.
11. Ως “Designated Authority (αρμόδια αρχή)”, νοείται ο οργανισμός ή η Αρχή που αναγνωρίζεται, εντός του συμβαλλομένου κράτους, ως υπεύθυνη για τη διασφάλιση της εφαρμογής των διατάξεων του παρόντος κεφαλαίου που αφορούν την ασφάλεια λιμενικής εγκατάστασης και τη διασύνδεση πλοίου/λιμένα, από την οπτική γωνία της λιμενικής εγκατάστασης.
12. Ως “ISPS code”, νοείται ο Διεθνής Κώδικας για την ασφάλεια των πλοίων και των λιμενικών εγκαταστάσεων ο οποίος απαρτίζεται από το μέρος Α (οι διατάξεις του οποίου θεωρούνται υποχρεωτικές) και το μέρος Β (οι διατάξεις του οποίου θεωρούνται συμβουλευτικές), όπως υιοθετήθηκε στις 12 Δεκεμβρίου 2002 με την απόφαση 2 της Διάσκεψης των συμβαλλομένων, στη Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα του 1974, κρατών, όπως ενδέχεται να έχει τροποποιηθεί από τον Οργανισμό, υπό την προϋπόθεση ότι:
    1. οι τροποποιήσεις του μέρους Α του κώδικα υιοθετούνται, τίθενται σε ισχύ και εφαρμόζονται σύμφωνα με το άρθρο VIII της παρούσας σύμβασης

που αφορά τις διαδικασίες τροποποίησης οι οποίες εφαρμόζονται στο παράρτημα εκτός από το κεφάλαιο I, και

2. οι τροποποιήσεις του μέρους B του κώδικα υιοθετούνται από την Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) σύμφωνα με τον εσωτερικό κανονισμό της.

13. Ως "security incident", νοείται κάθε ύποπτη ενέργεια ή περίσταση η οποία απειλεί την ασφάλεια πλοίου, συμπεριλαμβανομένων κινητών μονάδων γεώτρησης ανοιχτής θαλάσσης και ταχυπλόων σκαφών, ή λιμενικής εγκατάστασης ή διασύνδεσης πλοίου/λιμένα ή δραστηριότητας μεταφόρτωσης από πλοίο σε πλοίο.
14. Ως "security level", νοείται ο προσδιορισμός του βαθμού επικινδυνότητας να λάβει χώρα απόπειρα ή συμβάν που θέτει σε κίνδυνο την ασφάλεια.
15. Ως "Declaration of Security (δήλωση ασφαλείας)", νοείται η συμφωνία που συνάπτεται μεταξύ ενός πλοίου και μιας λιμενικής εγκατάστασης ή ενός άλλου πλοίου διασυνδεόμενου με αυτό, στην οποία προσδιορίζονται τα μέτρα για την ασφάλεια τα οποία θα εφαρμόσει έκαστο συμβαλλόμενο μέρος.
16. Ως "recognized security organization (αναγνωρισμένος οργανισμός ασφάλειας)", νοείται ο οργανισμός ο οποίος διαθέτει την απαραίτητη εμπειρογνωμοσύνη σε θέματα ασφάλειας και την απαραίτητη γνώση των λειτουργιών πλοίου και λιμένα και είναι εξουσιοδοτημένος να διενεργεί τις δραστηριότητες αξιολόγησης ή διαπίστωσης ή έγκρισης ή πιστοποίησης , οι οποίες απαιτούνται από το παρόν κεφάλαιο ή από το μέρος A του κώδικα ISPS.

2. Ο όρος "ship", όταν χρησιμοποιείται στους κανόνες 3 έως 13, περιλαμβάνει και τις κινητές μονάδες γεώτρησης ανοιχτής θαλάσσης και τα ταχύπλοα σκάφη.

3. Ο όρος "all ships", όταν χρησιμοποιείται στο παρόν κεφάλαιο, περιλαμβάνει όλα τα πλοία στα οποία εφαρμόζεται το παρόν κεφάλαιο.

4. Ο όρος "contracting governments (συμβαλλόμενα κράτη)", όταν χρησιμοποιείται στους κανόνες 3, 4, 7 και 10 έως 13, αναφέρεται και στην αρμόδια αρχή.

Κανόνας 2

Εφαρμογή

1. Το παρόν κεφάλαιο εφαρμόζεται:
   1. στους ακόλουθους τύπους πλοίων που εκτελούν διεθνείς πλόες:
      1. επιβατηγά πλοία, περιλαμβανομένων και επιβατηγών ταχυπλόων σκαφών,
      2. φορτηγά πλοία, περιλαμβανομένων και ταχυπλόων σκαφών, 500 κόρων ολικής χωρητικότητας και άνω,

3. κινητές μονάδες γεώτρησης ανοιχτής θαλάσσης, και
2. λιμενικές εγκαταστάσεις οι οποίες εξυπηρετούν πλοία που εκτελούν διεθνείς πλοές.

2. Παρά τις διατάξεις της παραγράφου 1.2, τα συμβαλλόμενα κράτη αποφασίζουν το βαθμό εφαρμογής του παρόντος κεφαλαίου και των συναφών ενοτήτων του μέρους Α του κώδικα ISPS στις ευρισκόμενες στην επικράτειά τους λιμενικές εγκαταστάσεις οι οποίες, παρόλο που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο από πλοία τα οποία δεν εκτελούν διεθνείς πλόες, υποχρεούνται, περιστασιακά, να εξυπηρετούν πλοία τα οποία καταφθάνουν ή αναχωρούν στο πλαίσιο διεθνή πλου.
   1. Τα συμβαλλόμενα κράτη πρέπει, σύμφωνα με την παράγραφο 2, κατά την αξιολόγηση της ασφάλειας των λιμενικών εγκαταστάσεων να ενεργούν σύμφωνα με τις διατάξεις του μέρους Α του κώδικα ISPS.
   2. Οι αποφάσεις των συμβαλλομένων κρατών, οι οποίες λαμβάνονται σύμφωνα με την παράγραφο 2, δεν θέτουν σε κίνδυνο το επιθυμητό επίπεδο ασφάλειας που προβλέπεται από το παρόν κεφάλαιο ή από το μέρος Α του Κώδικα ISPS.

3. Το παρόν κεφάλαιο δεν έχει εφαρμογή σε πολεμικά πλοία, σε βοηθητικά πολεμικά πλοία ή άλλα πλοία ανήκοντα σε συμβαλλόμενο κράτος ή διαχειριζόμενα από συμβαλλόμενο κράτος, τα οποία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε κρατική μη εμπορική υπηρεσία .

4. Καμιά διάταξη του παρόντος κεφαλαίου δεν θίγει τα δικαιώματα ή τις υποχρεώσεις των κρατών που υπαγορεύονται από το διεθνές δίκαιο.

Κανόνας 3

Υποχρεώσεις των συμβαλλομένων κρατών όσον αφορά την ασφάλεια

1. Οι Αρχές ορίζουν επίπεδα ασφάλειας και διασφαλίζουν την παροχή πληροφοριών σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας στα δικαιούμενα να φέρουν τη σημαία τους πλοία. Σε περίπτωση αλλαγής του επιπέδου ασφάλειας, οι πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας προσαρμόζονται ανάλογα με τις περιστάσεις.

2. Τα συμβαλλόμενα κράτη ορίζουν επίπεδα ασφάλειας και διασφαλίζουν την παροχή πληροφοριών σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας στις λιμενικές εγκαταστάσεις οι οποίες βρίσκονται στην επικράτειά τους και στα πλοία πριν από την είσοδό τους σε λιμένα ή κατά τη διάρκεια της παραμονής τους σε λιμένα εντός της επικράτειάς τους. Σε περίπτωση αλλαγής του επιπέδου ασφάλειας, οι πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας προσαρμόζονται ανάλογα με τις περιστάσεις.

Κανόνας 4

Απαιτήσεις για εταιρείες και πλοία

1. Οι εταιρείες συμμορφώνονται με τις σχετικές απαιτήσεις του παρόντος κεφαλαίου και του μέρους Α του κώδικα ISPS, λαμβανομένης υπόψη της καθοδήγησης που παρέχεται στο μέρος Β του κώδικα ISPS.

2. Τα πλοία συμμορφώνονται με τις σχετικές απαιτήσεις του παρόντος κεφαλαίου και του μέρους Α του κώδικα ISPS, λαμβανομένης υπόψη της καθοδήγησης που παρέχεται στο μέρος Β του κώδικα ISPS, και η συμμόρφωσή τους διαπιστώνεται και πιστοποιείται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο μέρος Α του κώδικα ISPS.

3. Πριν από την είσοδο σε λιμένα ή κατά την παραμονή σε λιμένα εντός της επικράτειας συμβαλλομένου κράτους, ένα πλοίο συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας το οποίο έχει ορίσει το συμβαλλόμενο κράτος, εφόσον το εν λόγω επίπεδο ασφάλειας είναι υψηλότερο από το επίπεδο ασφάλειας που έχει ορίσει η Αρχή για το συγκεκριμένο πλοίο.

4. Τα πλοία ανταποκρίνονται χωρίς υπερβολική καθυστέρηση σε οποιαδήποτε αλλαγή προς υψηλότερο επίπεδο ασφάλειας.

5. Σε περίπτωση που ένα πλοίο δεν συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του παρόντος κεφαλαίου ή του μέρους Α του κώδικα ISPS ή δεν δύναται να συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας που ορίζει η Αρχή ή άλλο συμβαλλόμενο κράτος (και εφαρμόζεται στο πλοίο αυτό), τότε ενημερώνει την αρμόδια αρχή πριν από οποιαδήποτε διασύνδεση πλοίου/λιμένα ή πριν από την είσοδο σε λιμένα, ανάλογα με το ποιο προηγείται.

Κανόνας 5

Ειδική ευθύνη των εταιρειών

Η εταιρεία διασφαλίζει ότι ο πλοίαρχος διαθέτει πάντοτε επί του πλοίου πληροφορίες οι οποίες επιτρέπουν στα αρμόδια εξουσιοδοτημένα όργανα συμβαλλόμενου κράτους να προσδιορίζουν:

1. ποιος είναι υπεύθυνος για τον διορισμό των μελών του πληρώματος ή άλλων ατόμων που απασχολούνται ή έχουν προσληφθεί σε οποιαδήποτε ιδιότητα στο πλοίο, για τις ανάγκες του εν λόγω πλοίου,
2. ποιος είναι υπεύθυνος για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την πρόσληψη εργαζομένων στο πλοίο, και
3. στις περιπτώσεις που το πλοίο εκτελεί πλόες σύμφωνα με τους όρους ναυλοσύμφωνου, ποια είναι τα συμβαλλόμενα μέρη στο ναυλοσύμφωνο.

Κανόνας 6

Σύστημα προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου

1. Όλα τα πλοία είναι εξοπλισμένα με σύστημα προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου, ως εξής:
   1. τα πλοία τα οποία κατασκευάσθηκαν την ή μετά την 1η Ιουλίου 2004,
   2. τα επιβατηγά πλοία, συμπεριλαμβανομένων και των επιβατηγών ταχυπλόων σκαφών, τα οποία κατασκευάσθηκαν πριν από την 1η Ιουλίου 2004, το αργότερο κατά την πρώτη επιθεώρηση της ραδιοεγκατάστασης μετά την 1η Ιουλίου 2004,
   3. τα πετρελαιοφόρα δεξαμενόπλοια, τα χημικά δεξαμενόπλοια, τα υγραεριοφόρα, τα πλοία μεταφοράς χύμα φορτίου και τα ταχύπλοα σκάφη μεταφοράς φορτίου 500 κόρων ολικής χωρητικότητας και άνω, τα οποία κατασκευάσθηκαν πριν από την 1η Ιουλίου 2004, το αργότερο κατά την πρώτη επιθεώρηση της ραδιοεγκατάστασης μετά την 1η Ιουλίου 2004, και
   4. άλλα φορτηγά πλοία μεταφοράς φορτίου 500 κόρων ολικής χωρητικότητας και άνω, καθώς και οι κινητές μονάδες γεώτρησης ανοιχτής θαλάσσης που κατασκευάστηκαν πριν από την 1η Ιουλίου 2004, το αργότερο κατά την πρώτη επιθεώρηση της ραδιοεγκατάστασης μετά την 1η Ιουλίου 2006.

2. Το σύστημα προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου, όταν είναι ενεργοποιημένο:
   1. ξεκινά και μεταδίδει προειδοποίηση ασφάλειας από το πλοίο στην ακτή προς μια αρμόδια αρχή την οποία έχει ορίσει η Αρχή (η οποία αρμόδια αρχή μπορεί να έχει οριστεί η ίδια η εταιρεία του πλοίου), προσδιορίζοντας το πλοίο, τη θέση του και υποδεικνύοντας ότι απειλείται ή διακυβεύεται η ασφάλεια του πλοίου,
   2. δεν στέλνει την προειδοποίηση ασφάλειας του πλοίου σε άλλα πλοία,
   3. δεν ενεργοποιεί κανένα συναγερμό επί του πλοίου, και
   4. συνεχίζει την προειδοποίηση ασφάλειας του πλοίου έως ότου απενεργοποιηθεί ή/και ρυθμιστεί εκ νέου.

3. Το σύστημα προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου:
   1. μπορεί να ενεργοποιηθεί από τη γέφυρα ναυσιπλοΐας και από ένα τουλάχιστον άλλο σημείο, και
   2. πληρεί πρότυπα επίδοσης τα οποία δεν είναι κατώτερα από τα πρότυπα που έχει εγκρίνει ο Οργανισμός (ΙΜΟ).

4. Τα σημεία ενεργοποίησης του συστήματος προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου καθορίζονται έτσι ώστε να προλαμβάνεται η ακούσια εκκίνηση της προειδοποίησης ασφάλειας του πλοίου.

5. Η συμμόρφωση με την απαίτηση για ένα σύστημα προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου μπορεί να επιτυγχάνεται με τη χρήση της ραδιοεγκατάστασης με την οποία είναι εξοπλισμένο το πλοίο για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του κεφαλαίου IV, υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται όλες οι απαιτήσεις του παρόντος κανονισμού.

6. Όταν μια Αρχή λάβει ειδοποίηση από σύστημα προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου, ενημερώνει αμέσως το κράτος κοντά στο οποίο πλέει το πλοίο εκείνη τη στιγμή.

7. Όταν ένα συμβαλλόμενο κράτος λάβει ειδοποίηση από σύστημα προειδοποίησης ασφάλειας πλοίου το οποίο δεν φέρει τη σημαία του, ενημερώνει αμέσως τη αρμόδια Αρχή και, εάν κρίνεται σκόπιμο, το κράτος κοντά στο οποίο πλέει το πλοίο εκείνη τη στιγμή.

Κανόνας 7

Απειλές για τα πλοία

1. Τα συμβαλλόμενα κράτη ορίζουν επίπεδα ασφάλειας και διασφαλίζουν την παροχή πληροφοριών σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας στα πλοία που εκτελούν πλόες στα χωρικά τους ύδατα ή τα οποία έχουν γνωστοποιήσει την πρόθεσή τους να εισέλθουν στα χωρικά τους ύδατα.

2. Τα συμβαλλόμενα κράτη παρέχουν ένα σημείο επαφής μέσω του οποίου τα πλοία αυτά μπορούν να ζητούν συμβουλές ή βοήθεια και στο οποίο μπορούν να αναφέρουν οποιοδήποτε πρόβλημα ασφάλειας σχετικά με άλλα πλοία, κινήσεις ή ανακοινώσεις.

3. Σε περίπτωση που γίνεται αντιληπτός κίνδυνος επίθεσης, το ενδιαφερόμενο συμβαλλόμενο κράτος ενημερώνει τα ενδιαφερόμενα πλοία και τις Αρχές τους σχετικά με:
   1. το υφιστάμενο επίπεδο ασφάλειας,
   2. τα μέτρα ασφάλειας τα οποία πρέπει να θέτουν σε εφαρμογή τα ενδιαφερόμενα πλοία για να προστατευθούν από ενδεχόμενη επίθεση, σύμφωνα με τις διατάξεις του μέρους Α του κώδικα ISPS, και
   3. τα μέτρα ασφάλειας τα οποία έχει αποφασίσει να θέτει σε εφαρμογή το παράκτιο κράτος, κατά περίπτωση.

Κανόνας 8

Κρίση πλοιάρχου περί ασφάλειας του πλοίου

1. Ο πλοίαρχος δεν περιορίζεται από την εταιρεία, τον ναυλωτή ή οποιοδήποτε άλλο πρόσωπο στη λήψη ή την εκτέλεση οποιασδήποτε απόφασης που, κατά την επαγγελματική του κρίση, είναι απαραίτητη για τη συνεχή ασφάλεια του πλοίου. Η εξουσία αυτή περιλαμβάνει άρνηση της πρόσβασης προσώπων (εκτός εκείνων που είναι αρμόδια εξουσιοδοτημένα από συμβαλλόμενο κράτος) ή των προσωπικών ειδών τους και άρνηση φόρτωσης φορτίου, συμπεριλαμβανομένων δοχείων ή άλλων κλειστών μονάδων μεταφοράς φορτίου.

2. Εάν, κατά την επαγγελματική κρίση του πλοιάρχου, κατά τις δραστηριότητες του πλοίου προκύψει σύγκρουση μεταξύ οποιωνδήποτε απαιτήσεων ασφάλειας εφαρμοστέων στο πλοίο, ο πλοίαρχος θέτει σε εφαρμογή τις απαιτήσεις που είναι αναγκαίες για τη διατήρηση της ασφάλειας του πλοίου. Στις περιπτώσεις αυτές, ο πλοίαρχος μπορεί να θέτει σε εφαρμογή προσωρινά μέτρα ασφάλειας και

ενημερώνει αμέσως την Αρχή και, κατά περίπτωση, το συμβαλλόμενο κράτος του λιμένα στον οποίο δραστηριοποιείται ή σκοπεύει να εισέλθει το πλοίο. Αυτά τα προσωρινά μέτρα ασφάλειας σύμφωνα με τον παρόντα κανονισμό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ανάλογα με το ισχύον επίπεδο ασφάλειας. Στις περιπτώσεις αυτές, η Αρχή διασφαλίζει την επίλυση των συγκρούσεων και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας επανάληψης.

Κανόνας 9

Μέτρα ελέγχου και συμμόρφωσης

1. Έλεγχος πλοίων σε λιμένα.
   1. Για τους σκοπούς του παρόντος κεφαλαίου, κάθε πλοίο στο οποίο εφαρμόζεται το παρόν κεφάλαιο όταν βρίσκεται σε λιμένα άλλου συμβαλλομένου κράτους υπόκειται σε έλεγχο από αρμόδια εξουσιοδοτημένα από το κράτος αυτό όργανα, τα οποία ενδέχεται να είναι τα ίδια με εκείνα που διενεργούν τις δραστηριότητες του κανόνα I/19. Ο έλεγχος αυτός περιορίζεται στη διαπίστωση της ύπαρξης επί του πλοίου έγκυρου Διεθνούς Πιστοποιητικού Ασφάλειας Πλοίου (International Ship Security Certificate, ISSC) ή έγκυρου Προσωρινού Πιστοποιητικού Ασφάλειας Πλοίου (Interim International Ships Security Certificate) που έχει εκδοθεί σύμφωνα με τις διατάξεις του μέρους Α του κώδικα ISPS ("Πιστοποιητικό") και το οποίο θα γίνεται δεκτό εφόσον είναι έγκυρο, εκτός εάν υπάρχουν βάσιμοι λόγοι (clear grounds) που πείθουν ότι το πλοίο δεν συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του παρόντος κεφαλαίου ή του μέρους Α του Κώδικα ISPS.
   2. Όταν υπάρχουν τέτοιοι βάσιμοι λόγοι (clear grounds) ή όταν δεν επιδεικνύεται το έγκυρο πιστοποιητικό όταν ζητείται, τα αρμόδια εξουσιοδοτημένα από το συμβαλλόμενο κράτος όργανα θα επιβάλλουν ένα οποιοδήποτε ή περισσότερα μέτρα ελέγχου σε σχέση με το συγκεκριμένο πλοίο, όπως ορίζεται στην παράγραφο 1.3. Κάθε επιβαλλόμενο μέτρο αυτού του είδους θα πρέπει να είναι ανάλογο, λαμβανομένης υπόψη της καθοδήγησης που παρέχεται στο μέρος Β του κώδικα ISPS.
   3. Μέτρα ελέγχου αυτού του είδους είναι τα εξής: επιθεώρηση του πλοίου, καθυστέρηση του πλοίου, κράτηση του πλοίου, περιορισμός των δραστηριοτήτων του, περιλαμβανομένης της κίνησης εντός του λιμένα ή εκδίωξη του πλοίου από τον λιμένα. Τα εν λόγω μέτρα ελέγχου μπορούν, επιπρόσθετα ή εναλλακτικά, να περιλαμβάνουν και άλλα μικρότερης έκτασης διοικητικά ή διορθωτικά μέτρα.

2. Πλοία τα οποία σκοπεύουν να εισέλθουν σε λιμένα άλλου συμβαλλομένου κράτους.
   1. Για τους σκοπούς του παρόντος κεφαλαίου, ένα συμβαλλόμενο κράτος μπορεί να απαιτεί από τα πλοία τα οποία σκοπεύουν να εισέλθουν στα λιμάνια του να παρέχουν τις ακόλουθες πληροφορίες σε αρμόδια εξουσιοδοτημένα από το κράτος αυτό όργανα. Έτσι για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με το παρόν κεφάλαιο πριν από την είσοδο σε λιμένα με στόχο την αποφυγή της ανάγκης επιβολής μέτρων ή ανάληψης δράσεων ελέγχου:
      1. βεβαίωση ότι το πλοίο διαθέτει έγκυρο πιστοποιητικό και το όνομα της αρχής έκδοσης,
      2. το επίπεδο ασφάλειας στο οποίο δραστηριοποιείται το πλοίο,

3. το επίπεδο ασφάλειας στο οποίο δραστηριοποιούταν το πλοίο σε οποιονδήποτε προηγούμενο λιμένα στον οποίο πραγματοποίησε διασύνδεση πλοίου/λιμένα εντός του χρονικού πλαισίου που ορίζεται στην παράγραφο 2.3,
4. κάθε ειδικό ή πρόσθετο μέτρο ασφάλειας που λήφθηκε από το πλοίο σε οποιονδήποτε προηγούμενο λιμένα στον οποίο πραγματοποίησε διασύνδεση πλοίου/λιμένα εντός του χρονικού πλαισίου που ορίζεται στην παράγραφο 2.3,
5. βεβαίωση ότι οι κατάλληλες διαδικασίες ασφάλειας πλοίου τηρήθηκαν κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε δραστηριότητας μεταφόρτωσης από πλοίο σε πλοίο εντός του χρονικού πλαισίου που ορίζεται στην παράγραφο 2.3, ή
6. άλλες πρακτικές πληροφορίες σε σχέση με την ασφάλεια (αλλά όχι λεπτομέρειες σχετικά με το σχέδιο ασφάλειας του πλοίου), λαμβανομένης υπόψη της καθοδήγησης που παρέχεται στο μέρος Β του κώδικα ISPS.

Εάν ζητηθούν από το συμβαλλόμενο κράτος, το πλοίο ή η εταιρεία πρέπει να επιβεβαιώνουν τις ανωτέρω απαιτούμενες πληροφορίες κατά τρόπο αποδεκτό από το συμβαλλόμενο κράτος.

2. Κάθε πλοίο στο οποίο εφαρμόζεται το παρόν κεφάλαιο, το οποίο σκοπεύει να εισέλθει σε λιμένα άλλου συμβαλλομένου κράτους, παρέχει τις πληροφορίες που αναφέρονται στην παράγραφο 2.1 όταν του ζητηθούν από αρμόδια εξουσιοδοτημένα από το κράτος αυτό όργανα. Ο πλοίαρχος μπορεί να αρνηθεί να παράσχει τις πληροφορίες αυτές, εν γνώσει ότι η άρνηση αυτή ενδέχεται να έχει ως αποτέλεσμα άρνηση της εισόδου στον λιμένα.
3. Το πλοίο τηρεί αρχεία των πληροφοριών που αναφέρονται στην παράγραφο 2.1 για τις τελευταίες 10 στάσεις σε λιμενικές εγκαταστάσεις.
4. Εάν, μετά τη λήψη των πληροφοριών που αναφέρονται στην παράγραφο 2.1, τα αρμόδια εξουσιοδοτημένα από το συμβαλλόμενο κράτος του λιμένα στον οποίο σκοπεύει να εισέλθει το πλοίο όργανα, έχουν βάσιμους λόγους να πιστεύουν ότι το πλοίο δεν συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του παρόντος κεφαλαίου ή του μέρους Α του κώδικα ISPS, τα όργανα αυτά επιχειρούν να δημιουργήσουν δίαυλο επικοινωνίας με την Αρχή και μεταξύ του πλοίου και της Αρχής, προκειμένου να αποκατασταθεί η μη συμμόρφωση. Εάν η επικοινωνία αυτή δεν καταλήξει σε αποκατάσταση ή υπάρχουν βάσιμοι λόγοι που πείθουν ότι για κάποιον άλλο λόγο το πλοίο δεν συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του παρόντος κεφαλαίου ή του μέρους Α του κώδικα ISPS, τα όργανα δύνανται να προβούν σε ενέργειες σχετικά με το πλοίο, όπως ορίζεται στην παράγραφο 2.5. Κάθε τέτοια ενέργεια πρέπει να είναι αναλογική, λαμβανομένης υπόψη της καθοδήγησης που παρέχεται στο μέρος Β του κώδικα ISPS.
5. Οι ενέργειες αυτές είναι οι εξής:
   1. απαίτηση για αποκατάσταση της μη συμμόρφωσης,
   2. απαίτηση να προχωρήσει το πλοίο σε συγκεκριμένη θέση των χωρικών ή των εσωτερικών υδάτων του συμβαλλομένου κράτους,
   3. επιθεώρηση του πλοίου, εάν το πλοίο βρίσκεται στα χωρικά ύδατα του συμβαλλομένου κράτους του λιμένα στον οποίο σκοπεύει να εισέλθει το πλοίο, ή
   4. άρνηση εισόδου στον λιμένα.

Πριν να προβεί στις ενέργειες αυτές, το συμβαλλόμενο κράτος ενημερώνει το πλοίο σχετικά με τις προθέσεις του. Μετά την ενημέρωση αυτή, ο πλοίαρχος μπορεί να αποσύρει την πρόθεση εισόδου στον λιμένα αυτόν. Στις περιπτώσεις αυτές, δεν ισχύει ο παρών κανονισμός.

3. Πρόσθετες διατάξεις
    1. Σε περίπτωση:
        1. επιβολής οποιουδήποτε μέτρου ελέγχου, εκτός αν πρόκειται για μικρότερης έκτασης διοικητικά ή διορθωτικά μέτρα, το οποίο αναφέρεται στην παράγραφο 1.3, ή
        2. οποιασδήποτε από τις ενέργειες της παραγράφου 2.5, αρμόδια εξουσιοδοτημένο από το συμβαλλόμενο κράτος όργανο ενημερώνει αμέσως εγγράφως την Αρχή προσδιορίζοντας τα μέτρα ελέγχου που έχουν επιβληθεί ή τις ενέργειες στις οποίες έχει προβεί και τους λόγους για τους οποίους κατέστησαν αναγκαία. Το συμβαλλόμενο κράτος το οποίο επιβάλλει τα μέτρα ελέγχου ή προβαίνει στις ενέργειες ενημερώνει επίσης τον αναγνωρισμένο οργανισμό ασφάλειας ο οποίος εξέδωσε το πιστοποιητικό που σχετίζεται με το ενδιαφερόμενο πλοίο και τον Οργανισμό σε περίπτωση επιβολής οποιουδήποτε μέτρου ελέγχου ή ενέργειας αυτού του είδους.
    2. Σε περίπτωση άρνησης της εισόδου σε λιμένα ή εκδίωξης του πλοίου από λιμένα, οι αρχές του κράτους λιμένα κοινοποιούν τα πραγματικά γεγονότα στις αρχές του κράτους των επόμενων λιμένων στάσης, όταν είναι γνωστοί, ή σε οποιαδήποτε ενδιαφερόμενα παράκτια κράτη, λαμβανομένων υπόψη των κατευθύνσεων που θα καταρτίσει ο Οργανισμός. Διασφαλίζεται η εχεμύθεια και η ασφάλεια της κοινοποίησης αυτής.
    3. Άρνηση της εισόδου σε λιμένα, σύμφωνα με τις παραγράφους 2.4 και 2.5, ή εκδίωξη από λιμένα, σύμφωνα με τις παραγράφους 1.1 έως 1.3, επιβάλλεται μόνο στις περιπτώσεις που τα αρμόδια εξουσιοδοτημένα από το συμβαλλόμενο κράτος όργανα έχουν βάσιμους λόγους να πιστεύουν ότι το πλοίο αποτελεί άμεση απειλή για την ασφάλεια προσώπων, πλοίων ή άλλων περιουσιακών στοιχείων και δεν υπάρχουν άλλα ενδεδειγμένα μέσα για την άρση της απειλής αυτής.
    4. Τα μέτρα ελέγχου που αναφέρονται στην παράγραφο 1.3 και οι ενέργειες που αναφέρονται στην παράγραφο 2.5, σύμφωνα με τον παρόντα κανονισμό, επιβάλλονται μόνον έως ότου αποκατασταθεί, κατά τρόπο ικανοποιητικό για το συμβαλλόμενο κράτος, η μη συμμόρφωση η οποία καθιστά αναγκαία τα μέτρα ελέγχου ή τις ενέργειες, λαμβανομένων υπόψη των δράσεων που ενδεχομένως προτείνονται από την Αρχή.
    5. Όταν τα συμβαλλόμενα κράτη διενεργούν έλεγχο σύμφωνα με την παράγραφο 1 ή αναλαμβάνουν δράση σύμφωνα με την παράγραφο 2:
        1. καταβάλλεται κάθε δυνατή προσπάθεια για την αποφυγή αδικαιολόγητης κράτησης ή καθυστέρησης του πλοίου. Ως εκ τούτου, εάν ένα πλοίο τελέσει υπό κράτηση ή καθυστερήσει αδικαιολόγητα, δικαιούται αποζημίωση για οποιαδήποτε απώλεια ή ζημία επέλθει, και
        2. δεν εμποδίζεται η αναγκαία πρόσβαση στο πλοίο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή για ανθρωπιστικούς λόγους και για λόγους ασφάλειας.

Κανόνας 10

Απαιτήσεις για τις λιμενικές εγκαταστάσεις

1. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις συμμορφώνονται με τις σχετικές απαιτήσεις του παρόντος κεφαλαίου και του μέρους Α του κώδικα ISPS, λαμβανομένης υπόψη της καθοδήγησης που παρέχεται στο μέρος Β του κώδικα ISPS.

2. Τα συμβαλλόμενα κράτη, στην επικράτεια των οποίων υπάρχουν λιμενικές εγκαταστάσεις στις οποίες εφαρμόζεται ο παρών κανονισμός, διασφαλίζουν ότι:
   1. διενεργούνται, αναθεωρούνται και εγκρίνονται εκτιμήσεις της ασφάλειας των λιμενικών εγκαταστάσεων σύμφωνα με τις διατάξεις του μέρους Α του κώδικα ISPS, και
   2. εκπονούνται, αναθεωρούνται, εγκρίνονται και τίθενται σε εφαρμογή σχέδια ασφάλειας λιμενικών εγκαταστάσεων σύμφωνα με τις διατάξεις του μέρους Α του κώδικα ISPS.

3. Τα συμβαλλόμενα κράτη καθορίζουν και κοινοποιούν τα μέτρα που πρέπει να περιλαμβάνει ένα σχέδιο ασφάλειας λιμενικής εγκατάστασης για τα διάφορα επίπεδα ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένης της περίπτωσης αναγκαίας υποβολής Δήλωσης Ασφάλειας (Declaration of Security).

Κανόνας 11

Εναλλακτικές συμφωνίες ασφάλειας

1. Τα συμβαλλόμενα κράτη δύνανται, κατά την εφαρμογή του παρόντος κεφαλαίου και του μέρους Α του κώδικα ISPS, να συνάπτουν εγγράφως διμερείς ή πολυμερείς συμφωνίες με άλλα συμβαλλόμενα κράτη, σχετικά με εναλλακτικές ρυθμίσεις ασφάλειας οι οποίες καλύπτουν βραχείς διεθνείς πλόες σε καθορισμένες διαδρομές μεταξύ λιμενικών εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην επικράτειά τους.

2. Καμία συμφωνία αυτού του είδους δεν θέτει σε κίνδυνο το επίπεδο ασφάλειας άλλων πλοίων ή λιμενικών εγκαταστάσεων που δεν καλύπτονται από τη συμφωνία.

3. Κανένα πλοίο που καλύπτεται από συμφωνία αυτού του είδους δεν συμμετέχει σε δραστηριότητες μεταφόρτωσης από πλοίο σε πλοίο με πλοίο που δεν καλύπτεται από τη συμφωνία.

4. Οι συμφωνίες αυτές αναθεωρούνται περιοδικά, λαμβανομένων υπόψη της αποκτηθείσας εμπειρίας και οποιωνδήποτε αλλαγών στις ιδιαίτερες συνθήκες ή των εκτιμώμενων απειλών για την ασφάλεια των πλοίων, των λιμενικών εγκαταστάσεων ή των διαδρομών που καλύπτονται από τη συμφωνία.

Κανόνας 12

Ισοδύναμες ρυθμίσεις ασφάλειας

1. Μια Αρχή δύναται να επιτρέπει σε συγκεκριμένο πλοίο ή ομάδα πλοίων που έχει το δικαίωμα να φέρουν τη σημαία της να εφαρμόζει άλλα μέτρα ασφάλειας, ισοδύναμα με εκείνα που ορίζονται στο παρόν κεφάλαιο ή στο μέρος Α του κώδικα ISPS, υπό την προϋπόθεση ότι τα εν λόγω μέτρα ασφάλειας είναι τουλάχιστον το ίδιο αποτελεσματικά με τα μέτρα που ορίζονται στο παρόν κεφάλαιο ή στο μέρος Α του κώδικα ISPS. Η Αρχή η οποία επιτρέπει αυτά τα μέτρα ασφάλειας κοινοποιεί στον Οργανισμό τις σχετικές λεπτομέρειες.

2. Κατά την εφαρμογή του παρόντος κεφαλαίου και του μέρους Α του κώδικα ISPS, ένα συμβαλλόμενο κράτος δύναται να επιτρέπει σε συγκεκριμένη λιμενική εγκατάσταση ή ομάδα λιμενικών εγκαταστάσεων εντός της επικράτειάς του, εκτός εκείνων που καλύπτονται από συμφωνία, η οποία έχει συναφθεί σύμφωνα με τον κανόνα 11, να εφαρμόζει άλλα μέτρα ασφάλειας ισοδύναμα με εκείνα που ορίζονται στο παρόν κεφάλαιο ή στο μέρος Α του κώδικα ISPS, υπό την προϋπόθεση ότι τα εν λόγω μέτρα ασφάλειας είναι τουλάχιστον το ίδιο αποτελεσματικά με τα μέτρα που ορίζονται στο παρόν κεφάλαιο ή στο μέρος Α του κώδικα ISPS. Το συμβαλλόμενο κράτος, το οποίο επιτρέπει αυτά τα μέτρα ασφάλειας, κοινοποιεί στον Οργανισμό τις σχετικές λεπτομέρειες.

Κανόνας 13

Γνωστοποίηση των πληροφοριών

1. Τα συμβαλλόμενα κράτη, το αργότερο έως την 1η Ιουλίου 2004, γνωστοποιούν στον Οργανισμό και καθιστούν διαθέσιμα για την πληροφόρηση εταιρειών και πλοίων, τα εξής:
   1. τα ονόματα και τα στοιχεία επικοινωνίας της εθνικής αρχής που είναι αρμόδια για την ασφάλεια των πλοίων και των λιμενικών εγκαταστάσεων,
   2. τις θέσεις εντός της επικράτειάς τους οι οποίες καλύπτονται από εγκεκριμένα σχέδια ασφάλειας λιμενικών εγκαταστάσεων,
   3. τα ονόματα και τα στοιχεία επικοινωνίας εκείνων που έχουν διορισθεί για να βρίσκονται σε διαρκή διαθεσιμότητα προκειμένου να λαμβάνουν και να ενεργούν σύμφωνα με τις προειδοποιήσεις ασφάλειας από πλοίο στην ακτή που αναφέρονται στον κανόνα 6.2.1,
   4. τα ονόματα και τα στοιχεία επικοινωνίας εκείνων που έχουν διορισθεί για να βρίσκονται σε διαρκή διαθεσιμότητα προκειμένου να λαμβάνουν και να ενεργούν σύμφωνα με οποιαδήποτε ανακοίνωση από συμβαλλόμενο κράτος το οποίο εφαρμόζει τα μέτρα ελέγχου και συμμόρφωσης που αναφέρονται στον κανόνα 9.3.1, και
   5. τα ονόματα και τα στοιχεία επικοινωνίας εκείνων που έχουν διορισθεί για να βρίσκονται σε διαρκή διαθεσιμότητα προκειμένου να παρέχουν συμβουλές ή βοήθεια σε πλοία και στους οποίους τα πλοία μπορούν να αναφέρουν οποιαδήποτε προβλήματα ασφάλειας αναφέρονται στον κανόνα 7.2 και, εν συνεχεία, ενημερώνουν τις πληροφορίες αυτές κάθε φορά που υπάρχουν σχετικές αλλαγές. Ο Οργανισμός δημοσιοποιεί τα στοιχεία αυτά σε άλλα συμβαλλόμενα κράτη προς ενημέρωση των αρμοδίων οργάνων τους.

2. Τα συμβαλλόμενα κράτη, το αργότερο έως την 1η Ιουλίου 2004, γνωστοποιούν στον Οργανισμό τα ονόματα και τα στοιχεία επικοινωνίας οποιουδήποτε αναγνωρισμένου οργανισμού ασφάλειας ο οποίος είναι εξουσιοδοτημένος να ενεργεί για λογαριασμό τους, μαζί με λεπτομέρειες σχετικά με τις ειδικές ευθύνες και τις συνθήκες της αρμοδιότητας με την οποία έχουν επιφορτιστεί οι οργανισμοί αυτοί. Οι πληροφορίες αυτές ενημερώνονται κάθε φορά που υπάρχουν σχετικές αλλαγές. Ο Οργανισμός δημοσιοποιεί τα στοιχεία αυτά σε άλλα συμβαλλόμενα κράτη προς ενημέρωση των αρμοδίων οργάνων τους.

3. Τα συμβαλλόμενα κράτη, το αργότερο έως την 1η Ιουλίου 2004, γνωστοποιούν στον Οργανισμό κατάλογο στον οποίο αναφέρονται τα εγκεκριμένα σχέδια ασφάλειας λιμενικών εγκαταστάσεων για τις λιμενικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται εντός της επικράτειάς τους μαζί με τη θέση ή τις θέσεις που καλύπτονται από κάθε εγκεκριμένο σχέδιο ασφάλειας λιμενικής εγκατάστασης και την αντίστοιχη ημερομηνία έγκρισης και, εν συνεχεία, γνωστοποιούν, κάθε φορά που λαμβάνει χώρα μία από τις κατωτέρω αλλαγές, τα εξής:
   1. ότι πρόκειται να γίνουν αλλαγές ή ότι έχουν γίνει αλλαγές στη θέση ή στις θέσεις που καλύπτονται από εγκεκριμένο σχέδιο ασφάλειας λιμενικής εγκατάστασης. Στις περιπτώσεις αυτές, στις πληροφορίες που γνωστοποιούνται, προσδιορίζονται οι αλλαγές στη θέση ή στις θέσεις που καλύπτονται από το σχέδιο και η ημερομηνία πραγματοποίησης ή εφαρμογής των αλλαγών,
   2. ότι πρόκειται να ανακληθεί ή έχει ανακληθεί εγκεκριμένο σχέδιο ασφάλειας λιμενικής εγκατάστασης το οποίο περιλαμβανόταν στον κατάλογο που υποβλήθηκε στον Οργανισμό. Στις περιπτώσεις αυτές, στις πληροφορίες που γνωστοποιούνται θα προσδιορίζεται η ημερομηνία ανάκλησης. Στις περιπτώσεις αυτές, η γνωστοποίηση προς τον Οργανισμό πραγματοποιείται το συντομότερο δυνατόν, και
   3. ότι πρόκειται να γίνουν προσθήκες στον κατάλογο των εγκεκριμένων σχεδίων ασφάλειας λιμενικών εγκαταστάσεων. Στις περιπτώσεις αυτές, στις πληροφορίες που γνωστοποιούνται, προσδιορίζονται η θέση ή οι θέσεις που καλύπτονται από το σχέδιο και η ημερομηνία έγκρισης.

4. Τα συμβαλλόμενα κράτη, ανά πενταετία μετά την 1η Ιουλίου 2004, γνωστοποιούν στον Οργανισμό, αναθεωρημένο και ενημερωμένο κατάλογο στον οποίο αναφέρονται τα εγκεκριμένα σχέδια ασφάλειας λιμενικών εγκαταστάσεων για τις λιμενικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται εντός της επικράτειάς τους μαζί με τη θέση ή τις θέσεις που καλύπτονται από κάθε εγκεκριμένο σχέδιο ασφάλειας λιμενικής εγκατάστασης και την αντίστοιχη ημερομηνία έγκρισης (καθώς και την ημερομηνία έγκρισης τυχόν τροποποιήσεων), ο οποίος αντικαθιστά όλες τις πληροφορίες που γνωστοποιήθηκαν στον Οργανισμό, σύμφωνα με την παράγραφο 3, κατά τη διάρκεια των πέντε προηγουμένων ετών.

5. Τα συμβαλλόμενα κράτη γνωστοποιούν στον Οργανισμό ότι έχει συναφθεί συμφωνία σύμφωνα με τον κανόνα 11. Οι πληροφορίες που γνωστοποιούνται, περιλαμβάνουν:
   1. τα ονόματα των συμβαλλομένων κρατών τα οποία σύναψαν τη συμφωνία,
   2. τις λιμενικές εγκαταστάσεις και τις καθορισμένες διαδρομές που καλύπτονται από τη συμφωνία,

3. την περιοδικότητα αναθεώρησης της συμφωνίας,
4. την ημερομηνία έναρξης ισχύος της συμφωνίας, και
5. πληροφορίες σχετικά με τις διαβουλεύσεις οι οποίες έλαβαν χώρα με άλλα συμβαλλόμενα κράτη και, εν συνεχεία, γνωστοποιούν στον Οργανισμό, το συντομότερο δυνατόν, πληροφορίες κατά την τροποποίηση ή καταγγελία της συμφωνίας.

6. Κάθε συμβαλλόμενο κράτος το οποίο επιτρέπει, σύμφωνα με τις διατάξεις του κανόνα 12, οποιεσδήποτε ισοδύναμες ρυθμίσεις ασφάλειας σε σχέση με πλοίο το οποίο έχει δικαίωμα να φέρει τη σημαία του ή σε σχέση με λιμενική εγκατάσταση η οποία βρίσκεται εντός της επικράτειάς του, γνωστοποιεί στον Οργανισμό τις σχετικές λεπτομέρειες.

7. Ο Οργανισμός παρέχει τις πληροφορίες που του γνωστοποιούνται σύμφωνα με την παράγραφο 3 στα άλλα συμβαλλόμενα κράτη κατόπιν αιτήσεως.»

2.4 ΤΟ ΕΓΓΡΑΦΟ MSC.159(78)

2.4.1 Αναδρομή

Το συμβούλιο των εν συμφωνία κυβερνήσεων (Conference of Contracting Governments) κατά το διεθνές συνέδριο για την ασφάλεια στην θάλασσα (SOLAS, 1974), στο Λονδίνο στις 9-12 Δεκεμβρίου 2002, υιοθέτησε τροποποιήσεις με ένα νέο και λεπτομερές κεφάλαιο (XI-2) το οποίο περιελάμβανε επιπλέον μέτρα για την αύξηση της θαλάσσιας ασφάλειας, καθώς και τον νέο Διεθνή Κώδικα για την ασφάλεια των πλοίων και των λιμανιών (ISPS Code).

Η επιτροπή για την ασφάλεια στη θάλασσα (Maritime Safety Committee), κατά την εβδομηκοστή-όγδοη συνεδρία της (12-21 Μαΐου 2004) αναγνωρίζει και αποφασίζει πως υπάρχει ανάγκη για επιπλέον πληροφορίες, ώστε να βοηθήσει τις συμβαλλόμενες (Contracting Governments) και τις βιομηχανίες για την υλοποίηση αλλά και τη συμμόρφωση με το νέο κεφάλαιο XI-2 του SOLAS και τον κώδικα ISPS. Για το λόγο αυτό η επιτροπή κατευθύνει την ερευνητική ομάδα της να εξετάσει και προετοιμάσει έναν επιπρόσθετο οδηγό με πιο λεπτομερή μέτρα για την επίτευξη της ασφάλειας στην ναυσιπλοΐα .

Κατά την συνεδρία αυτή επίσης συντάσσεται η σημαντική οδηγία MSC.159(78) σαν μια ενδιάμεση καθοδήγηση στην διαχείριση και εφαρμογή των μέτρων ασφαλείας, και εστιάζει στην αποτίμηση κινδύνου.

Όλες οι κυβερνήσεις μέλη και οι διεθνείς οργανισμοί καλούνται να φέρουν αυτή την εγκύκλιο στην προσοχή των αρμόδιων αρχών που εμπλέκονται και είναι γενικά υπεύθυνες για την υλοποίηση των μέτρων ασφαλείας στην ναυσιπλοΐα.

2.4.2 Εισαγωγή στο έγγραφο MSC.159(78)

Σκοπός του εγγράφου αυτού είναι να αποτελέσει μια βασική καθοδήγηση στη διεξαγωγή του ελέγχου και στη συμμόρφωση με τα μέτρα ασφαλείας, έχοντας σαν βάση τις διατάξεις του κανονισμού XI-2/9 του SOLAS και του κώδικα ISPS, στοχεύοντας στην συνέπεια. Είναι, επίσης, επιδίωξη του εγγράφου αυτού να βοηθήσει στον εντοπισμό και την διόρθωση των διακριτών ατελειών στο σχέδιο ασφαλείας (security plan) του πλοίου, στον εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης, στην επικοινωνία με το λιμένα (είτε βρίσκεται μέσα σε αυτόν είτε σκοπεύει να εισέλθει μέσα σε αυτόν), και στο ίδιο το προσωπικό του πλοίου.

Εννοείται ότι το καθοδηγητικό έγγραφο (MSC.78) δεν αποτρέπει τις συνεργαζόμενες με τον SOLAS κυβερνήσεις από το να παίρνουν επιπρόσθετα μέτρα προστασίας, τα οποία έχουν σαν βάση τους διεθνής νόμους, ώστε να διασφαλίσουν

πρόσωπα, πλοία, λιμενικές εγκαταστάσεις, και οτιδήποτε άλλο. Αυτό ισχύει στην περίπτωση που το πλοίο παρότι πληρεί τις απαιτήσεις του κεφαλαίου XI-2 του SOLAS και το Α μέρος του κώδικα ISPS φαίνεται να διατρέχει ένα μη αποδεκτό ρίσκο.

Ειδικότερα, το καθοδηγητικό έγγραφο απαιτεί την εφαρμογή του SOLAS και του ISPS Code σεβόμενο τα πλοία που ήδη συμμορφώνονται με τους παραπάνω κανονισμούς. Στην αντίθετη περίπτωση, που κάποιο πλοίο δεν φέρει σημαία των συμβαλλόμενων με τον SOLAS κυβερνήσεων (Contracting Governments) και δεν ανήκει στις χώρες που εφαρμόζουν το πρωτόκολλο 1988 του SOLAS, τότε οι συμβαλλόμενες κυβερνήσεις δεν του φέρονται με καμία επιείκεια και απαιτούν από αυτό να εφαρμόσει τους παραπάνω κανονισμούς. Παρακάτω θα αναφέρουμε τα σημαντικότερα σημεία του εγγράφου τα οποία συνοπτικά περιέχουν τον κώδικα ISPS.

2.4.3 Προσδιορισμός του MSC.78

Το καθοδηγητικό εγχειρίδιο (MSC.78) περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέτρα ελέγχου και περιπτώσεις συμμόρφωσης **:**

- Εκπαίδευση και προσόντα των πλήρως εξουσιοδοτημένων ελεγκτών (duly authorized officers)
- Πλοία που σκοπεύουν να εισέλθουν σε λιμάνι που ανήκει σε διαφορετική χώρα των συμβαλλομένων κρατών (Contracting Governments)
- Έλεγχος πλοίου στο λιμάνι
- Λεπτομερής επιθεώρηση όπου υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για ατέλειες του πλοίου (clear grounds)
- Προστασία (safeguards) και
- Αναφορά (reporting)

Θα επικεντρωθούμε συνοπτικά σε καθένα ξεχωριστά από τα μέτρα αυτά που περιέχει το εγχειρίδιο MSC.78.

2.4.3.1 Πλήρως Εξουσιοδοτημένοι Ελεγκτές

- Ένας πλήρως εξουσιοδοτημένος ελεγκτής είναι ορισμένος από μια εκ των συμβαλλομένων κυβερνήσεων να ασκεί έλεγχο και να επιδιώκει τη συμμόρφωση με τις διατάξεις του κανονισμού XI-2/9
- Είναι σαφές ότι το επαγγελματικό υπόβαθρο των εξουσιοδοτημένων ελεγκτών θα ποικίλει. Παρόλα αυτά όμως θα πρέπει να γνωρίζουν επαρκώς τα άρθρα των κανονισμών XI-2 και του κώδικα ISPS που αφορούν τις επιχειρήσεις πάνω στο πλοίο, ενώ η επιπλέον εξειδίκευση και εκπαίδευση τους ανάλογα με τον τομέα στον οποίο είναι υπεύθυνοι είναι αυτονόητη.

- Ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής θα πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνήσει με τον καπετάνιο, τον υπεύθυνο ασφαλείας του σκάφους καθώς και με κάθε άλλο αξιωματικό στα Αγγλικά.
- Ο ελεγκτής θα πρέπει να έχει λάβει την κατάλληλη εκπαίδευση ώστε να μπορεί να επιδείξει επαγγελματισμό στις διαδικασίες ασφαλείας όταν επιβιβάζεται στο πλοίο, περιλαμβανομένου και τις διαδικασίες άμεσης εκκένωσης του σκάφους και την πρόσβαση σε περιορισμένα μέρη του πλοίου.
- Όταν οι πλήρως εξουσιοδοτημένοι ελεγκτές βρίσκονται πάνω στο πλοίο θα πρέπει να συμμορφώνονται με τα μέτρα και τις διαδικασίες ασφαλείας του, εκτός και αν αυτά είναι ασύμβατα με τα βήματα του συγκεκριμένου ελέγχου.
- Οι εξουσιοδοτημένοι ελεγκτές οφείλουν να έχουν μαζί τους, και να παρουσιάζουν κατά την επιβίβασή τους στο πλοίο, πιστοποιητικό έγγραφο που να περιλαμβάνει φωτογραφία και να αποδεικνύει την ιδιότητα τους. Παράλληλα θα πρέπει να εφαρμόζονται οι διαδικασίες ώστε να είναι εφικτή η πιστοποίηση της γνησιότητας του εγγράφου αυτού.
- Οι ελεγκτές υποβάλλονται περιοδικά σε εκπαίδευση με στόχο να ανανεώνουν τις γνώσεις τους. Εκπαιδευτικά σεμινάρια ή μαθήματα γίνονται με τέτοια συχνότητα που εξασφαλίζει την ποιότητα των υπεύθυνων για την επίτευξη της θαλάσσιας ασφάλειας, σεβόμενοι πάντα την αξία τους.
- Τέλος οι εξουσιοδοτημένοι ελεγκτές μπορούν να έχουν βοηθούς, όταν αυτό είναι αναγκαίο. Τα άτομα αυτά είναι εξειδικευμένα και ορισμένα από το εκάστοτε συμβαλλόμενο κράτος και έχουν λάβει και αυτά κατάλληλη εκπαίδευση.

2.4.3.2 Πλοία που σκοπεύουν να εισέλθουν σε λιμάνι που ανήκει σε άλλο συμβαλλόμενο κράτος.

Πληροφορίες που πρέπει να δίνονται από τα πλοία πριν εισέλθουν σε λιμάνι

Τα συμβαλλόμενα κράτη πρέπει να υπακούουν τον κανονισμό XI-2, ο οποίος απαιτεί τα πλοία που έχουν την πρόθεση να εισέλθουν σε κάποιο λιμάνι τους, να παρέχουν τις παρακάτω πληροφορίες **:**

1. Επιβεβαίωση ότι το πλοίο έχει ένα έγκυρο Διεθνές Πιστοποιητικό Ασφάλειας Πλοίου (International Ship Security Certificate, ISSC) ή είναι κάτοχος ενός έγκυρου Προσωρινού Πιστοποιητικού Ασφάλειας Πλοίου (Interim International Ships Security Certificate) και σε αυτό να φαίνεται το όνομα της αρχής που το έχει εκδώσει.
2. Το επίπεδο ασφαλείας στο οποίο λειτουργεί το πλοίο επί του παρόντος.
3. Το επίπεδο ασφαλείας στο οποίο λειτούργησε το πλοίο κατά τις τελευταίες 10 επικοινωνίες με λιμενικές εγκαταστάσεις (κανονισμός XI-2/9.2.1.2).
4. Τυχόν ειδικά ή επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας που πάρθηκαν από το πλοίο σε προηγούμενο λιμάνι, κατά την επαφή του με άλλο πλοίο ή λιμενική εγκατάσταση στο χρονικό διάστημα των τελευταίων 10 επικοινωνιών. Για παράδειγμα ένα πλοίο μπορεί να δώσει ή να του ζητηθεί να δώσει πληροφορίες, που ίσως περιλαμβάνονται στο ημερολόγιο του πλοίου ή στο ημερολόγιο ασφαλείας του πλοίου, σχετικά με **:**

- μέτρα που πάρθηκαν κατά την επίσκεψη λιμανιού που δεν ανήκει σε κάποια από τα συμβαλλόμενα κράτη και
- τυχόν νέα μέτρα ασφαλείας που προήλθαν από την αλληλεπίδραση με λιμενικές εγκαταστάσεις ή άλλα πλοία.

5. Επιβεβαιώσεις ότι οι κατάλληλες διαδικασίες ασφαλείας εφαρμόστηκαν σε περιπτώσεις που υπήρξε επαφή με άλλα πλοία (ship to ship activities), κατά το χρονικό διάστημα πάντα των τελευταίων 10 επικοινωνιών με λιμενικές εγκαταστάσεις. Για παράδειγμα ένα πλοίο μπορεί να δώσει ή να του ζητηθεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με **:**
    - μέτρα που πάρθηκαν κατά την συναλλαγή με άλλα πλοία, τα οποία άνηκαν σε σημαία κράτους που δεν περιλαμβάνεται στις συμβαλλόμενες κυβερνήσεις
    - μέτρα που πάρθηκαν κατά την συναλλαγή με άλλο πλοίο, το οποίο ανήκε σε σημαία κράτους που περιλαμβάνεται στις συμβαλλόμενες κυβερνήσεις, αλλά δεν είναι υποχρεωμένο να συμμορφωθεί με τις διατάξεις του κανονισμού XI-2 και το Α μέρος του κώδικα ISPS, όπως για παράδειγμα ένα αντίτυπο πιστοποιητικού ασφαλείας που τήρησε αυτό το πλοίο βάση κάποιων άλλων διατάξεων, και
    - σε περίπτωση που άνθρωποι ή αγαθά περισυλλεγούν από την θάλασσα, όλες οι πληροφορίες που θα αποκομιστούν, περιλαμβανομένου την ταυτότητα τους (όταν αυτή είναι γνωστή) και τα αποτελέσματα από την έρευνα που θα διεξαχθεί από το πλοίο, θα ληφθούν υπόψη ώστε να υπάρξει ένας βαθμός ασφαλείας των περισυλλεγόντων αντικειμένων ή ατόμων. Αυτό ασφαλώς γίνεται για να καθοριστεί η ακεραιότητα της ασφάλειας του πλοίου και όχι για να καθυστερήσει η διάσωση των ευρεθέντων πραγμάτων.

6. Άλλες σχετικές με την ασφάλεια πληροφορίες (όχι όμως σχετικές με το σχέδιο ασφαλείας, security plan, του πλοίου).Για παράδειγμα **:**
    - Πληροφορίες που περιέχονται μέσα στο αρχείο συνεχούς σύνοψης CSR (Continuous Synopsis Record)
    - Την περιοχή που βρισκόταν το πλοίο όταν συντάχθηκε η ζητούμενη αναφορά
    - Τον χρόνο που εκτιμάται η άφιξη του πλοίου στο λιμάνι
    - Λίστα με τα μέλη του πληρώματος
    - Γενική περιγραφή του φορτίου του πλοίου
    - Λίστα επιβατών
    - Πληροφορίες σχετικά με το ποιος είναι υπεύθυνος για τον καθορισμό των αρμοδιοτήτων των μελών του πληρώματος επάνω στο σκάφος
    - Πληροφορίες για το ποιος είναι υπεύθυνος για την επιλογή των εργαζομένων του πλοίου και
    - Σε περίπτωση που το πλοίο είναι επανδρωμένο ύστερα από συμφωνία ναύλωσης, πρέπει να οριστεί ο ναυλωτής

Αποτίμηση πληροφοριών για πλοία που θέλουν να εισέλθουν στο λιμάνι

Κάθε πλοίο που θέλει να προσέλθει σε λιμάνι, το οποίο ανήκει σε κάποια από τις συνεργαζόμενες κυβερνήσεις (Contracting Governments), θα πρέπει να επιδείξει όλες τις πληροφορίες, βάση του κανονισμού XI-2/9.2.1 , που θα απαιτήσει ο πλήρως εξουσιοδοτημένος ελεγκτής της εκάστοτε κυβέρνησης. Αν ο καπετάνιος αρνηθεί να δώσει τις πληροφορίες αυτές, τότε μπορεί να μην επιτραπεί η είσοδος του πλοίου στο λιμάνι. Έχοντας σαν γεγονός ότι έχει απαγορευθεί στο σκάφους η είσοδος στο λιμάνι, η εκάστοτε κυβέρνηση πρέπει να αμέσως να πληροφορήσει γραπτώς την διεύθυνση (Administration) του πλοίου, γνωστοποιώντας ότι αρνείται να περάσει το πλοίο στο λιμάνι της, καθώς και το λόγο για τον οποίο έπραξε έτσι. Επίσης θα πρέπει να ενημερώσει τον αναγνωρισμένο οργανισμό που εξέδωσε τα πιστοποιητικά ασφαλείας του σκάφους.

Αν η αποτίμηση των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με το πλοίο δεν αποφέρει σαφείς ενδείξεις ότι αυτό δεν συμμορφώνεται με τους κανονισμούς XI-2 και το Α μέρος του κώδικα ISPS, τότε η αρχή πρέπει να επιτρέψει την είσοδο του πλοίου στο λιμάνι της.

Σαφείς ενδείξεις που προέκυψαν από την αποτίμηση των πληροφοριών

Αν η αποτίμηση των πληροφοριών οδηγήσει σε αποδείξεις ότι το πλοίο δεν πληρεί τους πρέποντες κανονισμούς, τότε θα πρέπει να δημιουργηθεί επικοινωνία με (αλλά και μεταξύ τους) το σκάφος, την διευθύνουσα αρχή του σκάφους και τον οργανισμό ασφαλείας του, με σκοπό να διορθωθεί το όποιο πρόβλημα υπάρχει.

Αν η επικοινωνία που αναφέρθηκε παραπάνω δεν οδηγήσει σε λύση ή η κρατική αρχή έχει ατράνταχτες ενδείξεις για την μη ομαλή εφαρμογή των κανονισμών τότε **:**

1. Επιτρέπεται στο πλοίο να εισέλθει στο λιμάνι παρότι υπάρχουν οι παραπάνω αποδείξεις (clear grounds).
2. Απαιτεί από το πλοίο να κατευθυνθεί σε συγκεκριμένη περιοχή των χωρικών της υδάτων
3. Επιθεωρεί το πλοίο στα χωρικά της ύδατα ώστε στη συνέχεια να του επιτραπεί η είσοδος στο λιμάνι (κανονισμός XI-2/9.2.5.3)
4. Απαγορεύει την είσοδο του πλοίου στο λιμάνι.

Να σημειωθεί ότι προτού ξεκινήσει οποιοδήποτε βήμα, το πλοίο πρέπει να πληροφορηθεί για τις προθέσεις της κυβερνητικής αρχής. Κάτω από αυτές τις συνθήκες ο πλοίαρχος μπορεί να ανακαλέσει την πρόθεση του να εισέλθει στο λιμάνι, στην περίπτωση αυτή ο κανονισμός XI-2/9 δεν μπορεί να απαιτηθεί.

Παραδείγματα Clear Grounds

Παραδείγματα πιθανών clear grounds που μπορούν να επηρεάσουν καθοριστικά την είσοδο πλοίου σε λιμάνι περιλαμβάνουν **:**

1. Αποδείξεις ή αξιόπιστες πληροφορίες ότι υπάρχουν σοβαρές ανεπάρκειες στον εξοπλισμό ασφαλείας και στα έγγραφα που απαιτούνται από τους κανονισμούς XI-2 και το Α μέρος του κώδικα ISPS

2. Αναφορά ή κατηγορία, η οποία σύμφωνα με την επαγγελματική κρίση του πλήρως εξουσιοδοτημένου ελεγκτή, περιλαμβάνει πληροφορίες που καθιστούν εμφανές ότι το πλοίο δεν συμμορφώνεται με τους κανονισμούς
3. Αποδείξεις ή αξιόπιστες πληροφορίες ότι στο πλοίο έχουν επιβιβαστεί άτομα ή φορτίο από λιμενική εγκατάσταση ή άλλο πλοίο, στα οποία δεν εφαρμόζονται οι διατάξεις των κανονισμών XI-2 και του κώδικα ISPS (είτε παραβιάζονται είτε δεν είναι αναγκασμένοι), ενώ παράλληλα στο πλοίο μας δεν έχουν τηρηθεί οι κατάλληλες διαδικασίες ασφαλείας που αρμόζουν στην περίπτωση.
4. Αν το πλοίο κατέχει ένα ,συνεχώς εκδιδόμενο, προσωρινό διεθνές πιστοποιητικό ασφαλείας (Interim International Ship Security Certificate), και αν σύμφωνα με την επαγγελματική κρίση του εξουσιοδοτημένου ελεγκτή το πλοίο επιδιώκει να αποφύγει την συνεργασία όταν του ζητηθεί το πιστοποιητικό αυτό.
5. Το πλοίο αποτυγχάνει στο να δώσει κάποια πληροφορία που του ζητείτε.

Ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιούνται κατά την ύπαρξη Clear Grounds

Όταν υπάρχουν τα στοιχεία των σαφών ενδείξεων (Clear Grounds*)*, τότε ένα συμβαλλόμενο κράτος πρέπει να αντιδράσει ως εξής **:**

1. <u>Να επιτρέψει την είσοδο του πλοίου στο λιμάνι</u>. Στις περιπτώσεις αυτές ο κανονισμός XI-2/9.1.3 απαιτεί ότι η κρατική αρχή θα επιβάλλει έναν ή περισσότερους ελέγχους. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει**:**
   - Επιθεώρηση του πλοίου
   - Επιβράδυνση του πλοίου
   - Κατακράτηση του πλοίου
   - Περιορισμός στις ενέργειες του πλοίου περιλαμβανομένου και τις τυχόν μετακινήσεις του πλοίου μέσα στο λιμάνι
   - Πρόσθετα ή εναλλακτικά ,σε μικρότερο βαθμό, διορθωτικά μέτρα

   Σε τελευταία λύση το πλοίο μπορεί να διωχθεί από το λιμάνι. Η εκδίωξη από το λιμάνι μπορεί μόνο να γίνει όταν ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής έχει σαφείς ενδείξεις (clear grounds) ότι το πλοίο αποτελεί άμεση απειλή για την ασφάλεια ατόμων ή πλοίων ή κάποιας άλλης περιουσίας, και δεν υπάρχει άλλος τρόπος ώστε να μετακινηθεί αυτή η απειλή (κανονισμός XI-2/9.3.3)

2. <u>Απαιτεί από το πλοίο να κατευθυνθεί σε συγκεκριμένη περιοχή των χωρικών της υδάτων</u>. Η κυβερνητική αρχή μπορεί να απαιτήσει την μετακίνηση του πλοίου σε ειδική περιοχή στο θαλάσσιο χώρο που βρίσκεται το πλοίο ή σε δικά της χωρικά ύδατα ώστε να διεξάγει επιθεώρηση στο πλοίο.

   Η επιθεώρηση πρέπει να διεξαχθεί σύμφωνα με τις διαδικασίες για μια πιο λεπτομερή επιθεώρηση, όπως θα περιγράφει παρακάτω. Τελικά μετά την επιθεώρηση αν δεν βρεθεί λύση το πλοίο μπορεί να εκδιωχθεί.

3. <u>Επιθεωρεί το πλοίο ώστε στη συνέχεια να του επιτραπεί η είσοδος στο λιμάνι</u>. Η απόφαση να γίνει η επιθεώρηση έξω από το λιμάνι βασίζεται στο γεγονός ότι το πλοίο μπορεί αποτελεί πηγή κινδύνου για τη ασφάλεια του λιμανιού.

Όπως και πριν η επιθεώρηση πρέπει να διεξαχθεί σύμφωνα με τις διαδικασίες για μια πιο λεπτομερή επιθεώρηση, όπως θα περιγραφεί παρακάτω. Τελικά μετά την επιθεώρηση αν δεν βρεθεί λύση το πλοίο μπορεί να εκδιωχθεί.

4. Απαγορεύει την είσοδο του πλοίου στο λιμάνι. Η εκδίωξη από το λιμάνι μπορεί μόνο να γίνει όταν ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής έχει αποδείξεις ότι το πλοίο αποτελεί άμεση απειλή για την ασφάλεια, και δεν υπάρχει τρόπος ώστε να μετακινηθεί αυτή η απειλή.

2.4.3.3 Έλεγχος πλοίου στο λιμάνι

Ο κανονισμός XI-2/9.1.1 ορίζει ότι κάθε πλοίο, στο οποίο εφαρμόζεται η διάταξη XI-2, αποτελεί αντικείμενο ελέγχου όταν βρίσκεται σε λιμάνι άλλου συμβαλλόμενου κράτους, από τους πλήρως εξουσιοδοτημένους ελεγκτές του. Ο έλεγχος θα πρέπει να περιορίζεται στην πιστοποίηση ότι στο σκάφος υπάρχει ένα ισχύον διεθνές πιστοποιητικό ασφαλείας (ISSC) ή ένα προσωρινό (Interim ISSC) το οποίο θα υπακούει στο πρώτο μέρος του κώδικα ISPS. Αν το πιστοποιητικό είναι έγκυρο τότε γίνεται δεκτό, σε αντίθετη περίπτωση υπάρχουν βάσιμες υποψίες για το ότι το πλοίο δεν εναρμονίζεται με τον XI-2 και τον κώδικα ISPS.

Συνεπώς, σε περιπτώσεις που παρότι δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι το πλοίο δεν συμμορφώνεται με τους διεθνείς κανονισμούς πριν την είσοδο του στο λιμάνι, το πλοίο μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο ελέγχου κάτω από τα άρθρα του κανονισμού XI-2/9.1.1.

Γενικές πρακτικές ασφαλείας

Όταν βάση του κανονισμού XI-2/9.1.1 ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής επισκέπτεται ένα πλοίο, με σκοπό να το παρατηρήσει και να αποκτήσει μια γενική εντύπωση για τη συνολική ασφάλεια του, πρέπει να λάβει υπόψη του τα εξής **:**

1. Καθώς πλησιάζει, επιβιβάζεται στο σκάφος και κινείται γύρω από αυτό, κρατάει σημειώσεις για συγκεκριμένα θέματα ασφαλείας (που περιγράφονται παρακάτω), έχοντας υπόψη του το βαθμό ασφαλείας στον οποίο λειτουργεί το πλοίο και οι λιμενικές εγκαταστάσεις.
2. Ελέγχει αν το ISSC ή το προσωρινό ISSC βρίσκεται επάνω στο πλοίο, είναι έγκυρο και έχει εκδοθεί είτε από την Διεύθυνση (Administration), είτε από ένα αναγνωρισμένο οργανισμό ασφαλείας είτε από άλλο συμβαλλόμενο κράτος (αφού πρώτα ζητηθεί από τη διεύθυνση).
3. Ελέγχει ότι το επίπεδο ασφαλείας του πλοίου, το οποίο εξετάζει, είναι τουλάχιστον στα ίδια επίπεδα με αυτό που ορίζει η κρατική αρχή για το λιμάνι της.
4. Αναγνωρίζει τον υπεύθυνο ασφαλείας του πλοίου (Ship Security Officer, SSO).
5. Καθώς ελέγχει άλλα έγγραφα, ζητάει αποδείξεις για το ότι έχουν εκτελεστεί γυμνάσια ασφαλείας στα πρέποντα χρονικά διαστήματα και ψάχνει πληροφορίες για ασκήσεις στις οποίες έλαβε μέρος το πλοίο.
6. Ελέγχει τα αρχεία των τελευταίων δέκα επικοινωνιών με τις λιμενικές εγκαταστάσεις (κανονισμός XI-2/9.2.1), περιλαμβανομένου και τα αρχεία

επικοινωνίας με άλλα πλοία (ship to ship activities) που διεξάχθηκαν στην ίδια χρονική περίοδο. Θα πρέπει να προσεχθεί **:**

- Το επίπεδο ασφαλείας στο οποίο λειτουργεί το πλοίο
- Τυχόν ειδικά ή επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας που πάρθηκαν και
- Ότι τα απαραίτητα για το πλοίο μέτρα ασφαλείας διατηρήθηκαν, περιλαμβανομένου της δήλωσης ασφαλείας (Declaration of Security), όπου χρειάστηκε.

7. Αποτίμηση για το αν μέλη «κλειδιά» του προσωπικού ασφάλειας του πλοίου μπορούν να επικοινωνήσουν αποτελεσματικά με τους υπολοίπους για θέματα σχετικά με την ασφάλεια.

Πιο λεπτομερείς πρακτικές ασφαλείας

Τα παρακάτω στοιχεία ασφαλείας που αναφέρονται δεν είναι σχεδιασμένα να λειτουργήσουν σαν λίστα ελέγχου (checklist). Η απόφαση για το αν κάποιο από τα στοιχεία αυτά οδηγούν σε επαρκή στοιχεία για την μη ομαλή λειτουργία του πλοίου αφήνονται καθαρά στην επαγγελματική κρίση του πλήρως εξουσιοδοτημένου ελεγκτή. Ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη το επίπεδο ασφαλείας στο οποίο λειτουργούν πλοίο και λιμενικές εγκαταστάσεις και να μην περιορίζεται από τα παρακάτω δεδομένα. Κατά αυτό τον τρόπο αυτό η μη τήρηση ενός ή περισσοτέρων τέτοιων παραγόντων δεν οδηγεί απαραίτητα σε αποτυχία συμμόρφωσης με τις υποχρεωτικές απαιτήσεις του XI-2 και του κώδικα ISPS.

<u>Πρόσβαση στο πλοίο, όταν αυτό βρίσκεται στο λιμάνι</u>

1. Για πλοία σε βαθμό ασφαλείας 1 (security level), θα πρέπει να ληφθούν υπόψη **:**
   - Υπάρχει κάποιο είδος ελέγχου από το πλοίο στα σημεία πρόσβασης σε αυτό;
   - Είναι αξιοπρόσεκτο ότι η ταυτότητα όλων των ατόμων που επιβιβάζονται στο πλοίο έχει ελεγχθεί;
2. Επιπροσθέτως για επιβατικά πλοία σε βαθμό ασφαλείας 1 , αν είναι εύκολο να παρατηρηθούν κατά την επιβίβαση στο πλοίο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη**:**
   - Σε συνεργασία με τις λιμενικές εγκαταστάσεις, υπάρχουν καθορισμένες περιοχές ασφαλείας για περαιτέρω έρευνα σε επιβάτες και αποσκευές;
   - Είναι οι ήδη τσεκαρισμένοι επιβάτες και τα προσωπικά τους αντικείμενα διαχωρισμένοι από τους μη τσεκαρισμένους και τα αντικείμενα τους;
   - Είναι οι επιβιβαζόμενοι επιβάτες διαχωρισμένοι από τους αποβιβαζόμενους;
   - Είναι φυλασσόμενη η πρόσβαση σε απαγορευμένους χώρους περιορισμένης προσοχής, στους οποίους κοντά υπάρχουν μέρη όπου επιτρέπεται η πρόσβαση για τους επιβάτες και τους επισκέπτες;
3. Για πλοία σε βαθμό ασφαλείας 2 , θα πρέπει να ληφθούν υπόψη**:**
   - Έχει μειωθεί ο αριθμός των προσβάσιμων σημείων για το πλοίο;
   - Έχουν γίνει προσπάθειες να αποτραπεί η πρόσβαση στο πλοίο από την ακτή, το οποίο μπορεί υλοποιηθεί σε συνεργασία με τις λιμενικές εγκαταστάσεις;

- Έχει δημιουργηθεί μια απαγορευμένης πρόσβασης ζώνη στην πλευρά του πλοίου που είναι προς το λιμάνι, σε συνεργασία με τις λιμενικές εγκαταστάσεις;
- Συνοδεύονται οι επισκέπτες επάνω στο πλοίο;
- Εκτελούνται ολικές ή μερικές έρευνες επάνω στο πλοίο;
- Εκτελούνται τυχόν επιπρόσθετες αναφορές ασφαλείας;

Πρόσβαση σε περιορισμένους χώρους

1. Για πλοία σε βαθμό ασφαλείας 1 (security level), θα πρέπει να ληφθούν υπόψη**:**
    - Είναι οι περιορισμένοι χώροι σημαδεμένοι;
    - Έχει η γέφυρα και το μηχανοστάσιο του πλοίου τη δυνατότητα να κλειδωθεί ή να προφυλαχθεί;
    - Είναι η γέφυρα και το μηχανοστάσιο του πλοίου κλειδωμένα ή περιορίζεται η πρόσβαση στα μέρη αυτά του πλοίου με άλλα μέσα (για παράδειγμα αν υπάρχει φύλαξη από μέλη του πληρώματος ή σύστημα παρακολούθησης με κάμερες);
    - Είναι οι πόρτες στις απαγορευμένες περιοχές κλειδωμένες (για παράδειγμα οι κλιματιστικές εγκαταστάσεις, το πηδάλιο, οι χώροι μηχανοστασίου);
2. Επιπροσθέτως για επιβατικά πλοία σε βαθμό ασφαλείας 2, έχουν οι απαγορευμένες περιοχές παρακείμενα σημεία πρόσβασης, ώστε να αποφεύγονται οι συναθροίσεις μεγάλου αριθμού ανθρώπων σε αυτούς τους χώρους;

Παρακολουθώντας (monitoring) την ασφάλεια του πλοίου

1. Για πλοία σε βαθμό ασφαλείας 1 (security level), θα πρέπει να ληφθούν υπόψη **:**
    - Είναι κατά τη διάρκεια της επίσκεψης οι φύλακες του καταστρώματος στη θέση τους ή γίνεται χρήση συστήματος παρακολούθησης στο σκάφος;
    - Μπορεί το πλοίο να παρακολουθεί ταυτόχρονα τυχών κινήσεις προς το μέρος του από στεριά και θάλασσα;
2. Για πλοία σε βαθμό ασφαλείας 2 , θα πρέπει να ληφθούν υπόψη**:**
    - Αν υπάρχει σύστημα παρακολούθησης με κάμερες, τότε είναι τοποθετημένες οι κάμερες τοποθετημένες σε τακτά διαστήματα;
    - Υπάρχει επιπλέον προσωπικό αφιερωμένο στο να φυλάει και να κάνει περιπολίες στους απαγορευμένους χώρους;

Παράδοση των εφοδίων του πλοίου

Για πλοία σε βαθμό ασφαλείας 1 , θα πρέπει να ληφθούν υπόψη**:**

- Έχουν ελεγχθεί οι προμήθειες του πλοίου, πριν φορτωθούν, για ενδείξεις παραβίασης ή ανακατώματος;
- Υπήρξαν έλεγχοι για επιβεβαίωση ότι οι προμήθειες που πρόκειται να φορτωθούν είναι αυτές που έχουν παραγγελθεί;

- Αποθηκεύονται ασφαλώς οι προμήθειες αφού φορτωθούν;

Χειρισμός του φορτίου

1. Ο έλεγχος του φορτίου από το πλοίο θα πρέπει να γίνεται υπεύθυνα με**:**
   - Οπτικές και φυσικές εξεταστικές μεθόδους και
   - Χρησιμοποιώντας ανιχνευτικούς εξοπλισμούς, μηχανικές συσκευές ή σκύλους.

   Πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι μπορεί να έχει υπάρξει συνεννόηση, ώστε ο έλεγχος και η επικύρωση του φορτίου να έχει γίνει επί της ακτής.
2. Για πλοία φορτίου, περιλαμβανομένου μεταφορικά αυτοκινήτων, ro-ro και επιβατικά πλοία σε βαθμό ασφαλείας 1, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη**:**
   - Έχουν το φορτίο και τα μέσα φόρτωσης ελεγχθεί πριν, αλλά και κατά τη διάρκεια της επιχείρησης του φορτώματος;
   - Έχει ελεγχθεί το φορτίο παρά τα πιστοποιητικά του;
   - Αποτελούν τα οχήματα αντικείμενο ελέγχου προτού επιβιβαστούν;
   - Έχουν οι σφραγίδες και άλλοι μέθοδοι εντοπισμού παραβιάσεων ελεγχθεί;
3. Για πλοία φορτίου, περιλαμβανομένου μεταφορικά αυτοκινήτων, ro-ro και επιβατικά πλοία σε βαθμό ασφαλείας 2, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη**:**
   - Υπάρχουν εγγυήσεις για λεπτομερή έρευνα του φορτίου, των μέσων φόρτωσης και των κενών μεταξύ του φορτίου;
   - Γίνονται λεπτομερείς έλεγχοι ώστε να επιβεβαιωθεί ότι μόνο τα σχεδιασμένα φορτία έχουν φορτωθεί;
   - Έχουν τα οχήματα ψαχθεί πιο εντατικά προτού εισέλθουν στο πλοίο;
   - Πραγματοποιούνται πιο συχνοί και λεπτομερείς έλεγχοι στις σφραγίδες και στις άλλες μεθόδους εντοπισμού παραβιάσεων;

Χειρισμός των ασυνόδευτων αποσκευών

Οι ασυνόδευτες αποσκευές μπορούν να περνούν από ανιχνευτικές συσκευές ή να ψάχνονται είτε από το πλοίο είτε από τις λιμενικές εγκαταστάσεις. Οι παρακάτω λόγοι δείχνουν αν ο έλεγχος λαμβάνεται υπόψη σοβαρά από το πλοίο **:**

- Σε βαθμό ασφαλείας 1, αν μπορεί να παρατηρηθεί καθώς βρισκόμαστε στο σκάφος, αν κάποιες ασυνόδευτες αποσκευές περνούν από ανιχνευτικές συσκευές ή ψάχνονται.
- Σε βαθμό ασφαλείας 2, αν μπορεί να παρατηρηθεί καθώς βρισκόμαστε στο σκάφος, αν όλες οι ασυνόδευτες αποσκευές περνούν από ανιχνευτικές συσκευές ή ψάχνονται.

2.4.3.4 Λεπτομερής επιθεώρηση όπου υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για ατέλειες του πλοίου (Clear Grounds)

Γενικά

Όταν ο πλήρως εξουσιοδοτημένος ελεγκτής έχει σαφείς ενδείξεις ότι το πλοίο δεν συμβαδίζει με τις διατάξεις του XI-2 και του Α μέρους του κώδικα ISPS ή ότι ο καπετάνιος ή το προσωπικό του πλοίου δεν είναι εξοικειωμένοι με ζωτικής σημασίας

διαδικασίες και μέτρα ασφαλείας, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια πιο λεπτομερής επιθεώρηση όπως περιγράφεται πιο κάτω. Κατά τη διαδικασία αυτή ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής θα πρέπει να έχει ενημερώσει τον κυβερνήτη του πλοίου.

Πιο λεπτομερής επιθεώρηση

Μια πιο λεπτομερή επιθεώρηση μπορεί να περιλαμβάνει **:**

1. Μπορεί ο καπετάνιος να παρουσιάσει έγγραφα που να αποδεικνύουν τις ευθύνες και την ισχύ του; Ένα τέτοιο έγγραφο θα πρέπει επίσης να εμφανίζει την αδιαμφισβήτητη κυριαρχία του.
2. Έχει το πλοίο ορίσει υπεύθυνο ασφαλείας (SSO), και είναι αυτός σε θέση να αντιληφθεί τις ευθύνες που απορρέουν από σχέδιο ασφαλείας του πλοίου (Ship Security Plan, SSP);
3. Είναι το σχέδιο ασφαλείας του πλοίου (SSP) στη γλώσσα που χρησιμοποιείται επάνω στο πλοίο; Αν η γλώσσα του σχεδίου δεν είναι η Αγγλική, η Γαλλική ή η Ισπανική, υπάρχει μεταφρασμένη εκδοχή της σε κάποια από τις παραπάνω γλώσσες;
4. Υπάρχει η δυνατότητα στο προσωπικό του πλοίου να παρακολουθεί το σκάφος (περιλαμβανομένου την περιοχή του φορτίου), τους απαγορευμένους χώρους και τις περιοχές που το περιβάλλουν;
5. Εκτελούν τα μέλη του προσωπικού του πλοίου ικανοποιητικά τα καθήκοντα τους στον τομέα της ασφαλείας, και είναι ενήμερα για τις διαδικασίες ασφαλούς επικοινωνίας;
6. Είναι η πρόσβαση στο πλοίο ελεγχόμενη ,περιλαμβανομένου την επιβίβαση ατόμων και των πραγμάτων τους; Υπάρχουν τα μέσα αναγνώρισης των προσώπων, στα οποία επιτρέπεται η πρόσβαση στο πλοίο;
7. Έχει το προσωπικό του πλοίου τη δυνατότητα να επιβλέπει την επιβίβαση του φορτίου και των εφοδίων του σκάφους;
8. Μπορούν οι υπεύθυνοι του πλοίου να αναγνωρίσουν τον υπεύθυνο ασφαλείας του πλοίου;
9. Μπορούν οι υπεύθυνοι του πλοίου να αναγνωρίσουν τον υπεύθυνο ασφαλείας της εταιρίας;
10. Διατηρεί το πλοίο αρχεία από εκπαιδεύσεις, γυμνάσια και ασκήσεις;
11. Διατηρεί το πλοίο αρχεία από τυχόν αλλαγές στο βαθμό ασφαλείας;
12. Εάν έχει διεξαχθεί κάποια άσκηση, είναι το προσωπικό του πλοίου εξοικειωμένο με τα καθήκοντά του και τη σωστή χρήση του εξοπλισμού ασφαλείας; Ο πλήρως εξουσιοδοτημένος ελεγκτής θα πρέπει μαζί με τον καπετάνιο και τον υπεύθυνο ασφαλείας του σκάφους να εντοπίσουν τον κατάλληλο τύπο και την ανάλογη τοποθεσία των γυμνασίων, έχοντας συνυπολογίσει τον τύπο του πλοίου, τις αλλαγές στο προσωπικό και τις λιμενικές εγκαταστάσεις που επισκέπτονται. Τέτοια γυμνάσια θα πρέπει, όσο αυτό είναι δυνατό, να διεξάγονται σαν να συμβαίνει όντως μια απειλή και να περιλαμβάνουν **:**
    - Την αντίδραση σε κάποια απειλή ή κάποιο γεγονός ασφαλείας.
    - Την αντίδραση στην αλλαγή του επιπέδου ασφαλείας του πλοίου.
    - Την ανακάλυψη παράνομης πρόσβασης, περιλαμβανομένου και τους λαθρεπιβάτες και
    - Άλλα γεγονότα κατάλληλα με τη φύση αναγνωρισμένων ατελειών στην ασφάλεια.

13. Είναι εύκολο τα μέλη «κλειδιά» του προσωπικού του σκάφους να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, με τις λιμενικές εγκαταστάσεις και τον υπεύθυνο ασφαλείας της εταιρίας (Company Security Officer, CSO);
14. Έχει το πλοίο τη δυνατότητα να λαμβάνει ειδοποιήσεις από τα συμβαλλόμενα κράτη για τυχόν αλλαγές στο επίπεδο ασφαλείας;
15. Υπάρχουν διαβεβαιώσεις ότι το πλοίο μπορεί να ξεκινήσει και να μεταδώσει προς τη στεριά ένα συναγερμό ασφαλείας;
16. Έχει ο υπεύθυνος ασφαλείας του σκάφους εκπαιδευτεί κατάλληλα, έχει επαρκή γνώση για το σχέδιο και τις διαδικασίες ασφαλείας του πλοίου, τη διάταξη του πλοίου, τον εξοπλισμό και τα συστήματα ασφαλείας;
17. Τα μέλη του πληρώματος με ειδικά καθήκοντα ασφαλείας και αρμοδιότητες έχουν επαρκείς γνώσεις και ικανότητες ώστε να στηρίξουν τα καθήκοντά τους; Καταλαβαίνουν τις ευθύνες τους για την ασφάλεια του πλοίου όπως περιγράφεται στο σχέδιο ασφαλείας του πλοίου;
18. Μέσω παρατήρησης, υπάρχει κάποιο σύστημα ασφαλείας εγκατεστημένο στο κατάστρωμα του πλοίου, όπως ανιχνευτές κίνησης, σύστημα παρακολούθησης με κάμερες, φωτισμός και συναγερμοί που να λειτουργούν κατάλληλα;

Επιθεώρηση στο σχέδιο ασφαλείας του πλοίου (SSP)

Όταν τα μόνα μέσα για να βεβαιωθούν ή να διορθωθούν οι ατέλειες στην ασφάλεια του πλοίου είναι η κριτική στις σχετικές απαιτήσεις του σχεδίου ασφαλείας του πλοίου (SSP), τότε η περιορισμένη πρόσβαση σε συγκεκριμένους χώρους του σχεδίου, που σχετίζονται με τις ατέλειες αυτές, επιτρέπεται. Οι αιτήσεις για πρόσβαση σε συγκεκριμένους τομείς του σχεδίου θα πρέπει να περιλαμβάνουν λεπτομέρειες από τις ατέλειες που πρέπει να επιβεβαιωθούν ή διορθωθούν.

Οι παρακάτω τομείς του σχεδίου ασφαλείας του πλοίου μπορούν να επιθεωρηθούν μόνο από έναν πλήρως εξουσιοδοτημένο ελεγκτή με τη συγκατάθεση του συμβαλλόμενου κράτους, στου οποίου τη σημαία ανήκει το πλοίο, ή του καπετάνιου του πλοίου (ISPS Code section A/9.8.1) **:**

Διατάξεις του Σχεδίου Ασφαλείας του πλοίου (1)	**Αναφορά του ISPS Code**
Παρεμπόδιση εισαγωγής μη εγκεκριμένων πραγμάτων στο πλοίο	A/9.4.1
Παρεμπόδιση μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στο πλοίο	A/9.4.3
Εκκένωση του σκάφους	A/9.4.6
Παρακολούθηση δραστηριοτήτων ασφαλείας	A/9.4.8
Εκπαίδευση, γυμνάσια και ασκήσεις	A/9.4.9
Αλληλεπίδραση με δραστηριότητες ασφαλείας του λιμανιού	A/9.4.10
Επιθεώρηση του σχεδίου ασφαλείας του πλοίου	A/.9.4.11
Αναφορά περιστατικών ασφαλείας	A/9.4.12
Αναγνώριση του επιθεωρητή ασφαλείας του σκάφους	A/9.4.13
Αναγνώριση του πληρώματος ασφαλείας του σκάφους	A/9.4.14
Συχνότητα δοκιμών και ρυθμίσεων του εξοπλισμού ασφαλείας	A/9.4.16
Ασφάλεια του σχεδίου ασφαλείας του πλοίου	A/9.6
Δραστηριότητες ασφαλείας που δεν καλύπτονται από τον ISPS	B/9.51

(Πίνακας 17: Διατάξεις του Σχεδίου Ασφαλείας του πλοίου)

Οι παρακάτω διατάξεις του σχεδίου ασφαλείας του πλοίου χαρακτηρίζονται ως πολύ εμπιστευτικές πληροφορίες και δεν μπορούν να γίνουν αντικείμενο επιθεώρησης από έναν πλήρως εξουσιοδοτημένο ελεγκτή ασφαλείας παρά μόνο ύστερα από συμφωνία με το συμβαλλόμενο κράτος, στου οποίου τη σημαία ανήκει το πλοίο (ISPS Code section A/9.8.1)**:**

Διατάξεις του Σχεδίου Ασφαλείας του πλοίου (2)	**Αναφορά του ISPS Code**
Απαγορευμένες περιοχές	A/9.4.2
Αντίδραση σε απειλές για την ασφάλεια, περιλαμβανομένου τη συχνότητα των επιθεωρήσεων	A/9.4.4
Ανταπόκριση σε οδηγίες ασφαλείας σε επίπεδο ασφαλείας 3	A/9.4.5
Καθήκοντα αυτών που έχουν αναλάβει την ευθύνη της ασφαλείας	A/9.4.7
Διαδικασίες για τη συντήρηση του εξοπλισμού ασφαλείας	A/9.4.15
Σύστημα συναγερμού του πλοίου	A/9.4.17 και.18

(Πίνακας 18: Αυστηρότερες διατάξεις του Σχεδίου Ασφαλείας του πλοίου.)

Ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής πρέπει να έχει συνεχή διάλογο, σχετικά με τα στοιχεία αυτά που έχουν παρουσιάσει πρόβλημα, με τον καπετάνιο ή τον υπεύθυνο ασφαλείας του πλοίου και να προσπαθεί να εξασφαλίσει την διόρθωσή τους.

2.4.2.5 Προστασία (Safeguards)

Γενικά

Κατά την επιθεώρηση και τα συνιστώμενα μέτρα συμμόρφωσης, ο πλήρως εξουσιοδοτημένος ελεγκτής ασφαλείας πρέπει να εξασφαλίζει ότι τα επιβαλλόμενα μέτρα είναι ανάλογα των ελλείψεων. Τέτοια μέτρα θα πρέπει να έχουν σαν βάση τη λογική, να μην εξαντλούν την αυστηρότητα του ελεγκτή και να αφήνουν ένα απαραίτητο χρονικό περιθώριο για την διόρθωση ή τη μετρίαση παραλείψεων.

Όταν ο ελεγκτής κάνει την επιθεώρησή του **:**

- Θα πρέπει καταβάλλει κάθε δυνατή προσπάθεια να αποφύγει την αδικαιολόγητη κατακράτηση ή καθυστέρηση του πλοίου. Αν το πλοίο υποστεί ζημία με τέτοιο τρόπο τότε μπορεί προβάλλει αξιώσεις για αποζημίωση.
- Η αναγκαία πρόσβαση ή αποβίβαση από το σκάφος δεν πρέπει να απαγορευτεί όταν οφείλεται σε λόγους επείγουσας κατάστασης, ανθρωπιστικούς λόγους και σκοπούς ασφαλείας.

Τα μέτρα ασφαλείας που αναφέρονται στον κανονισμό XI-2/9 αλλά και στο έγγραφο MSC.78, πρέπει να επιβάλλονται έως ότου η μη συνεργασία δώσει τη θέση

της στην προσπάθεια αντιμετώπισης των λαθών. Στην περίπτωση αυτή ο ελεγκτής μένει ευχαριστημένος λαμβάνοντας υπόψη του τις ενέργειες που προτάθηκάν από το πλοίο ή τη διεύθυνση του.

Αναξιόπιστες πηγές πληροφοριών

Όταν μια επιθεώρηση ξεκινά βασιζόμενη σε αποδείξεις ή πληροφορίες από ξένη πηγή, η συμβαλλόμενη κυβέρνηση θα πρέπει να αξιολογεί αυτή την πηγή, να ερευνά τα κίνητρά της για τυχόν απόδοση λανθασμένων πληροφοριών και να αποφασίζει αν τα στοιχεία που θα παίρνει από αυτή την πηγή θα συνεχίσουν να αναφέρονται ως αξιόπιστα. Σε περιπτώσεις καθαρής εξαπάτησης η συμβαλλόμενη κυβέρνηση θα πρέπει να καταφεύγει σε ενέργειες με στόχο την περικοπή ανάλογων καταστάσεων.

2.4.2.6 Αναφορά (Reporting)

Αναφορές σεβόμενες τον έλεγχο του πλοίου στο λιμάνι

Οι πλήρως εξουσιοδοτημένοι ελεγκτές πρέπει να εξασφαλίζουν ότι στο τέλος της επιθεώρησης ενός πλοίου στο λιμάνι, ο κυβερνήτης του πλοίου ή ο υπεύθυνος ασφαλείας του πλοίου θα παραλάβουν μια αναφορά. Η αναφορά αυτή θα δείχνει τα αποτελέσματα της επιθεώρησης, λεπτομέρειες για τις ενέργειες που έκανε ο ελεγκτής και θα περιλαμβάνει μια λίστα με τα πράγματα που πρέπει να διορθωθούν από τον κυβερνήτη, τον υπεύθυνο ασφαλείας του πλοίου ή την εταιρία.

Όταν κατά τον έλεγχο ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής επιθεωρεί, καθυστερεί, περιορίζει τις επιχειρήσεις, κατακρατεί ή διώχνει το πλοίο από το λιμάνι ύστερα από αποδείξεις για ελλείψεις στην ασφάλειά του, τότε το συμβαλλόμενο κράτος πρέπει να αναφέρει αμέσως γραπτά στην διοίκηση (Administration) εξηγώντας ποια μέτρα επιβλήθηκαν και για πιο λόγο. Η κρατική αρχή πρέπει επίσης να αποστείλει αντίγραφα της αναφοράς αυτής στον αναγνωρισμένο οργανισμό ασφαλείας που εξέδωσε το ISSC του πλοίου.

Όταν απαγορεύεται η είσοδος του πλοίου στο λιμάνι ή διώχνεται από αυτό, το συμβαλλόμενο κράτος θα πρέπει να ειδοποιήσει τις αρμόδιες αρχές του επόμενου λιμανιού με το οποίο θα επικοινωνήσει το πλοίο, αν το γνωρίζει, καθώς και τα κατάλληλα παράκτια κράτη. Αυτή η ειδοποίηση πρέπει να αποσταλεί με την αρμόζουσα προσοχή και σοβαρότητα.

Αναφορές σεβόμενες τον έλεγχο του πλοίου που επιθυμεί να μπει στο λιμάνι

Όταν κατά τον έλεγχο ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής έχει αποδείξεις ότι το πλοίο που θέλει να εισέλθει στο λιμάνι δεν συμβαδίζει με τις διατάξεις του XI-2 και του A

μέρους του κώδικα ISPS θα πρέπει να επικοινωνήσει με το πλοίο και την διεύθυνση με σκοπό να διορθωθούν οι παραβάσεις.

Όταν η επικοινωνία δεν αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα, θα πρέπει να ειδοποιηθεί το σκάφος να λάβει ανάλογα μέτρα για την επίτευξη των ζητούμενων. Μετά από αυτή την πληροφορία ο κυβερνήτης μπορεί να αποσύρει την επιθυμία του να εισέλθει στο λιμάνι.

Όταν κατά τον έλεγχο ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής πάρει τα ανάλογα μέτρα για να διορθωθούν οι ασυμφωνίες με τις διατάξεις ασφαλείας, περιλαμβανομένου και την άρνηση της εισόδου στις λιμενικές εγκαταστάσεις, τότε το συμβαλλόμενο κράτος πρέπει να αναφέρει αμέσως γραπτά στην διοίκηση (Administration) εξηγώντας ποια μέτρα επιβλήθηκαν και για πιο λόγο. Η κρατική αρχή πρέπει επίσης να αποστείλει αντίγραφα της αναφοράς αυτής στον αναγνωρισμένο οργανισμό ασφαλείας που εξέδωσε το ISSC του πλοίου

2.5 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

2.5.1 Γενικά

Στην παράγραφο 8 του μέρους Α (υποχρεωτικό) του κώδικα ISPS απαιτείται ο Υπεύθυνος Ασφάλειας Εταιρείας (CSO) να εξασφαλίζει ότι, για κάθε πλοίο για το όποιο έχει ευθύνες ασφάλειας, διενεργείται μια αξιολόγηση της ασφάλειας από πρόσωπα που έχουν κατάλληλες ικανότητες να αξιολογήσουν την ασφάλεια ενός πλοίου, σύμφωνα με τον κώδικα ISPS. Η αξιολόγηση της ασφάλειας πλοίου (SSA) θεωρείται ένα ουσιαστικό και αναπόσπαστο τμήμα της διαδικασίας δημιουργίας του Σχεδίου Ασφάλειας Πλοίου (SSP).

Μια ναυτιλιακή εταιρία μπορεί να διενεργήσει την Αξιολόγηση ασφάλειας πλοίου της (SSA), η αξιολόγηση πρέπει να περιλάβει μια επιτόπια (αυτοψία) επιθεώρηση ασφάλειας και, τουλάχιστον, τα παρακάτω στοιχεία:

1. προσδιορισμός των υπαρχόντων μέτρων ασφάλειας, διαδικασίες και λειτουργίες
2. προσδιορισμός και αξιολόγηση των βασικών διαδικασιών στο πλοίο που είναι σημαντικό να προστατεύονται
3. προσδιορισμός των πιθανών απειλών στις βασικές λειτουργίες πλοίου και πιθανότητα να συμβούν, προκειμένου να καθοριστούν και να δοθεί προτεραιότητα στα μέτρα ασφάλειας, και
4. προσδιορισμός των αδυναμιών, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπινων παραγόντων στην υποδομή, στις πολιτικές και στις διαδικασίες.

Η αξιολόγηση της ασφάλειας πλοίου πρέπει να τεκμηριωθεί, να αναθεωρηθεί, να γίνει αποδεκτή και να διατηρηθεί από την «εταιρεία». Πριν από την έναρξη της αξιολόγησης της ασφάλειας πλοίου, ο CSO πρέπει να εξασφαλίσει ότι του παρέχονται οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για την αξιολόγηση τυχών απειλής, για τους λιμένες στους οποίους το πλοίο θα προσεγγίσει ή στους οποίους επιβιβάζονται ή αποβιβάζονται επιβάτες και για τις λιμενικές εγκαταστάσεις και τα προστατευτικά μέτρα τους. Επίσης ο CSO πρέπει να μελετήσει τις προηγούμενες αναφορές σχετικά με παρόμοιες ανάγκες ασφάλειας, ενώ όπου είναι εφικτό, πρέπει να συναντηθεί με τα αρμόδια πρόσωπα στο πλοίο και στις λιμενικές εγκαταστάσεις για να συζητήσει το σκοπό και τη μεθοδολογία της αξιολόγησης.

Στο SSA πρέπει να εξετασθούν τα παρακάτω στοιχεία στο πλοίο:

1. φυσική ασφάλεια
2. κατασκευαστική ακεραιότητα
3. συστήματα προστασίας προσωπικού
4. διαδικαστικές πολιτικές

5. συστήματα ραδιοτηλεπικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένων των συγκροτημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών και των δικτύων
6. άλλες περιοχές που μπορούν, εάν χρησιμοποιηθούν για παράνομη παρατήρηση, να θέσουν έναν κίνδυνο στον άνθρωπο, ιδιοκτησία, ή λειτουργίες στο πλοίο ή μέσα σε μια λιμενική εγκατάσταση.

Να σημειωθεί ότι εκείνοι που εμπλέκονται σε μια αξιολόγηση της ασφάλειας πλοίου πρέπει να είναι σε θέση να ζητήσουν εξειδικευμένη βοήθεια σε σχέση με:

1. γνώση των τρεχόντων απειλών και των σχεδίων ασφάλειας
2. αναγνώριση και ανίχνευση όπλων, επικίνδυνων ουσιών και συσκευών
3. αναγνώριση, σε αμερόληπτη βάση, των χαρακτηριστικών μορφών συμπεριφοράς των προσώπων που είναι πιθανό να απειλήσουν την ασφάλεια
4. τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να καταστρατηγήσουν τα μέτρα ασφαλείας
5. μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να προκαλέσουν ένα γεγονός ασφάλειας
6. αποτελέσματα των εκρηκτικών υλών στις δομές και τον εξοπλισμό του πλοίου
7. ασφάλεια πλοίου
8. επιχειρησιακές πρακτικές διεπαφής πλοίου/λιμένα
9. σχέδια έκτακτης ανάγκης, προετοιμασία για έκτακτη ανάγκη και απόκριση
10. φυσική ασφάλεια
11. συστήματα ραδιοτηλεπικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένων των συγκροτημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών και των δικτύων
12. ναυτική μηχανολογία και
13. λειτουργίες πλοίου και λιμένων.

Ο CSO επιπλέον πρέπει να λάβει και να καταγράψει τις πληροφορίες που απαιτούνται για να διενεργήσει μια αξιολόγηση, που περιλαμβάνει:

1. το γενικό σχεδιάγραμμα του πλοίου
2. τη θέση των περιοχών που πρέπει να υπάρχει περιορισμένη πρόσβαση, όπως η γέφυρα ναυσιπλοΐας, οι χώροι μηχανημάτων και άλλοι σταθμοί ελέγχου.
3. τη θέση και τη λειτουργία κάθε πραγματικού ή πιθανού σημείου πρόσβασης στο πλοίο
4. τις αλλαγές παλίρροιας που μπορούν να επιδράσουν στην τρωτότητα ή την ασφάλεια του πλοίου
5. τους χώρους φορτίου και τις ρυθμίσεις στοιβασίας
6. τις θέσεις όπου αποθηκεύονται οι προμήθειες στο πλοίο και ο ουσιαστικός εξοπλισμός συντήρησης
7. τις θέσεις όπου αποθηκεύονται οι ασυνόδευτες αποσκευές
8. τον εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης και τον εφεδρικό διαθέσιμο για την διατήρηση των ουσιαστικών υπηρεσιών
9. τον αριθμό προσωπικού του πλοίου, οποιαδήποτε υπάρχοντα καθήκοντα ασφάλειας και οποιεσδήποτε υπάρχουσες απαιτήσεις πρακτικών κατάρτισης της «Εταιρείας»

10. τον υπάρχοντα εξοπλισμό προστασίας και ασφάλειας για την προστασία επιβατών και προσωπικού του πλοίου
11. τις οδούς διαφυγής και εγκατάλειψης και τους σταθμούς συγκέντρωσης που πρέπει να διατηρηθούν για να εξασφαλίσουν την τακτική και ασφαλή εγκατάλειψη σε έκτακτη ανάγκη του πλοίου
12. τις υπάρχουσες συμφωνίες με ιδιωτικές επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών ασφάλειας στο πλοίο συμπεριλαμβανομένων παράκτιων υπηρεσιών ασφαλείας και
13. τα υπάρχοντα μέτρα ασφάλειας και τις διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων επιθεώρησης και των διαδικασιών ελέγχου, προσδιορισμού, του εξοπλισμού επιτήρησης και ελέγχου, των εγγράφων προσδιορισμού προσωπικού και των επικοινωνιών, συναγερμού, φωτισμού, ελέγχου πρόσβασης και άλλων κατάλληλων συστημάτων.

Στην αξιολόγηση της ασφάλειας πλοίων πρέπει να εξετάζεται κάθε προσδιορισμένο σημείο της πρόσβασης, συμπεριλαμβανομένων των εκτεθειμένων στον καιρό καταστρωμάτων, και να αξιολογείται η δυνατότητα πρόσβασης για χρήση από τα άτομα που θα επιδιώξουν να παραβιάσουν την ασφάλεια. Αυτό συμπεριλαμβάνει τα σημεία πρόσβασης διαθέσιμα στα άτομα που έχουν νόμιμη πρόσβαση καθώς επίσης και εκείνων που επιδιώκουν να επιτύχουν μη εξουσιοδοτημένη είσοδο.

2.5.2 Αναλυτικότερα στοιχεία που πρέπει να περιλάβει μια επιτόπια (αυτοψία) επιθεώρηση ασφάλειας:

Στο SSA πρέπει να εξετάζεται η συνεχιζόμενη σχετικότητα των υπαρχουσών μέτρων ασφάλειας και καθοδήγησης, οι διαδικασίες και οι λειτουργίες, κάτω από καταστάσεις ρουτίνας και έκτακτης ανάγκης και πρέπει να καθορίζεται η καθοδήγηση ασφάλειας συμπεριλαμβανομένων:

- των περιοχών περιορισμένης πρόσβασης
- των διαδικασιών δράσης σε πυρκαγιά ή άλλες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης
- του επιπέδου επίβλεψης του προσωπικού του πλοίου, των επιβατών, των επισκεπτών, των προμηθευτών, των τεχνικών επισκευής, των εργαζομένων στις αποβάθρες, κ.λπ.
- της συχνότητας και της αποτελεσματικότητας των περιπόλων ασφάλειας
- των συστημάτων ελέγχου πρόσβασης, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων προσδιορισμού
- των συστημάτων επικοινωνιών ασφάλειας και των αντιστοίχων διαδικασιών
- των θυρών, των εμποδίων και του φωτισμού ασφαλείας και

- της ασφάλειας και του εξοπλισμού συστημάτων επιτήρησης, ενδεχομένως.

Επιπρόσθετα, στο SSA πρέπει να εξετάζονται τα πρόσωπα, οι δραστηριότητες, οι υπηρεσίες και οι λειτουργίες που είναι σημαντικό να προστατευθούν. Αυτό περιλαμβάνει:

1. το προσωπικό του πλοίου
2. τους επιβάτες, τους επισκέπτες, τους προμηθευτές, τους τεχνικούς επισκευής, το προσωπικό της λιμενικής εγκατάστασης, κ.λ.π.
3. την ικανότητα να διατηρηθεί ασφαλής ναυσιπλοΐα και την απόκριση σε έκτακτη ανάγκη
4. το φορτίο, ιδιαίτερα επικίνδυνα αγαθά ή επιβλαβείς ουσίες
5. τις αποθήκες του πλοίου
6. τον εξοπλισμό και τα συστήματα επικοινωνίας ασφάλειας πλοίου, εάν υπάρχουν και
7. τον εξοπλισμό και τα συστήματα επιτήρησης ασφάλειας του πλοίου, ενδεχομένως.

Στην αξιολόγηση της ασφάλειας πλοίου πρέπει ακόμα να εξετάζονται όλες οι πιθανές απειλές, οι οποίες μπορούν να περιλάβουν τους ακόλουθους τύπους γεγονότων ασφάλειας:

1. ζημία ή καταστροφή στο πλοίο ή σε μια λιμενική εγκατάσταση, π.χ. από εκρηκτικές συσκευές, εμπρησμό, δολιοφθορά ή βανδαλισμό
2. πειρατεία ή κατάληψη του πλοίου ή ομηρία προσώπων στο πλοίο
3. επέμβαση στο φορτίο, στον ουσιαστικό εξοπλισμό πλοίου ή στα συστήματα ή στις αποθήκες του πλοίου
4. μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή χρήση, συμπεριλαμβανομένης της παρουσίας λαθρεπιβατών
5. λαθραία διακίνηση όπλων ή εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων των όπλων μαζικής καταστροφής
6. χρήση του πλοίου για μεταφορά εκείνων που σκοπεύουν να προκαλέσουν ένα γεγονός ασφάλειας ή/και τον εξοπλισμό τους
7. χρήση του ίδιου του πλοίου ως όπλο ή ως μέσον να προκληθεί ζημία ή η καταστροφή
8. επιθέσεις από την πλευρά της θάλασσας ενώ το πλοίο ευρίσκεται στην προβλήτα ή στο αγκυροβόλιο και
9. επιθέσεις ενώ ευρίσκεται εν πλώ.

Τέλος στην αξιολόγηση της ασφάλειας πλοίου πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι πιθανές τρωτότητες, οι οποίες μπορεί να συμπεριλαμβάνουν:

1. σύγκρουση μεταξύ της ασφάλειας (safety) και των μέτρων ασφάλειας (security)

2. σύγκρουση μεταξύ των καθηκόντων στο πλοίο και των αναθέσεων ασφάλειας
3. καθήκοντα επιτήρησης, αριθμό προσωπικού του πλοίου, ιδιαίτερα με επιπτώσεις στην κούραση, την επαγρύπνηση και την απόδοση του πληρώματος
4. οποιεσδήποτε προσδιορισμένες ανεπάρκειες κατάρτισης ασφάλειας και
5. οποιοσδήποτε εξοπλισμός και συστήματα ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων επικοινωνιών.

Ο CSO και ο SSO πρέπει πάντα να έχουν υπόψη τους το αποτέλεσμα που τα μέτρα ασφάλειας μπορούν να έχουν στο προσωπικό του πλοίου, που θα παραμείνει στο πλοίο για μεγάλες περιόδους. Κατά την ανάπτυξη των μέτρων ασφάλειας, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ευκολία, την άνεση και την προσωπική μυστικότητα του προσωπικού του πλοίου και της ικανότητάς τους να διατηρήσουν την αποτελεσματικότητά τους κατά τη διάρκεια των μεγάλων περιόδων.

Με την ολοκλήρωση της αξιολόγησης της ασφάλειας πλοίου, πρέπει να προετοιμαστεί μια έκθεση, αποτελούμενη από μια περίληψη για το πώς διενεργήθηκε η αξιολόγηση, μια περιγραφή κάθε τρωτότητας που διαπιστώνεται κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης και μια περιγραφή των αντίμετρων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να εξετάσουν κάθε τρωτότητα. Η έκθεση πρέπει να προστατεύεται από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή κοινοποίηση.

2.5.3 Επιτόπιος επιθεώρηση ασφάλειας

Η επιτόπιος επιθεώρηση ασφάλειας είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα της αξιολόγησης της ασφάλειας πλοίου. Στην επιτόπιο επιθεώρηση ασφάλειας πρέπει να εξετάζονται και να αξιολογούνται τα υπάρχοντα προστατευτικά μέτρα στο πλοίο, διαδικασίες και λειτουργίες για:

1. εξασφάλιση της απόδοσης όλων των καθηκόντων ασφάλειας πλοίου
2. έλεγχο των περιοχών περιορισμένης πρόσβασης για εξασφάλιση ότι μόνο εξουσιοδοτημένα πρόσωπα έχουν πρόσβαση σε αυτές
3. έλεγχο πρόσβασης στο πλοίο, συμπεριλαμβανομένων οποιωνδήποτε συστημάτων ταυτοποίησης
4. έλεγχο των περιοχών στο πλοίο και των περιοχών που περιβάλλουν το πλοίο
5. έλεγχο επιβίβασης προσώπων και των προσωπικών τους ειδών (συνοδευόμενες και ασυνόδευτες αποσκευές και προσωπικά αντικείμενα προσωπικού πλοίου)
6. εποπτεία διαχείρισης του φορτίου και της παράδοσης των προμηθειών στο πλοίο και
7. εξασφάλιση ότι η επικοινωνία, η ενημέρωση, και ο εξοπλισμός ασφάλειας πλοίου είναι εύκολα διαθέσιμος.

2.5.4 Τρόπος διεξαγωγής της αποτίμησης ασφαλείας στα πλοία

Σκοπός της χρησιμοποίησης της αναφοράς

Η είκοσι σελίδων αναφορά που χρησιμοποιείται για την διενέργεια της αποτίμησης ασφαλείας στα πλοία είναι ευρέως διαδεδομένη και κατά τον τρόπο αυτό "τυποποιημένη" με τη μορφή λίστας ελέγχου (checklist). Η έρευνα για εντοπισμό διαφόρων τύπων αποτίμησης ασφαλείας σε πλοία διαφορετικών νηογνωμόνων οδήγησε στην πλειονότητα της στο συγκεκριμένο έγγραφο που παρατίθεται στο τέλος της εργασίας. Η συγκεκριμένη αναφορά συμπληρώνεται από τον υπεύθυνο ασφαλείας της εταιρείας (CSO) κατά τη διάρκεια αξιολόγησης που διεξάγεται με τη μορφή αυτοψίας.

Ειδικότερα, σκοπός της αναφοράς SSA (Ship Security Assessment) είναι να εξηγήσει τις μεθόδους αποτίμησης ασφαλείας και να καταστήσει εμφανείς τις αδυναμίες στην περιφρούρηση του πλοίου αλλά και τα μέτρα αντιμετώπισής τους σε οποιοδήποτε πρόσωπο διεξάγει την αποτίμηση μέσω της αναφοράς από το στάδιο 1 μέχρι το στάδιο 5. Στην συνέχεια θα προχωρήσουμε στην περιγραφή της εν λόγω αναφοράς, αναλύοντας το περιεχόμενο της ανά σελίδα.

Περιγραφή της αναφοράς

Σελίδα 1 / Προετοιμασία

Μπορούμε να διακρίνουμε δύο μέρη στην πρώτη σελίδα:

1. Την λεπτομερή παρουσίαση των στοιχείων του πλοίου, μερικά εκ των οποίων είναι:
    - το όνομα του πλοίου,
    - ο τύπος του,
    - η σημαία κράτους την οποία φέρει,
    - η συνολική χωρητικότητα του σε κόρους,
    - ο αριθμός αναγνώρισης του,
    - η κλάση του, κ.α.
2. Την ημερομηνία έγκρισης του εγγράφου αποτίμησης κινδύνου από τον CSO καθώς και τα στοιχεία του τελευταίου.

Report for Ship Security Assessment

Σελίδα 1

Ship's particular

Ship's name:	M.V. GATEWAY	*Ship's type:*	OIL TANKER
Flag:	PANAMANIAN	*Working language:*	ENGLISH
Port of registry:	PANAMA	*Crew nationality:*	JAPANESE AND PHILIPINO
Official number:	xxxxxxxx	*Regular service area, if any:*	INTERNATIONAL VOYAGE EAST ASIA TO MIDDLE EAST
Call sign:	xxxx	*Regular ports of call, if any:*	CHIBA & HIMEJI, JAPAN
IMO number:	IMO 1234567	*Class:*	NK
Gross tonnage:	147,568	*Class number:*	123456

Date of SSA conducted:	*From:* 01 Sep, 2003 *To:* 13 Sep, 2003	*Conducted by:*	COMPANY SECURITY OFFICER (Name)
Date of On-scene security survey conducted:	*From:* 09 Sep, 2003 *To:* 10 Sep, 2003	*Conducted by:*	COMPANY SECURITY OFFICER (Name)
Place of On-scene security survey conducted:	CHIBA, JAPAN		

Where the SSA has been conducted by other than the CSO;

Date of SSA reviewed and accepted by CSO:	N/A	*Name of CSO in charge:*	
		Signature of CSO:	

(Πίνακας 19: Σελίδα 1 της αναφοράς του SSA - προετοιμασία)

Σελίδα 2 / Τα πέντε στάδια του SSA

Συνοπτικά μπορούμε να διακρίνουμε ότι η αποτίμηση κινδύνου χωρίζεται σε πέντε βασικά στάδια:

- 1° στάδιο: Αναγνώριση πιθανών απειλών και ρίσκων
- 2° στάδιο: Αναγνώριση λειτουργιών του πλοίου που πρέπει να προστατευτούν.
- 3° στάδιο: Αναγνώριση και αποτίμηση πιθανών σεναρίων απειλής.
- (5° στάδιο: Επανάληψη της αποτίμησης μετά τη διενέργεια του $4^{ου}$ σταδίου.)
- 4° στάδιο: Αυτοψία αξιολόγησης ασφαλείας.

Σελίδα 2 / Προετοιμασία

Διευκρινίζονται πληροφορίες για τις συνθήκες λειτουργίας του πλοίου οι οποίες παίζουν ρόλο για την συνέχεια της αναφοράς, όπως:

- η περιοχή ναυσιπλοΐας,
- η τοποθεσία,
- η ταχύτητα πλοίου,
- ο τύπος φορτίου και
- το ύψος εξάλων.

Σελίδα 2

Summary of Ship Security Assessment

1st stage	*Identification of possible threat motives and potential security risks for the ship (A/8.4.3, B/8.2)*
2nd stage	*Identification & evaluation of key shipboard operations that it is important to protect (A/8.4.1, A/8.4.2, B/8.3, B/8.6, B/8,7, B/8.8)*
3rd stage *5th stage*	*Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences (A/8.4.3, B/8.9, B/8.10)*
4th stage	*On-scene Security Survey (A/8.4.4, B/8.5, B/8.14)*

This Ship Security Assessment has been conducted based on the following elements

Elements	*Scenario considered*				
1. Navigational area	☒ *In port* ( )	☒ *Passing straight* ( )	☒ *Passing channel* ( )	☒ *Passing coastal* ( )	☐ *Ocean going* ( )
2. Ship's location	☒ *Pirates affected areas*	☒ *Civil war areas*	☒ *No special remark areas*		
3. Navigational speed	☒ *Drifting*	☒ *Less than 12 knots*	☒ *Over 12 knots*		
4. Cargo	☒ *Explosives*	☒ *Dangerous goods*	☐ *Radio active substances*	☐ *No special remark cargo*	
5. Freeboard	☐ *Less than 5 m*	☒ *5 to 10 m*	☒ *Over 10 m*		
	☐	☐	☐	☐	☐

(Πίνακας 20: Σελίδα 2 της αναφοράς του SSA – τα πέντε στάδια του SSA)

Σελίδα 2

Summary of Ship Security Assessment

1st stage	*Identification of possible threat motives and potential security risks for the ship (A/8.4.3, B/8.2)*
2nd stage	*Identification & evaluation of key shipboard operations that it is important to protect (A/8.4.1, A/8.4.2, B/8.3, B/8.6, B/8,7, B/8.8)*
3rd stage *5th stage*	*Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences (A/8.4.3, B/8.9, B/8.10)*
4th stage	*On-scene Security Survey (A/8.4.4, B/8.5, B/8.14)*

This Ship Security Assessment has been conducted based on the following elements

Elements	*Scenario considered*				
1. Navigational area	☒ *In port* ( )	☒ *Passing straight* ( )	☒ *Passing channel* ( )	☒ *Passing coastal* ( )	☐ *Ocean going* ( )
2. Ship's location	☒ *Pirates affected areas*	☒ *Civil war areas*	☒ *No special remark areas*		
3. Navigational speed	☒ *Drifting*	☒ *Less than 12 knots*	☒ *Over 12 knots*		
4. Cargo	☒ *Explosives*	☒ *Dangerous goods*	☐ *Radio active substances*	☐ *No special remark cargo*	
5. Freeboard	☐ *Less than 5 m*	☒ *5 to 10 m*	☒ *Over 10 m*		
	☐	☐	☐	☐	☐

(Πίνακας 21: Σελίδα 2 της αναφοράς του SSA - προετοιμασία)

Σελίδα 3 / Προετοιμασία

Στο κομμάτι αυτό της αναφοράς καταγράφονται οι κατάλληλες πληροφορίες υπόβαθρου (background information) με τη μορφή λίστας ελέγχου 13^{ων} ερωτημάτων. Έχουμε δύο επιλογές:

1. την επιλογή "ναι" αν η εν λόγω πληροφορία παρέχεται από τον CSO κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης της ασφαλείας και
2. την επιλογή "όχι" αν η πληροφορία αυτή δεν παρέχεται. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να δικαιολογηθεί με σχόλια η επιλογή.

Σελίδα 3 *ducted by the CSO, has the CSO obtained the following background information? Or where the SSA has been conducted by other than the CSO, has the person who conducted the SSA received the following background information from the CSO?*

Yes	No	Background Information
☒	☐	1. the general layout of the ship
☒	☐	2. the location of areas which should have restricted access, such as navigation bridge, machinery spaces of category A and other control stations as defined in SOLAS chapter II-2, etc
☒	☐	3. the location and function of each actual or potential access point to the ship
☒	☐	4. changes in the tide which may have an impact on the vulnerability or security of the ship
☒	☐	5. the cargo spaces and stowage arrangements
☒	☐	6. the locations where the ship's stores and essential maintenance equipment is stored
☒	☐	7. the locations where unaccompanied baggage is stored
☒	☐	8. the emergency and stand-by equipment available to maintain essential services
☒	☐	9. the number of ship's personnel, any existing security duties and any existing training requirement practices of the Company
☒	☐	10. existing security and safety equipment for the protection of passengers and ship's personnel
☒	☐	11. escape and evacuation routes and assembly stations which have to be maintained to ensure the orderly and safe emergency evacuation of the ship
☐	☒	12. existing agreements with private security companies providing ship/waterside security services (WILL ENTER INTO A CONTRACT IN TIME WHEN NECESSARY)
☒	☐	13. Existing security measures and procedures in effect, including inspection and, control procedures, identification systems, surveillance and monitoring equipment, personnel identification documents and communication, alarms, lighting, access control and other appropriate systems.

(Πίνακας 22: Σελίδα 3 της αναφοράς του SSA - προετοιμασία)

Σελίδα 4 / Προετοιμασία

Περιλαμβάνει μια λίστα ελέγχου επιλογής ανάμεσα σε "ναι" και "όχι" ερωτήσεων χωρισμένες σε τρεις υποκατηγορίες:

1. Προστασία προσώπων, δραστηριοτήτων, λειτουργιών, εξοπλισμού και φορτίου βάση του κανονισμού B/8.8 του κώδικα ISPS.
2. Εντοπισμός πιθανών τρωτών σημείων της ασφαλείας του πλοίου σύμφωνα με τον κανονισμού B/8.10 του κώδικα ISPS.
3. Ειδικοί λόγοι αποφάσεων βάση του κανονισμού B/8.11 του κώδικα ISPS.

Σελίδα 4 *the SSA considered the following items?*

Yes	No	Item that is important to protect
☒	☐	1. the ship's personnel
☒	☐	2. passengers, visitors, vendors, repair technicians, port facility personnel
☒	☐	3. the capacity to maintain safe navigation and emergency response
☒	☐	4. the cargo, particularly dangerous goods or hazardous substances
☒	☐	5. the ship's stores
☒	☐	6. the ship security communication equipment and systems, if any
☒	☐	7. the ship's security surveillance equipment and systems, if any
Yes	**No**	**possible vulnerabilities**
☒	☐	8. conflicts between safety and security measures
☒	☐	9. conflicts between shipboard duties and security assignments
☒	☐	10. watch-keeping duties, number of ship's personnel, particularly with implications on crew fatigue, alertness and performance
☒	☐	11. any identified security training deficiencies
☒	☐	12. any security equipment and systems, including communication systems
Yes	**No**	**Special consideration**
☒	☐	13. particular consideration which is given to the convenience, comfort and personal privacy of the ship's personnel and their ability to maintain their effectiveness over long periods

1 B/8.8

2 B/8.10

3 B/8.11

(Πίνακας 23: Σελίδα 4 της αναφοράς του SSA - προετοιμασία)

Σελίδα 5&6 / Ανάλυση 1ου σταδίου (1/3)

Περιλαμβάνεται σαν πρώτο βήμα η αναγνώριση πιθανών κινήτρων απειλής και ρίσκων για την ασφάλεια του πλοίου. Έτσι η λίστα που δίνεται για συμπλήρωμα είναι κατηγοριοποιημένη σε πέντε τομείς ενδεχομένων κινδύνων οι οποίοι προέρχονται από:

- πολιτικά κίνητρα,
- κίνητρα συμβολικής φύσεως,
- προσπάθεια φθοράς οικονομικού χαρακτήρα,
- ζημιά στην κοινωνία/βιομηχανία,
- πρόκληση φόβου κ.α.

Από αυτό το στάδιο μπορούν να προκύψουν συγκεκριμένα αντίμετρα για την αποφυγή των παραπάνω καταστάσεων.

1st stage: Identification of possible threat motives and potential security risks for the ship

Σελίδα 5 (1/3)

	Security risks	Example	Likelihood			Comment
			Unlikely	Probable	Likely	
1. Political motives						
1.1	Does it exist political (incl. religious, ideological, ethnical, nationalistic) motives related to your ship (flag, owner, crew) or trade (cargo, passengers, trade area or port)?	Cargo (e.g. weapon parts, Norwegian whale, nuclear cargo) and trade area/port (Middle East, US)	☐	☒	☐	CARGO: CRUDE OIL TRADE AREA: PERSIAN GULF
1.2	Does your ship trade in an area with unstable political situation?	Countries with elections, demonstrations, civil war, riots (West Africa, Middle East)	☐	☐	☒	MIDDLE EAST
1.3	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	N/A
2. Symbolic motives						
2.1	Can your ship be used as a means to harm symbolic constructions on the trade?	Well known buildings, statues, bridges, etc. (Golden gate, Sidney opera, etc.)	☐	☒	☐	AKASHI KAIKYO BRIDGE
2.2	Does your ship visit a port where international events take place?	Exhibitions, sports, political, etc. (Olympic Games, EXPO, WTO meeting, etc.)	☐	☒	☐	BIG EVENT AVAILABLE ALWAYS IN TOKYO
2.3	Can your ship be used as means to harm important environmental areas?	Areas for tourism, commercial exploitation of nature (fish farming, beaches, coastal cities, etc.)	☐	☐	☒	OIL POLLUTION TO SINGAPORE, TOKYO
2.4	Does your ship itself represent or carry a symbolic value?	Ship carries special cargo (e.g. weapons), support operations (oil to war actions, equipment to industry projects), represent attitudes at debate (cruise, natural resources, etc.).	☒	☐	☐	
2.5	Does the visibility or the profile of your ship, company or brand represent a motive for unlawful acts?	Because of your policy (exploitation of labour, political attitudes), the operations you are involved (natural resources, weapons, etc.).	☒	☐	☐	
2.6	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	N/A
3. Economical damages						
3.1	Does your ship carry special cargo?	Plutonium, equipment for mass destruction, etc.	☐	☒	☐	CRUDE OIL TO DAMAGE ENVIRONMENT
3.2	Is it likely that terror related smuggling take place from ports your ship is visiting?	Smuggling of people/goods from Africa to Italy. (Intelligence)	☒	☐	☐	
3.3	Is it likely that your crew can take part in or embrace terror related smuggling?	Ethnical motives and common cause.	☒	☐	☐	
3.4	Is your ship trading in an area known for piracy?	See Annual Piracy Report (ICC)	☐	☐	☒	MALACCA STRAIT

(Πίνακας 24: Σελίδα 5 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 1ου σταδίου (1/3))

Σελίδα 5&6 / Ανάλυση 1ου σταδίου (2/3)

Σαν δεύτερο βήμα στις σελίδες αυτές έχουμε την επιλογή ανάμεσα σε τρία επίπεδα πιθανής εμφάνισης των ενδεχομένων που περιγράψαμε στο προηγούμενο βήμα, έτσι:

1. επιλέγουμε "αδύνατο" αν πιστεύουμε ότι δεν υπάρχει περίπτωση να συναρτήσουμε αυτό το σενάριο απειλής.
2. επιλέγουμε "πιθανό" αν πιστεύουμε ότι ενδέχεται να αντιμετωπίσουμε αυτό το σενάριο απειλής.
3. επιλέγουμε "πολύ πιθανό" αν πιστεύουμε ότι είναι μεγάλη η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί αυτό το σενάριο απειλής.

Σελίδα 5&6 / Ανάλυση 1ου σταδίου (3/3)

Στο τρίτο και τελευταίο βήμα στις σελίδες αυτές έχουμε την αναφορά σε μορφή σχολίων τυχών μέτρων που έχουν παρθεί για την αντιμετώπιση των ενδεχομένων που περιγράψαμε στο πρώτο βήμα και επιπλέον την διευκρίνηση σε περίπτωση που στο προηγούμενο βήμα έχουν γίνει οι επιλογές "πιθανό" και "πολύ πιθανό".

1st stage: *Identification of possible threat motives and potential security risks for the ship*

Σελίδα 5 (2/3)

	Security risks	Example	Likelihood			Comment
			Unlikely	Probable	Likely	
1. Political motives						
1.1	Does it exist political (incl. religious, ideological, ethnical, nationalistic) motives related to your ship (flag, owner, crew) or trade (cargo, passengers, trade area or port)?	Cargo (e.g. weapon parts, Norwegian whale, nuclear cargo) and trade area/port (Middle East, US)	☐	☒	☐	CARGO: CRUDE OIL TRADE AREA: PERSIAN GULF
1.2	Does your ship trade in an area with unstable political situation?	Countries with elections, demonstrations, civil war, riots (West Africa, Middle East)	☐	☐	☒	MIDDLE EAST
1.3	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	N/A
2. Symbolic motives						
2.1	Can your ship be used as a means to harm symbolic constructions on the trade?	Well known buildings, statues, bridges, etc. (Golden gate, Sidney opera, etc.)	☐	☒	☐	AKASHI KAIKYO BRIDGE
2.2	Does your ship visit a port where international events take place?	Exhibitions, sports, political, etc. (Olympic Games, EXPO, WTO meeting, etc.)	☐	☒	☐	BIG EVENT AVAILABLE ALWAYS IN TOKYO
2.3	Can your ship be used as means to harm important environmental areas?	Areas for tourism, commercial exploitation of nature (fish farming, beaches, coastal cities, etc.)	☐	☐	☒	OIL POLLUTION TO SINGAPORE, TOKYO
2.4	Does your ship itself represent or carry a symbolic value?	Ship carries special cargo (e.g. weapons), support operations (oil to war actions, equipment to industry projects), represent attitudes at debate (cruize, natural resources, etc.).	☒	☐	☐	
2.5	Does the visibility or the profile of your ship, company or brand represent a motive for unlawful acts?	Because of your policy (exploitation of labour, political attitudes), the operations you are involved (natural resources, weapons, etc.).	☒	☐	☐	
2.6	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	N/A
3. Economical damages						
3.1	Does your ship carry special cargo?	Plutonium, equipment for mass destruction, etc.	☐	☒	☐	CRUDE OIL TO DAMAGE ENVIRONMENT
3.2	Is it likely that terror related smuggling take place from ports your ship is visiting?	Smuggling of people/goods from Africa to Italy. (Intelligence)	☒	☐	☐	
3.3	Is it likely that your crew can take part in or embrace terror related smuggling?	Ethnical motives and common cause.	☒	☐	☐	
3.4	Is your ship trading in an area known for piracy?	See Annual Piracy Report (ICC)	☐	☐	☒	MALACCA STRAIT

(Πίνακας 25: Σελίδα 5 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 1ου σταδίου (2/3))

1st stage: *Identification of possible threat motives and potential security risks for the ship*

Σελίδα 5 (3/3)

	Security risks	Example	Likelihood			Comment
			Unlikely	Probable	Likely	
1. Political motives						
1.1	Does it exist political (incl. religious, ideological, ethnical, nationalistic) motives related to your ship (flag, owner, crew) or trade (cargo, passengers, trade area or port)?	Cargo (e.g. weapon parts, Norwegian whale, nuclear cargo) and trade area/port (Middle East, US)	☐	☒	☐	CARGO: CRUDE OIL TRADE AREA: PERSIAN GULF
1.2	Does your ship trade in an area with unstable political situation?	Countries with elections, demonstrations, civil war, riots (West Africa, Middle East)	☐	☐	☒	MIDDLE EAST
1.3	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	N/A
2. Symbolic motives						
2.1	Can your ship be used as a means to harm symbolic constructions on the trade?	Well known buildings, statues, bridges, etc. (Golden gate, Sidney opera, etc.)	☐	☒	☐	AKASHI KAIKYO BRIDGE
2.2	Does your ship visit a port where international events take place?	Exhibitions, sports, political, etc. (Olympic Games, EXPO, WTO meeting, etc.)	☐	☒	☐	BIG EVENT AVAILABLE ALWAYS IN TOKYO
2.3	Can your ship be used as means to harm important environmental areas?	Areas for tourism, commercial exploitation of nature (fish farming, beaches, coastal cities, etc.)	☐	☐	☒	OIL POLLUTION TO SINGAPORE, TOKYO
2.4	Does your ship itself represent or carry a symbolic value?	Ship carries special cargo (e.g. weapons), support operations (oil to war actions, equipment to industry projects), represent attitudes at debate (cruize, natural resources, etc.).	☒	☐	☐	
2.5	Does the visibility or the profile of your ship, company or brand represent a motive for unlawful acts?	Because of your policy (exploitation of labour, political attitudes), the operations you are involved (natural resources, weapons, etc.).	☒	☐	☐	
2.6	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	N/A
3. Economical damages						
3.1	Does your ship carry special cargo?	Plutonium, equipment for mass destruction, etc.	☐	☒	☐	CRUDE OIL TO DAMAGE ENVIRONMENT
3.2	Is it likely that terror related smuggling take place from ports your ship is visiting?	Smuggling of people/goods from Africa to Italy. (Intelligence)	☒	☐	☐	
3.3	Is it likely that your crew can take part in or embrace terror related smuggling?	Ethnical motives and common cause.	☒	☐	☐	
3.4	Is your ship trading in an area known for piracy?	See Annual Piracy Report (ICC)	☐	☐	☒	MALACCA STRAIT

(Πίνακας 26: Σελίδα 5 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 1ου σταδίου (3/3))

Σελίδα 7&8 / Ανάλυση 2ου σταδίου (1/3)

Σαν πρώτο βήμα στις σελίδες 7 και 8 βρισκόμαστε πριν την υλοποίηση του 2ου σταδίου της αναφοράς. Εδώ γίνεται προσπάθεια να εντοπίσουμε σε αρχικό επίπεδο τα πιθανά αντικείμενα προστασίας του πλοίου, όπως ορίζονται από τον κανονισμό B/9.8 του κώδικα ISPS, και να καταλήξουμε έτσι σε μια λεπτομερή λίστα προτεινόμενων μέτρων ασφαλείας.

Σελίδα 7 (1/3) *Identification & evaluation of key shipboard operations that it is important to protect*

Operations with related systems, areas and personnel		*Criticality*		*Are security measures in place?*		*Existing measures, procedures, operations, weakness, limitations*
		Low	*High*	*Yes*	*No*	
1. ACCESS CONTROL – Personnel, passengers, visitors, etc.						
1.1	*Access ladders*	☐	☒	☒	☐	GUARD LADDER BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE
1.2	*Access gangways*	☐	☒	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE, IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE
1.3	*Access ramps*	☐	☐	☐	☐	N/A
1.4	*Access doors, side scuttles, windows and ports*	☐	☒	☒	☐	LIMIT ACCESS DOORS TO SINGLE AND GUARD BY CREW, CLOSE ALL WINDOWS AND PORTS IN PORT
1.5	*Mooring ropes and anchor chains*	☐	☒	☒	☐	RAT GUARDS ON MOORING ROPES, CLOSE HAUSE PIPE
1.6	*Cranes and hosting gear*	☒	☐	☒	☐	GUARD BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE
1.7	*Access by ships side (freeboard)*	☐	☒	☒	☐	PATROL ON DECK
1.8	*Equipment and baggage brought onboard*	☐	☒	☒	☐	100 % INSPECTION
1.9	*Unaccompanied baggage found onboard*	☐	☒	☒	☐	REFUSAL TO ACCEPT
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	N/A
2. RESTRICTED AREAS ON THE SHIP						
2.1	*Navigation bridge*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.2	*Navigational means (radio, radar, GPS, etc.)*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.3	*Machinery spaces, power supplies, steering rooms*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.4	*Control rooms*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.5	*Galley/pantry*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.6	*Ventilation and air conditioning system*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.7	*Spaces with access to potable water tanks, pumps or manifold*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA, MARKING, OPERATION STATION LOCK, SECURED MANIFOLD BY CHAIN
2.8	*Hull, ballast tanks*	☐	☒	☒	☐	SECURED BALLAST TANK
2.9	*Rudder and propeller*	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK (STEERING ROOM), SOURCE AND PUMPS BREAKER OFF
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	N/A
3. CARGO HANDLING						

(Πίνακας 27: Σελίδα 7 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 2ου σταδίου (1/3))

Σελίδα 7&8 / Ανάλυση 2ου σταδίου (2/3)

Στο βήμα αυτό ο CSO αποφαίνεται για την κρισιμότητα που έχουν για το συγκεκριμένο πλοίο τα αντικείμενα προστασίας του προηγούμενου βήματος και το πράττει επιλέγοντας ανάμεσα στο "χαμηλή" και "υψηλή" για το καθένα από αυτά.

Σελίδα 7 (2/3) *Identification & evaluation of key shipboard operations that it is important to protect*

	Operations with related systems, areas and personnel	Criticality		Are security measures in place?		Existing measures, procedures, operations, weakness, limitations
		Low	High	Yes	No	
1. ACCESS CONTROL – Personnel, passengers, visitors, etc.						
1.1	Access ladders	☐	☒	☒	☐	GUARD LADDER BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE
1.2	Access gangways	☐	☒	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE, IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE
1.3	Access ramps	☐	☐	☐	☐	N/A
1.4	Access doors, side scuttles, windows and ports	☐	☒	☒	☐	LIMIT ACCESS DOORS TO SINGLE AND GUARD BY CREW, CLOSE ALL WINDOWS AND PORTS IN PORT
1.5	Mooring ropes and anchor chains	☐	☒	☒	☐	RAT GUARDS ON MOORING ROPES, CLOSE HAUSE PIPE
1.6	Cranes and hosting gear	☒	☐	☒	☐	GUARD BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE
1.7	Access by ships side (freeboard)	☐	☒	☒	☐	PATROL ON DECK
1.8	Equipment and baggage brought onboard	☐	☒	☒	☐	100 % INSPECTION
1.9	Unaccompanied baggage found onboard	☐	☒	☒	☐	REFUSAL TO ACCEPT
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	N/A
2. RESTRICTED AREAS ON THE SHIP						
2.1	Navigation bridge	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.2	Navigational means (radio, radar, GPS, etc.)	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.3	Machinery spaces, power supplies, steering rooms	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.4	Control rooms	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.5	Galley/pantry	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.6	Ventilation and air conditioning system	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.7	Spaces with access to potable water tanks, pumps or manifold	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA, MARKING, OPERATION STATION LOCK, SECURED MANIFOLD BY CHAIN
2.8	Hull, ballast tanks	☐	☒	☒	☐	SECURED BALLAST TANK
2.9	Rudder and propeller	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK (STEERING ROOM), SOURCE AND PUMPS BREAKER OFF
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	N/A
3. CARGO HANDLING						

(Πίνακας 28: Σελίδα 7 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 2^{ου} σταδίου (2/3))

Σελίδα 7&8 / Ανάλυση 2^{ου} σταδίου (3/3)

Στο τρίτο και τελευταίο βήμα εξετάζεται η παρουσία μέτρων προστασίας για τα αντικείμενα με τα οποία ασχοληθήκαμε στο δεύτερο βήμα. Εδώ έχουμε να επιλέξουμε ανάμεσα στο "ναι" και "όχι" και στην συνέχεια να επεξηγήσουμε την επιλογή αυτή με σχόλια στην αριστερή στήλη.

- Αν έχουμε επιλέξει το "όχι" προτείνουμε στην αριστερή στήλη πιθανά μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος.
- Αν τα μέτρα προστασίας υπάρχουν αλλά είναι ανεπαρκή, παρά το τσεκάρισμα της επιλογής "ναι" προτείνουμε στην αριστερή στήλη επιπρόσθετα μέτρα.

Σελίδα 7 (3/3) *Identification & evaluation of key shipboard operations that it is important to protect*

	Operations with related systems, areas and personnel	Criticality		Are security measures in place?		Existing measures, procedures, operations, weakness, limitations
		Low	High	Yes	No	
1. ACCESS CONTROL – Personnel, passengers, visitors, etc.						
1.1	Access ladders	☐	☒	☒	☐	GUARD LADDER BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE
1.2	Access gangways	☐	☒	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE, IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE
1.3	Access ramps	☐	☐	☐	☐	N/A
1.4	Access doors, side scuttles, windows and ports	☐	☒	☒	☐	LIMIT ACCESS DOORS TO SINGLE AND GUARD BY CREW, CLOSE ALL WINDOWS AND PORTS IN PORT
1.5	Mooring ropes and anchor chains	☐	☒	☒	☐	RAT GUARDS ON MOORING ROPES, CLOSE HAUSE PIPE
1.6	Cranes and hosting gear	☒	☐	☒	☐	GUARD BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE
1.7	Access by ships side (freeboard)	☐	☒	☒	☐	PATROL ON DECK
1.8	Equipment and baggage brought onboard	☐	☒	☒	☐	100 % INSPECTION
1.9	Unaccompanied baggage found onboard	☐	☒	☒	☐	REFUSAL TO ACCEPT
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	N/A
2. RESTRICTED AREAS ON THE SHIP						
2.1	Navigation bridge	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.2	Navigational means (radio, radar, GPS, etc.)	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.3	Machinery spaces, power supplies, steering rooms	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.4	Control rooms	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.5	Galley/pantry	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.6	Ventilation and air conditioning system	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK
2.7	Spaces with access to potable water tanks, pumps or manifold	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA, MARKING, OPERATION STATION LOCK, SECURED MANIFOLD BY CHAIN
2.8	Hull, ballast tanks	☐	☒	☒	☐	SECURED BALLAST TANK
2.9	Rudder and propeller	☐	☒	☒	☐	RESTRICTED AREA , MARKING, LOCK (STEERING ROOM), SOURCE AND PUMPS BREAKER OFF
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	N/A
3. CARGO HANDLING						

(Πίνακας 29: Σελίδα 7 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 2^{ου} σταδίου (3/3))

Σελίδα 9&10 / Ανάλυση 3^{ου} σταδίου (1/5)

Εμφανίζονται με τη μορφή λίστας πιθανά σενάρια απειλής βάση του κανονισμού B/8.9 του κώδικα ISPS.

Σελίδα 9&10 / Ανάλυση 3^{ου} σταδίου (2/5)

Εξετάζουμε αν τα προηγούμενα σενάρια απειλής είναι σχετικά με το πλοίο μας. Στην περίπτωση που δεν είναι (επιλογή του "όχι") τα κελιά αριστερά παραμένουν κενά.

Σελίδα 9 (1/5) *Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences*

	Possible threat scenarios	Relevant		Possible Consequences			Likelihood		3rd stage		5th stage
		Yes	No	Moderate 1	High 2	Extreme 3	Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
1. Damage to, or destruction of, the ship (Bombing, arson, sabotage, vandalism)											
1.1	Conceal explosives onboard, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.2	Bring explosives onboard, suicidal/high risk action	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.3	Place explosives in cargo, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☒ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐	3	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
1.4	Attach explosives to hull, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.5	Open bow, side or stern ports, cargo hatch to sink or capsize	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐		~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	
2. Tampering with cargo, essential ship equipment or systems or ship's store											
2.1	Contaminate drinking water, food or air-conditioning	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
2.2	Contaminate cargo	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☒ 5th ☐	2	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
3. Unauthorized access or use including presence of stowaways											
3.1	Stowaways sneaking onboard, concealment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
3.2	Boarding ship at port or during voyage as "passenger" or "crew"	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
3.3	Boarding ship at port or during voyage as "pilot", "supplier", "surveyor", fake castaway	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
4. Smuggling weapon or equipment, including weapons of mass destruction											
4.1	Conceal weapons/equipment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3

(Πίνακας 30: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (1/5))

Σελίδα 9 (2/5) *Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences*

	Possible threat scenarios	Relevant		Possible Consequences			Likelihood		3rd stage		5th stage
		Yes	No	Moderate 1	High 2	Extreme 3	Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
1. Damage to, or destruction of, the ship (Bombing, arson, sabotage, vandalism)											
1.1	Conceal explosives onboard, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.2	Bring explosives onboard, suicidal/high risk action	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.3	Place explosives in cargo, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☒ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐	3	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
1.4	Attach explosives to hull, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.5	Open bow, side or stern ports, cargo hatch to sink or capsize	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐		~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	
2. Tampering with cargo, essential ship equipment or systems or ship's store											
2.1	Contaminate drinking water, food or air-conditioning	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
2.2	Contaminate cargo	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☒ 5th ☐	2	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
3. Unauthorized access or use including presence of stowaways											
3.1	Stowaways sneaking onboard, concealment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
3.2	Boarding ship at port or during voyage as "passenger" or "crew"	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
3.3	Boarding ship at port or during voyage as "pilot", "supplier", "surveyor", fake castaway	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
4. Smuggling weapon or equipment, including weapons of mass destruction											
4.1	Conceal weapons/equipment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3

(Πίνακας 31: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (2/5))

Σελίδα 9&10 / Ανάλυση 3ου σταδίου (3/5)

Για τα πιθανά σενάρια απειλής που προέκυψαν από το προηγούμενο βήμα εξετάζουμε τις επιπτώσεις που θα είχαν με την εμφάνισή τους πάνω στο πλοίο. Οι επιπτώσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες "μέτριες", "μεγάλες" και "υπερβολικά μεγάλες". Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι είναι στην κρίση του εκτιμητή (CSO) να επιλέξει σε ποια από αυτές (τις κατηγορίες) θα τοποθετήσει την κάθε απειλή, καθώς δεν ορίζεται κάποια κλίμακα στην οποία να στηριχτεί.

Σενάριο 9 (3/5) *Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences*

Possible threat scenarios		Relevant		Possible Consequences			Likelihood		3rd stage		5th stage
		Yes	No	Moderate 1	High 2	Extreme 3	Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
1. Damage to, or destruction of, the ship (Bombing, arson, sabotage, vandalism)											
1.1	Conceal explosives onboard, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.2	Bring explosives onboard, suicidal/high risk action	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.3	Place explosives in cargo, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☒ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐	3	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	N/A
1.4	Attach explosives to hull, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/~~3*~~ 4*/5*/6*	3
1.5	Open bow, side or stern ports, cargo hatch to sink or capsize	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐		~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	
2. Tampering with cargo, essential ship equipment or systems or ship's store											
2.1	Contaminate drinking water, food or air-conditioning	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	2
2.2	Contaminate cargo	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☒ 5th ☐	2	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	N/A
3. Unauthorized access or use including presence of stowaways											
3.1	Stowaways sneaking onboard, concealment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	2
3.2	Boarding ship at port or during voyage as "passenger" or "crew"	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/~~3*~~ ~~4*/5*~~/6*	2
3.3	Boarding ship at port or during voyage as "pilot", "supplier", "surveyor", fake castaway	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	3
4. Smuggling weapon or equipment, including weapons of mass destruction											
4.1	Conceal weapons/equipment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	3

(Πίνακας 32: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (3/5))

Σελίδα 9&10 / Ανάλυση 3ου σταδίου (4/5)

Ορίζεται, πάλι με βάση την κρίση του ατόμου που διεξάγει την αποτίμηση, η "πιθανότητα" πραγματοποίησης των σεναρίων απειλής. Η επιλογή γίνεται ανάμεσα σε "μη πιθανά" και "πιθανά", όπου σενάρια τα οποία έχουν εμφανιστεί κατά το παρελθόν ή θεωρούνται γνωστά κατατάσσονται στην δεύτερη κατηγορία. Να επισημάνουμε ότι το τσεκάρισμα της πιθανότητας θα γίνει στα κελία επιλογής της επάνω γραμμής που αναγράφουν δίπλα ότι αναφέρονται στο 3ο στάδιο της αναφοράς.

Σελίδα 9 (4/5) *Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences*

Possible threat scenarios		Relevant		Possible Consequences			Likelihood		3rd stage		5th stage
		Yes	No	Moderate 1	High 2	Extreme 3	Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
1. Damage to, or destruction of, the ship (Bombing, arson, sabotage, vandalism)											
1.1	Conceal explosives onboard, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.2	Bring explosives onboard, suicidal/high risk action	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.3	Place explosives in cargo, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☒ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐	3	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
1.4	Attach explosives to hull, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.5	Open bow, side or stern ports, cargo hatch to sink or capsize	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐		~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	
2. Tampering with cargo, essential ship equipment or systems or ship's store											
2.1	Contaminate drinking water, food or air-conditioning	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*~~/3*~~ 4*~~/5*~~/6*	2
2.2	Contaminate cargo	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☒ 5th ☐	2	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
3. Unauthorized access or use including presence of stowaways											
3.1	Stowaways sneaking onboard, concealment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*~~/3*~~ 4*~~/5*~~/6*	2
3.2	Boarding ship at port or during voyage as "passenger" or "crew"	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*~~/3*~~ ~~4*/5*~~/6*	2
3.3	Boarding ship at port or during voyage as "pilot", "supplier", "surveyor", fake castaway	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*~~/3*~~ 4*~~/5*~~/6*	3
4. Smuggling weapon or equipment, including weapons of mass destruction											
4.1	Conceal weapons/equipment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*~~/3*~~ 4*~~/5*~~/6*	3

(Πίνακας 33: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (4/5))

Σελίδα 9&10 / Ανάλυση 3ου σταδίου (5/5)

Στο βήμα αυτό πολλαπλασιάζονται η στήλη των "πιθανών επιπτώσεων" με αυτήν των "πιθανοτήτων" (πιο συγκεκριμένα πολλαπλασιάζονται οι αριθμοί που χαρακτηρίζουν κάθε στήλη) και προκύπτει το "μέγεθος τρωτότητας". Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται σαν δείκτης για την ανάγκη χρήσης μέτρων αντιμετώπισης και η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει είναι 6. Έτσι αν το "μέγεθος τρωτότητας" ("vulnerability score") είναι 4 και πάνω πρέπει να παρθούν μέτρα, στις υπόλοιπες περιπτώσεις αυτό δεν κρίνεται αναγκαίο. Τα μέτρα αντιμετώπισης που προτείνει η αναφορά είναι τα παρακάτω και το ποια από αυτά εφαρμόζονται, ανάλογα με το σενάριο που καλείται να αντιμετωπιστεί, θα διαπιστωθεί κατά την αξιολόγηση ασφάλειας στο επόμενο στάδιο της αναφοράς.

1. Έλεγχος πρόσβασης στο πλοίο
2. Δημιουργία απαγορευμένων ζωνών στο πλοίο
3. Έλεγχος του φορτίου
4. Έλεγχος κατά την παραλαβή των εφοδίων του πλοίου
5. Χειρισμός των ασυνόδευτων αποσκευών
6. Παρακολούθηση ασφαλείας.

Σελίδα 9 (5/5) *Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences*

	Possible threat scenarios	Relevant		Possible Consequences			Likelihood		3rd stage		5th stage
		Yes	No	Moderate 1	High 2	Extreme 3	Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
1. Damage to, or destruction of, the ship (Bombing, arson, sabotage, vandalism)											
1.1	Conceal explosives onboard, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.2	Bring explosives onboard, suicidal/high risk action	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.3	Place explosives in cargo, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☒ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐	3	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
1.4	Attach explosives to hull, initiate with timer or remote device	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
1.5	Open bow, side or stern ports, cargo hatch to sink or capsize	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐		~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	
2. Tampering with cargo, essential ship equipment or systems or ship's store											
2.1	Contaminate drinking water, food or air-conditioning	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	2
2.2	Contaminate cargo	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☐ 5th ☐	3rd ☒ 5th ☐	2	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
3. Unauthorized access or use including presence of stowaways											
3.1	Stowaways sneaking onboard, concealment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	2
3.2	Boarding ship at port or during voyage as "passenger" or "crew"	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/~~3*~~ ~~4*~~/~~5*~~/6*	2
3.3	Boarding ship at port or during voyage as "pilot", "supplier", "surveyor", fake castaway	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	3
4. Smuggling weapon or equipment, including weapons of mass destruction											
4.1	Conceal weapons/equipment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☐	☐	☒	3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/~~3*~~ 4*/~~5*~~/6*	3

(Πίνακας 34: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 3ου σταδίου (5/5))

Σελίδα 11-20 / Ανάλυση 4ου σταδίου (1/3)

Στις σελίδες αυτές περνάμε στην ανάλυση του 4ου σταδίου της αναφοράς. Πιο συγκεκριμένα στο πρώτο βήμα γίνεται η αξιολόγηση της ασφάλειας με μορφή αυτοψίας και επαληθεύεται η ύπαρξη μέτρων προστασίας. Η διαδικασία αυτή υποστηρίζεται από μια λίστα τσεκαρίσματος η οποία αναφέρεται στους έξι τρόπους προστασίας του πλοίου όπως εμφανίζονται στις 9&10 σελίδες της αναφοράς. Τα συγκεκριμένα αυτά μέτρα προστασίας περιγράφονται αναλυτικότερα ενώ αναφέρονται και τα πρόσθετα προστατευτικά μέτρα για τα τρία επίπεδα ασφαλείας σύμφωνα με τα όσα αναφέρει ο κώδικας ISPS (B/9.8).

Τα τρία, διεθνώς υιοθετημένα, επίπεδα ασφάλειας είναι:

1. επίπεδο ασφάλειας 1, -κανονικό- το επίπεδο στο οποίο τα πλοία θα αναπτύξουν δραστηριότητες κανονικά
2. επίπεδο ασφάλειας 2, -αυξημένο- το επίπεδο που ισχύει εφ' όσον υπάρχει ένας αυξημένος κίνδυνος γεγονότος ασφάλειας και
3. επίπεδο ασφάλειας 3, -εξαιρετικό-, το επίπεδο που ισχύει για περιορισμένη χρονική περίοδο όταν υπάρχει πιθανός ή επικείμενος κίνδυνος γεγονότος ασφάλειας.

Σελίδα 11 (1/3) *On-scene Security Survey*

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	YES	NO	Observation (including possible vulnerabilities)	Countermeasures to be taken
1. ACCESS TO THE SHIP					
1.1	Does the SSP contain security measures covering the access to the ship?	☒	☐		
1.2	Are access ladders identified and monitored?	☒	☐	GUARD LADDER BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE	
1.3	Are access gangways identified and monitored?	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE, IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.4	Are access ramps identified and monitored?	☐	☐	N/A	
1.5	Are access doors, side scuttles, windows, hatches and ports identified and monitored?	☒	☐	LIMIT ACCESS DOORS TO SINGLE AND GUARD BY CREW, CLOSE ALL WINDOWS AND PORTS IN PORT	
1.6	Are mooring ropes and anchor chains identified and monitored?	☒	☐	RAT GUARDS ON MOORING ROPES, CLOSE HAUSE PIPE	
1.7	Are cranes and hoisting gear identified and monitored?	☒	☐	GUARD BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE	
1.8	Are other access points identified in the SSP?	☐	☒		
1.9	Are identity documents of all persons seeking to board the ship checked?	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.10	Are there procedures and records available for how to check this?	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.11	Are the reasons for the people boarding the ship confirmed by checking joining instructions, passenger tickets, boarding passes, work orders etc?	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.12	Are the personal effects of passengers controlled?	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE 100 % INSPECTION	
1.13	Is the embarkation of crew controlled?	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE & 100 % INSPECTION	

(Πίνακας 35: Σελίδα 11 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 4^{ου} σταδίου (1/3))

Σελίδα 11-20 / Ανάλυση 4^{ου} σταδίου (2/3)

Στο βήμα αυτό σημειώνονται τυχόν παρατηρήσεις για τον τρόπο που εκτελούνται τα μέτρα προστασίας, διευκρινίσεις και σχόλια, ενώ παράλληλα το πρόσωπο που διενεργεί την αποτίμηση θα πρέπει να είναι σε θέση να αποφασίσει αν τα υπάρχοντα μέτρα προστασίας καλύπτουν τις απαιτήσεις των κανονισμών A/7.1 – A/7.4 του κώδικα ISPS.

Σελίδα 11-20 / Ανάλυση 4^{ου} σταδίου (3/3)

Τέλος, στην αριστερότερη στήλη των σελίδων καταγράφονται τυχών αδυναμίες που εντοπίστηκαν, ενώ αποφασίζονται και προτείνονται συγκεκριμένοι τρόποι αντιμετώπισής τους.

Σελίδα 11 (2/3) *On-scene Security Survey*

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
1. ACCESS TO THE SHIP					
1.1	*Does the SSP contain security measures covering the access to the ship?*	☒	☐		
1.2	*Are access ladders identified and monitored?*	☒	☐	GUARD LADDER BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE	
1.3	*Are access gangways identified and monitored?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE, IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.4	*Are access ramps identified and monitored?*	☐	☐	N/A	
1.5	*Are access doors, side scuttles, windows, hatches and ports identified and monitored?*	☒	☐	LIMIT ACCESS DOORS TO SINGLE AND GUARD BY CREW, CLOSE ALL WINDOWS AND PORTS IN PORT	
1.6	*Are mooring ropes and anchor chains identified and monitored?*	☒	☐	RAT GUARDS ON MOORING ROPES, CLOSE HAUSE PIPE	
1.7	*Are cranes and hoisting gear identified and monitored?*	☒	☐	GUARD BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE	
1.8	*Are other access points identified in the SSP?*	☐	☒		
1.9	*Are identity documents of all persons seeking to board the ship checked?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.10	*Are there procedures and records available for how to check this?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.11	*Are the reasons for the people boarding the ship confirmed by checking joining instructions, passenger tickets, boarding passes, work orders etc?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.12	*Are the personal effects of passengers controlled?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE 100 % INSPECTION	
1.13	*Is the embarkation of crew controlled?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE & 100 % INSPECTION	

(Πίνακας 36: Σελίδα 11 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 4^{ου} σταδίου (2/3))

Σελίδα 11 (3/3) *On-scene Security Survey*

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
1. ACCESS TO THE SHIP					
1.1	*Does the SSP contain security measures covering the access to the ship?*	☒	☐		
1.2	*Are access ladders identified and monitored?*	☒	☐	GUARD LADDER BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE	
1.3	*Are access gangways identified and monitored?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE, IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.4	*Are access ramps identified and monitored?*	☐	☐	N/A	
1.5	*Are access doors, side scuttles, windows, hatches and ports identified and monitored?*	☒	☐	LIMIT ACCESS DOORS TO SINGLE AND GUARD BY CREW, CLOSE ALL WINDOWS AND PORTS IN PORT	
1.6	*Are mooring ropes and anchor chains identified and monitored?*	☒	☐	RAT GUARDS ON MOORING ROPES, CLOSE HAUSE PIPE	
1.7	*Are cranes and hoisting gear identified and monitored?*	☒	☐	GUARD BY CREW WHEN IN USE, SECURE WHEN NOT IN USE	
1.8	*Are other access points identified in the SSP?*	☐	☒		
1.9	*Are identity documents of all persons seeking to board the ship checked?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.10	*Are there procedures and records available for how to check this?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.11	*Are the reasons for the people boarding the ship confirmed by checking joining instructions, passenger tickets, boarding passes, work orders etc?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE	
1.12	*Are the personal effects of passengers controlled?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE 100 % INSPECTION	
1.13	*Is the embarkation of crew controlled?*	☒	☐	GUARD GANGWAY BY CREW IDENTIFICATION SYSTEM IN PLACE & 100 % INSPECTION	

(Πίνακας 37: Σελίδα 11 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 4^{ου} σταδίου (3/3))

Επιστροφή στη Σελίδα 9&10 / Ανάλυση 5ου σταδίου

Αφού ολοκληρωθεί και το 4ο στάδιο της αναφοράς επιστρέφουμε ξανά στη σελίδα 9. Πλέον, έχοντας υπόψη μας τα μέτρα αντιμετώπισης που λαμβάνονται για τον περιορισμό των κινδύνων (όπως φαίνονται στην προτελευταία στήλη) η πιθανότητα πραγματοποίησης που αντιστοιχεί στο στάδιο 5 αλλάζει, με αποτέλεσμα να αλλάζει και το "μέγεθος τρωτότητας" ("vulnerability score"). Έτσι όσα σενάρια είχαν μέγεθος τρωτότητας από 4 και πάνω περιορίζονται με την παρέμβαση στην "πιθανότητα" πραγματοποίησης και την μετατροπή της από "πιθανή" σε "μη πιθανή". Παρατηρώντας τώρα την τελευταία στήλη με τα οριστικά μεγέθη τρωτότητας αν αυτά είναι από 3 και κάτω η αποτίμηση έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία, αν όμως κάποιο από αυτά υπερβαίνει το 3 τότε, σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές της αναφοράς, είναι εμφανής η ανάγκη για επιβολή επιπλέον μέτρων ασφαλείας.

Likelihood		Σελίδα 9 (σταδίο 5)		5th stage
Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
3rd ☒ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐	3	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
3rd ☐ 5th ☐	3rd ☐ 5th ☐		~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
3rd ☐ 5th ☐	3rd ☒ 5th ☐	2	~~1*/2*/3* 4*/5*/6*~~	N/A
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	4	1*/2*/3* 4*/5*/6*	2
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3
3rd ☐ 5th ☒	3rd ☒ 5th ☐	6	1*/2*/3* 4*/5*/6*	3

(Πίνακας 38: Σελίδα 9 της αναφοράς του SSA – ανάλυση 5ου σταδίου)

2.5.5 Συμπεράσματα

Είναι εμφανές μελετώντας το έγγραφο του threat assessment ότι περιλαμβάνει την συντριπτική πλειονότητα των πραγμάτων που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο XI-2 και στον κώδικα ISPS. Στην ουσία η αναφορά αυτή είναι μια περιεκτική και προσεγμένη περίληψη των όσων ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής πρέπει να λάβει υπόψη του κατά την επιθεώρηση του πλοίου ώστε με οργανωμένο τρόπο να κάνει σωστά την δουλειά του.

Παρόλα όμως τα παραπάνω πλεονεκτήματα, υπάρχει ένα σημαντικό σημείο στην όλη διαδικασία που υστερεί και ίσως δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στην διενέργεια της αποτίμησης κινδύνου του πλοίου. Το στοιχείο στο οποίο αναφερόμαστε είναι ο υπολογισμός των πιθανοτήτων πραγματοποίησης των σεναρίων και κατ' επέκταση το "μέγεθος τρωτότητας" ("vulnerability score"). Η περίπτωση αυτή είναι, όπως και όλη η αναφορά, βασισμένη σε κριτήρια θεωρητικά χωρίς την ύπαρξη κάποιου είδους κλίμακας στην οποία να μπορεί στηριχτεί ο ελεγκτής, στου οποίου την κρίση αφήνονται αποκλειστικά όλες οι εκτιμήσεις. Χωρίς λοιπόν να θέλουμε να απαξιώσουμε την επαγγελματική και έμπειρη κρίση του ελεγκτή θεωρούμε ότι στο σημείο αυτό της αναφοράς θα πρέπει να εισέλθουν περισσότεροι παράγοντες που θα ανεξαρτητοποιούνται από την απλή αναφορά και καταγραφή των σεναρίων και θα εστιάζουν στο πόσο εφικτό είναι να εμφανιστεί ένα τέτοιο σενάριο και κατά αυτό τον τρόπο το βάρος της προσοχής που πρέπει να λάβει.

3. ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΠΙΘΕΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΘΡΟΙΣΜΑΤΟΣ.

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κομμάτι αυτό της εργασίας θα παρουσιάσουμε πέντε υποθετικά σενάρια. Στα σενάρια αυτά συγκεκριμένο πλοίο γίνεται αντικείμενο επίθεσης κάθε φορά και για διαφορετικό λόγο. Οι επιτιθέμενοι (τρομοκράτες, ληστές, πειρατές ή ανταγωνιστές) έχουν στη διάθεση τους πέντε στρατηγικές για να επιλέξουν με ποιόν τρόπο θα επιτεθούν, ενώ αντίστοιχα οι αμυνόμενοι (φύλακες του πλοίου) έχουν και αυτοί τις δικές τους πέντε αμυντικές τακτικές ώστε να αποτρέψουν τις ενδεχόμενες απόπειρες κατά του πλοίου. Έχοντας προεπιλέξει η κάθε πλευρά την στρατηγική με την οποία θα πορευθεί, και μην γνωρίζοντας ποια στρατηγική προτίθενται να χρησιμοποιήσουν οι αντίπαλοί τους, συγκρούονται. Με υπόβαθρο τη γνώση από τη θεωρία παιγνίων δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος (two person zero-sum game theory), και αφού έχουμε κάνει κάποιες υποθέσεις για να ορίσουμε όσο γίνεται πιο ρεαλιστικές αποδόσεις για κάθε πιθανή έκβαση των σεναρίων, δημιουργήσαμε μια διαδικασία επίλυσης στο πρόγραμμα excel, όπου εισάγοντας κάθε φορά τον πίνακα του παιγνίου (που αντιστοιχεί στο κάθε σενάριο), παίρνουμε το αποτέλεσμα της προαναφερθείσας σύγκρουσης. Το αποτέλεσμα που τελικά προκύπτει από την διαδικασία επίλυσης αντιστοιχεί στο μέσο όρο των αποτελεσμάτων που θα έχει το εν λόγω σενάριο αν επαναληφθεί πολλές φορές. Αξίζει, επίσης, να αναφέρουμε εδώ ότι είμαστε σε θέση να εντοπίσουμε και τις πιθανότητες με τις οποίες σκοπεύει ο κάθε παίκτης να χρησιμοποιήσει την καθεμιά από τις πέντε στρατηγικές του (έχοντας υποθέσει την ορθολογικότητα των παικτών), γεγονός που δίνει στα αποτελέσματα ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Τέλος, αφού έχουμε αποκομίσει την έκβαση του κάθε σεναρίου προσφεύγουμε σε αναλύσεις ευαισθησίας για να κρίνουμε την φερεγγυότητα τους.

Ως προς το πλοίο του σεναρίου μας τώρα είναι τύπου Ro-Ro (Roll on – Roll off) και υποθέτουμε ότι εκτελεί ακτοπλοϊκά δρομολόγια στα Ελληνικά νησιά μεταφέροντας επιβατικό κοινό, αγαθά και αυτοκίνητα. Πιο συγκεκριμένα θα υποθέσουμε ότι ξεκινά από το λιμάνι του Πειραιά με προορισμό την Κρήτη και ενδιάμεσο σταθμό τα Κύθηρα. Η διάρκεια του ταξιδιού υπολογίζεται στις 15 ώρες, ενώ το πλοίο μας εκτελεί 100 δρομολόγια το χρόνο στη συγκεκριμένη διαδρομή. Να σημειωθεί επίσης ότι το πλοίο μας αποτελείται από 33 μέλη πληρώματος, ενώ έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει 113 άτομα σε καμπίνες και τους διπλάσιους σε θέσεις "καταστρώματος". Επιπλέον μπορεί να μεταφέρει έως και 304 αυτοκίνητα. Επιπλέον πληροφορίες που είναι αναγκαία για την επίλυση των σεναρίων αναφέρονται παρακάτω μέσα στην διαδικασία επίλυσης.

3.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΠΙΘΕΣΗΣ

Τα πέντε σενάρια στα οποία αναφερθήκαμε προηγουμένως, αλλά και θα ασχοληθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια του κεφαλαίου είναι τα εξής:

Σενάριο Α : Τρομοκράτες εισέρχονται στο πλοίο με ποσότητες τοξικού δηλητηρίου, το οποίο και έχουν σκοπό να τοποθετήσουν στην αντλία πόσιμου νερού του πλοίου. Ο στόχος τους δηλαδή είναι να σκοτώσουν όσο γίνεται περισσότερους επιβάτες και μέλη του πληρώματος.

Σενάριο Β: Πειρατές εισέρχονται στο πλοίο και κουβαλώντας μαζί τους όπλα κατευθύνονται στη γέφυρα του πλοίου με σκοπό να αποκτήσουν τον έλεγχό του πλοίου.

Σενάριο Γ: Τρομοκράτες που ανήκουν σε γνωστή παγκοσμίου δράσεως τρομοκρατική εισέρχονται στο πλοίο με ποσότητες εκρηκτικών. Τα εκρηκτικά θέλουν να τα τοποθετήσουν στις δεξαμενές καυσίμου του πλοίου ώστε να προκαλέσουν το δυνατόν μεγαλύτερη φθορά στο πλοίο, στο λιμάνι και στα παραπλέοντα σκάφη.

Σενάριο Δ: Ληστές εισέρχονται στο πλοίο με σκοπό να ληστέψουν το καζίνο που βρίσκεται στο πλοίο.

Σενάριο Ε: Άνθρωποι ανταγωνιστικής εταιρίας προσπαθούν να προκαλέσουν δολιοφθορά στο πλοίο με σκοπό να επωφεληθούν οικονομικά. Στόχος τους είναι να προκαλέσουν ζημιά στο πηδάλιο του πλοίου.

3.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Τα σενάρια πάνω στα οποία δουλεύουμε στηρίζονται σε κάποιες βασικές υποθέσεις για να μπορέσουμε να τα διαχειριστούμε με τη βοήθεια της θεωρίας παιγνίων δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος. Αρχικά πρέπει να τονιστεί ότι θεωρούμε τους δύο παίκτες ορθολογικούς, ο καθένας κοιτάζει την βελτιστοποίηση του κέρδους του και δεν ενδιαφέρεται για τις απώλειες του αντιπάλου. Επιπλέον ως αναφορά τις αποδόσεις στον πίνακα του κάθε παιγνίου αυτές θα αναφέρονται στους (Τ) (επιτιθέμενους) και ακριβώς οι ίδιες με αντίθετο πρόσημο θα αντιστοιχούν στους (Φ) (αμυνόμενους), καθώς έχω θεωρήσει ότι το κέρδος των πρώτων ισούται με την ζημία των τελευταίων, και το αντίστροφο. Τέλος, εφόσον βρισκόμαστε στην κατηγορία των στατικών παιγνίων πλήρους πληροφόρησης πρέπει να ικανοποιείται και το βασικό κριτήριο ότι οι στρατηγικές επιλογές γίνονται χωρίς ο παίκτης να γνωρίζει το τι επιλέγει ο αντίπαλός του, δηλαδή όλοι οι παίκτες κάνουν τις επιλογές τους ταυτόχρονα. Η υπόθεση περί ταυτόχρονης επιλογής στρατηγικών είναι το ειδοποιό χαρακτηριστικό των στατικών παιγνίων, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι και οι

κινήσεις των παικτών πρέπει να γίνονται την ίδια στιγμή, αρκεί να μην γνωρίζει ο κάθε παίκτης τις επιλογές του άλλου. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί αν θεωρήσουμε ότι οι (Φ) όπως και οι (Τ) πρέπει να αποφασίσουν προκαταβολικά για την στρατηγική που τελικά θα ακολουθήσουν μη γνωρίζοντας ο ένας τον ήδη καθορισμένο τρόπο δράσης του άλλου.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε εδώ ότι η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων του παρόντος κεφαλαίου μπορεί να ελεγχθεί στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/Business-stat/otherapplets/Game.htm

3.4 ΣΕΝΑΡΙΟ Α

Τρομοκράτες (Τ) εισέρχονται στο πλοίο μας με ποσότητες τοξικού δηλητηρίου, το οποίο και έχουν σκοπό να τοποθετήσουν στην αντλία πόσιμου νερού του πλοίου. Ο στόχος τους δηλαδή είναι να σκοτώσουν όσο γίνεται περισσότερους επιβάτες και μέλη του πληρώματος, έχοντας στην διάθεσή τους πέντε επιμέρους στρατηγικές. Το πλοίο προστατεύεται από τους φύλακες (Φ).

3.4.1 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ)

Στρατηγική Α-1: Τρομοκράτες εισέρχονται στο πλοίο ως επιβάτες, έχοντας στις αποσκευές τους ποσότητες τοξικού δηλητηρίου, το οποίο και έχουν σκοπό να τοποθετήσουν στην αντλία πόσιμου νερού του πλοίου. Ο στόχος τους δηλαδή είναι να σκοτώσουν όσο γίνεται περισσότερους επιβάτες και μέλη του πληρώματος. Η όλη επιχείρηση ξεκινάει από την είσοδο του πλοίου, συνεχίζεται στην καμπίνα που έχουν μισθώσει οι τρομοκράτες και από εκεί όταν νυχτώσει κατευθύνονται προς την αντλία πόσιμου νερού.

Στρατηγική Α-2: Τρομοκράτες εισέρχονται στο πλοίο αναρριχόμενοι από τις άγκυρες και τους κάβους του, και κουβαλώντας μαζί τους τοξικό δηλητήριο κατευθύνονται στις αντλίες πόσιμου νερού.

Στρατηγική Α-3: Τρομοκράτες εισέρχονται κανονικά στο πλοίο, έχοντας κρυμμένα φιαλίδια τοξικού δηλητηρίου σε κάποιο όχημα που και αυτό επιβιβάζεται. Σε ανύποπτη στιγμή οι τρομοκράτες επιστρέφουν στο όχημα και προσπαθούν να μεταφέρουν το δηλητήριο στις αντλίες πόσιμου νερού.

Στρατηγική Α-4: Τρομοκράτες εισέρχονται στο πλοίο μεταμφιεσμένοι σε συνεργείο μηχανικών με σκοπό να μεταφέρουν τοξικό δηλητήριο στις αντλίες πόσιμου νερού.

Στρατηγική Α-5: Τρομοκράτες προσεγγίζουν το πλοίο από την παράκτια πλευρά του κατά την περίοδο της νύχτας, ενώ αυτό βρίσκεται στο λιμάνι, και εισέρχονται σε αυτό μέσα από κάποιο φιλιστρίνι κουβαλώντας ποσότητες δηλητηρίου. Σκοπός τους είναι να το διοχετεύσουν στις αντλίες ποσίμου νερού.

Το δρομολόγιο που σκοπεύουν να ακολουθήσουν οι τρομοκράτες πάνω στο πλοίο για να εκτελέσουν την κάθε στρατηγική εμφανίζεται στο αντίστοιχο φύλλο του προγράμματος AutoCAD σχεδιασμένο πάνω στη γενική διάταξη του πλοίου, καθώς και στο τέλος του σεναρίου (3.4.6).

3.4.2 Επιλογές Φυλάκων

1. Διαδικασίες ελέγχου ταυτοτήτων οποιουδήποτε ανεβαίνει στο σκάφος και ταυτοποίηση των στοιχείων τους σε περίπτωση συνεργείου.
   (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
2. Δημιουργία ειδικών χώρων (σε συνεργασία με τις λιμενικές αρχές) για τον έλεγχο των επιβατών και των αποσκευών τους.
   (κόστος πραγματοποίησης: 600 €)
3. Έλεγχος οχημάτων που πρόκειται να επιβιβαστούν στο πλοίο.
   (κόστος πραγματοποίησης: 440 €)
4. Σκανάρισμα (X-Ray) και έλεγχος των ασυνόδευτων αποσκευών από το λιμάνι ή το πλοίο πριν φορτωθούν.
   (κόστος πραγματοποίησης: 230 €)
5. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 5^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 4^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
   (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
6. Περιπολίες στο κατάστρωμα κυρίως ώρες κοινής ησυχίας για την πρόληψη τυχόν ανεπιθύμητων επιβιβάσεων ή ύποπτων μετακινήσεων.
   (κόστος πραγματοποίησης: 180 €)
7. Επικοινωνία με το λιμάνι για χαρακτηρισμό της παράκτιας πλευράς του πλοίου (όταν αυτό είναι δεμένο στο λιμάνι) ως « μη προσβάσιμη περιοχή » και περιφρούρηση αυτής, καθώς και περιπολίες με βάρκες γύρω από το πλοίο.
   (κόστος πραγματοποίησης: 500 €)
8. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 6^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 7^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
   (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
9. Χρήση των ανελκυστήρων μόνο από εξουσιοδοτημένα πρόσωπα με τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος που λειτουργεί με κωδικό πρόσβασης.
   (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)
10. Τοποθέτηση ειδικών φρουρών στην είσοδο αιθουσών του πλοίου που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την λειτουργία του και μπορούν εύκολα να προστατευτούν με ένα φρουρό, όπως η γέφυρα, το δωμάτιο ελέγχου (control room), το δωμάτιο των power supplies και το steering gear room.
    (κόστος πραγματοποίησης: 870 €)
11. Χρήση κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης ή συσκευές αυτόματης ανίχνευσης και ειδοποίησης σε περίπτωση εισβολέα στις περιοχές περιορισμένης πρόσβασης του πλοίου. (Navigation bridge, control stations, rooms with air-condition systems and ventilation, spaces with access to potable water tanks and pumps, power supplies, steering gear room).
    (κόστος πραγματοποίησης: 970 €)

12. Οι επισκέπτες του πλοίου συνοδεύονται.
    (κόστος πραγματοποίησης: 90 €)
13. Έλεγχος κατά την παραλαβή των προμηθειών του πλοίου ώστε να επιβεβαιώνεται ότι δεν υπάρχει τυχόν φθορά ή προσθήκη επικίνδυνων ουσιών, καθώς και ταυτοποίηση ότι δεν φορτώνεται στο πλοίο κάτι επιπλέον από αυτό που έχει παραγγελθεί.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
14. Επαρκής επιπρόσθετος φωτισμός πάνω και γύρω από το πλοίο για διευκόλυνση του έργου των φρουρών και των περιπόλων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)

Κάθε πιθανή επιλογή των φυλάκων του πλοίου συνοδεύεται από ένα κόστος πραγματοποίησης ανά ταξίδι. Η ποσότητα αυτή είναι μια συνάρτηση ανάλογη της δυσκολίας αλλά και του κόστους που εμφανίζει η υιοθέτηση του συγκεκριμένου μέτρου προστασίας. Πιο συγκεκριμένα και με αρκετές απλουστεύσεις ώστε το μέγεθος αυτό να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, θα έχω:

- 1. Για την διαδικασία ελέγχου ταυτοτήτων και την ταυτοποίηση της ιδιότητας συνεργείων χρειάζονται 3 άτομα προσωπικό και 3 ηλεκτρονικοί υπολογιστές με ανάλογη βάση δεδομένων. Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί 2 ώρες κατά την επιβίβαση στο αρχικό λιμάνι και άλλη μια κατά το ενδιάμεσο λιμάνι τότε θα έχουμε:

  $\text{Κ.Π}_1 = \text{κόστος υπαλλήλων} + \text{κόστος εγκατάστασης} = 3\times3\times10+\frac{3\times2000}{100} \Rightarrow$

  $\text{Κ.Π}_1 = 150$ ευρώ/ταξίδι.

  Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 10 €, το κόστος των Η/Υ 2000€ για τον καθένα και η διάρκεια ζωής τους θα είναι 1 έτος (100 ταξίδια).

- 2. Για τον έλεγχο των επιβατών και των αποσκευών τους χρειάζονται 10 άτομα προσωπικό και ενοικίαση ειδικού χώρου στο λιμάνι. Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί 2 ώρες κατά την επιβίβαση στο αρχικό λιμάνι και άλλη μια κατά το ενδιάμεσο λιμάνι τότε θα έχουμε:

  $\text{Κ.Π}_2 = \text{κόστος υπαλλήλων} + \text{κόστος ενοικίασης χώρου} = 10\times3\times10+300 \Rightarrow$

  $\text{Κ.Π}_2 = 600$ ευρώ/ταξίδι.

  Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 10 € και το κόστος ενοικίασης του χώρου 100€ την ώρα

- 3. Για τον έλεγχο των οχημάτων χρειάζονται 10 άτομα προσωπικό και ειδικός εξοπλισμός ανίχνευσης. Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί 2 ώρες κατά την

επιβίβαση στο αρχικό λιμάνι και άλλη μια κατά το ενδιάμεσο λιμάνι τότε θα έχουμε:

$$\text{Κ.Π}_3 = \text{κόστος υπαλλήλων + κόστος εξοπλισμού} = 10\times3\times10+\frac{5\times14000}{500} \Rightarrow$$

Κ.Π_3=450 ευρώ/ταξίδι.

Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 10 € και το κόστος καθενός από τα 5 μηχανήματα που θα αποκτηθούν να είναι 20000 €. Η διάρκεια ζωής των μηχανημάτων θα είναι 5 έτη (500 ταξίδια).

- 4. Για τον έλεγχο των ασυνόδευτων αποσκευών χρειάζεται 1 άτομο και η ειδική συσκευή ανίχνευσης με ακτίνες x-ray. Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί συνολικά 3 ώρες και στα δύο λιμάνια τότε θα έχουμε:

$$\text{Κ.Π}_4 = \text{κόστος υπαλλήλων + κόστος εξοπλισμού} = 1\times3\times10+\frac{100000}{500} \Rightarrow$$

Κ.Π_4=230 ευρώ/ταξίδι.

Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 10 € και το κόστος του εξοπλισμού που θα αποκτηθεί να είναι 100000 €, με διάρκεια ζωής 5 έτη (500 ταξίδια).

- 5. Για την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος σε όλες τις προσβάσιμες διόδους του 5^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 4^{ο} κατάστρωμα χρειάζονται 6 άτομα και ειδικός υποτυπώδης εξοπλισμός (π.χ. ενδοεπικοινωνία). Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί 17 ώρες, όσο και το ταξίδι του πλοίου και ο χρόνος αναμονής στο λιμάνι τότε θα έχουμε:

$$\text{Κ.Π}_5 = \text{κόστος υπαλλήλων + κόστος εξοπλισμού} = 6\times5\times17+\frac{1000}{100} \Rightarrow$$

Κ.Π_5=520 ευρώ/ταξίδι.

Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 5 € και το κόστος εξοπλισμού 1000€ με διάρκεια ζωής 1 έτος (100 ταξίδια).

- 6. Για την διενέργεια περιπολίων στο κατάστρωμα τις νυχτερινές ώρες χρειάζονται 3 άτομα και ειδικός εξοπλισμός (π.χ. ενδοεπικοινωνία). Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί 7 ώρες, θα έχουμε:

$$\text{Κ.Π}_6 = \text{κόστος υπαλλήλων + κόστος εξοπλισμού} = 3\times8\times7+\frac{1200}{100} \Rightarrow$$

Κ.Π_6=180 ευρώ/ταξίδι.

Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 8 € και το κόστος εξοπλισμού 1200€ με διάρκεια ζωής 1 έτος (100 ταξίδια).

- 7. Για την συμφωνία με το λιμένα ως προς το χαρακτηρισμό της παράκτιας πλευράς του πλοίου μη προσβάσιμη και τη διενέργεια περιπολιών με σκάφος γύρω από το πλοίο, θα έχουμε:

  $Κ.Π_7$=500 ευρώ/ταξίδι.

- 8. Για την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος σε όλες τις προσβάσιμες διόδους του $6^{ου}$ καταστρώματος που οδηγούν στο $7^{ο}$ κατάστρωμα χρειάζονται 6 άτομα και ειδικός υποτυπώδης εξοπλισμός (π.χ. ενδοεπικοινωνία). Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί 17 ώρες, όσο και το ταξίδι του πλοίου και ο χρόνος αναμονής στο λιμάνι τότε θα έχουμε:

  $Κ.Π_8$= κόστος υπαλλήλων + κόστος εξοπλισμού = $6\times5\times17+\frac{1000}{100}\Rightarrow$

  $Κ.Π_8$=520 ευρώ/ταξίδι.

  Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 5 € και το κόστος εξοπλισμού 1000€ με διάρκεια ζωής 1 έτος (100 ταξίδια).

- 9. Για τη μετατροπή της λειτουργίας των ανελκυστήρων με κωδικό πρόσβασης με τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος θα έχουμε:

  $Κ.Π_9$= κόστος εγκατάστασης = $\frac{2\times10000}{200}\Rightarrow$

  $Κ.Π_9$=100 ευρώ/ταξίδι.

  Όπου έχω θεωρήσει ότι το κόστος μετατροπής είναι 10000 € για καθένα από τα δύο ασανσέρ με διάρκεια ζωής 2 έτη (200 ταξίδια).

- 10. Για την τοποθέτηση ειδικών φρουρών στην είσοδο αιθουσών του πλοίου που έχουν ιδιαίτερη σημασία χρειάζονται 5 άτομα και ειδικός υποτυπώδης εξοπλισμός (π.χ. ενδοεπικοινωνία). Αν η διαδικασία αυτή διαρκεί 17 ώρες, όσο και το ταξίδι του πλοίου και ο χρόνος αναμονής στο λιμάνι τότε θα έχουμε:

  $Κ.Π_{10}$= κόστος υπαλλήλων + κόστος εξοπλισμού = $5\times10\times17+\frac{2000}{100}\Rightarrow$

  $Κ.Π_{10}$=870 ευρώ/ταξίδι.

  Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 10 € και το κόστος εξοπλισμού 2000€ με διάρκεια ζωής 1 έτος (100 ταξίδια).

- 11. Για την εγκατάσταση και χρήση κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης ή συσκευές αυτόματης ανίχνευσης θα έχουμε:

$Κ.Π_{11}$= κόστος υπαλλήλων + κόστος εξοπλισμού = $1\times10\times17+\frac{400000}{500}\Rightarrow$

$Κ.Π_{11}$=970 ευρώ/ταξίδι.

Όπου έχω θεωρήσει ότι το κόστος εγκατάστασης είναι 400000 € με διάρκεια ζωής 5 έτη (500 ταξίδια).

- 12. Για την συνοδεία επισκεπτών στο πλοίο αν η διαδικασία αυτή διαρκεί συνολικά 3 ώρες και στα δύο λιμάνια θα έχουμε:

  $Κ.Π_{12}$= κόστος υπαλλήλων = $3\times3\times10\Rightarrow$

  $Κ.Π_{12}$=90 ευρώ/ταξίδι.

  Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 10 €.

- 13. Για τον έλεγχο κατά την παραλαβή των προμηθειών του πλοίου χρειάζονται 3 άτομα και η διαδικασία αυτή διαρκεί συνολικά 5 ώρες και θα έχουμε:

  $Κ.Π_{12}$= κόστος υπαλλήλων = $3\times5\times10\Rightarrow$

  $Κ.Π_{12}$=150 ευρώ/ταξίδι.

  Όπου έχω θεωρήσει ότι για την συγκεκριμένη θέση το κόστος της εργατοώρας είναι 10 €.

- 14. Για τον επιπλέον φωτισμό γύρω από το πλοίο, θα έχουμε:

  $Κ.Π_{14}$=100 ευρώ/ταξίδι.

Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι θεωρούμε ότι οι (Φ) δεν μπορούν καλύψουν όλα τα πιθανά σενάρια απειλής. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την άποψη του κόστους, της επιπλέον απασχόλησης ανθρώπινου δυναμικού αλλά και της σημαντικής πίεσης χρόνου που θα απαιτούσε η εφαρμογή όλων των παραπάνω επιλογών.

Παρατηρήσεις /Συμβάσεις:

- *Αν οι τρομοκράτες πιαστούν κατά τον έλεγχο ταυτοτήτων κατά την επιβίβαση, τότε αποτυγχάνουν αλλά και φυλακίζονται.*
- *Αν οι τρομοκράτες πιαστούν κατά τον προσωπικό έλεγχο ή έλεγχο αποσκευών πριν την επιβίβαση, τότε αποτυγχάνουν αλλά και φυλακίζονται. Στην περίπτωση όμως που προσπαθήσουν να εισέλθουν στον πλοίο προσποιούμενοι κάποιο ειδικό συνεργείο γλιτώνουν τον έλεγχο (εκτός και αν υπάρξει ταυτοποίηση των στοιχείων τους).*
- *Αν οι τρομοκράτες πιαστούν στον έλεγχο οχημάτων κατά την επιβίβαση, τότε αποτυγχάνουν αλλά και φυλακίζονται.*

- *Αν οι ασυνόδευτες αποσκευές ελεγχθούν και κατακρατηθούν τότε η προσπάθεια των τρομοκρατών αποτυγχάνει, αλλά δεν συλλαμβάνονται.*
- *Η παρουσία των φρουρών σε συγκεκριμένες διόδους πρόσβασης στο πλοίο (σκάλες) αποτρέπει τους τρομοκράτες να συνεχίσουν την πορεία τους, με αποτέλεσμα να αποτυγχάνουν αλλά να μην συλλαμβάνονται. Αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση που οι εισβολείς παριστάνουν το ειδικό συνεργείο και έχουν καταφέρει να μπουν στο πλοίο.*
- *Αν οι τρομοκράτες επιχειρήσουν να ανέβουν στο πλοίο από την πλευρά που είναι δίπλα στο λιμάνι (εφόσον δεν έχει χαρακτηριστεί ως «μη προσβάσιμη περιοχή») ή να αναρριχηθούν από τις άγκυρες και τα σχοινιά πρόσδεσης και σε αυτό περιπολούν οι φύλακες, τότε οι τρομοκράτες αποτυγχάνουν και συλλαμβάνονται.*
- *Αν οι τρομοκράτες έχουν σκοπό να ανέβουν στο πλοίο από την πλευρά που είναι δίπλα στο λιμάνι και αυτή έχει χαρακτηριστεί ως «μη προσβάσιμη περιοχή», τότε η προσπάθεια εγκαταλείπεται εξ αρχής.*
- *Αν οι τρομοκράτες έχουν σκοπό να χρησιμοποιήσουν τους ανελκυστήρες για να μετακινηθούν τότε παρατηρούν ότι χρειάζονται ειδικό κωδικό πρόσβασης και εγκαταλείπουν την προσπάθεια χωρίς να συλληφθούν.*
- *Αν οι τρομοκράτες καταφέρουν να φτάσουν σε μια αίθουσα όπου η πρόσβαση είναι απαγορευμένη και εκεί υπάρχει φρουρός τότε συλλαμβάνονται.*
- *Αν οι τρομοκράτες εισέλθουν σε περιοχές όπου η πρόσβαση είναι απαγορευμένη και υπάρχει κλειστό κύκλωμα παρακολούθησης ή συσκευές ανίχνευσης εισβολέων αποτυγχάνουν και συλλαμβάνονται. Σε περίπτωση όμως που η εισβολή γίνει σε χώρους στρατηγικής σημασίας (όπως η γέφυρα του πλοίου), η καταστολή είναι αδύνατη με αυτό το μέσο.*
- *Σε περίπτωση που οι τρομοκράτες εισέλθουν στο πλοίο ως επισκέπτες τότε η παρουσία συνοδείας θα τους αποτρέψει από τα σχέδια τους με αποτέλεσμα να αποτύχουν χωρίς όμως να συλληφθούν.*
- *Τυχόν προσπάθειες να περαστούν εκρηκτικά μέσα στα εφόδια του πλοίου ή να δηλητηριαστούν οι προμήθειες προτού φορτωθούν σε αυτό, αποτυγχάνουν, αλλά δεν συλλαμβάνονται, εφόσον υπάρξει ο απαιτούμενος έλεγχος κατά την φόρτωση.*
- *Η ύπαρξη επιπρόσθετου φωτισμού στις περιοχές των περιπολιών, πάνω και γύρω από το πλοίο εμποδίζει τους εισβολείς να εισέλθουν στο πλοίο από τα φιλιστρίνια αλλά οδηγεί και στην σύλληψη τους*

3.4.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)

Οι Φύλακες έχουν το δικαίωμα να ακολουθήσουν όποια στρατηγική θέλουν, η οποία θα είναι συνδυασμός των προαναφερθέντων επιλογών. Στο σημείο όμως αυτό και βάση της παραδοχής που έγινε στην αρχή μπαίνει ο περιορισμός ότι η κάθε πιθανή στρατηγική δεν θα υπερβαίνει τα ‘‘1800 €/ταξίδι’’ κόστους πραγματοποίησης.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-5 όπου:

Φ-1 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+6+9+10+13 (1450 € κ.π.)
Φ-2 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 2+4+6+8+12+14 (1720 € κ.π.)
Φ-3 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+3+5+7+12 (1700 € κ.π.)
Φ-4 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+7+11+12 (1690 € κ.π.)
Φ-5 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 3+4+5+8+12 (1800 € κ.π.)

(Να σημειωθεί εδώ ότι θα μπορούσαμε να κάνουμε περισσότερους συνδυασμούς επιλογών και να προκύψουν επιπλέον στρατηγικές, ενδεικτικά όμως σταματάμε εδώ.)

3.4.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης

Στο σενάριο Α έχουμε την πρόθεση τρομοκρατών να επιβιβαστούν στο πλοίο και να τοποθετήσουν δηλητήριο μέσα στις αντλίες πόσιμου νερού με σκοπό να προκαλέσουν όσο το δυνατόν περισσότερες ανθρώπινες απώλειες. Για να το πετύχουν αυτό έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε πέντε διαθέσιμες στρατηγικές (T_1-T_5), τις οποίες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν με τις αντίστοιχες δικές τους στρατηγικές ($Φ_1$-$Φ_5$), οι φύλακες του πλοίου. Έχοντας λοιπόν τις διαθέσιμες στρατηγικές των (Τ) και (Φ), και υπολογίζοντας τις αποδόσεις των πιθανών εκβάσεων κάθε σεναρίου θα έχω:

3.4.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Α:

Το πλοίο μας απασχολεί 33 άτομα ως πλήρωμα, ενώ η μέγιστη χωρητικότητα του σε επιβατικό κοινό είναι 113 σε καμπίνες και υποθέτουμε έναν διπλάσιο αριθμό επιβατών χωρίς καμπίνα (κατάστρωμα).

- Έστω ότι επιτυγχάνοντας την αποστολή τους οι τρομοκράτες καταφέρνουν να δηλητηριάσουν το 1/5 του ανθρώπινου δυναμικού (πληρώματος και επιβατών) του πλοίου έως ότου δράσει και ανακαλυφθεί η αιτία των θανάτων. Έτσι εάν στο συγκεκριμένο ταξίδι έχουμε μια πληρότητα της τάξεως του 80% στην μεταφορική ικανότητα του πλοίου θα ισχύει ότι: αριθμός θυμάτων $= 0{,}2\times[0{,}8\times(113+2\times113)+33] \approx 61$ και έχοντας θεωρήσει ότι το στατιστικό κόστος της ανθρώπινης ζωής στη χώρα μας είναι 1,4 εκ. € καταλήγω στα +85 εκ. €

- Αν η απόπειρα των τρομοκρατών αποτύχει και οι ίδιοι συλληφθούν, τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος του δηλητηρίου που απώλεσαν, το μέλλον της ίδιας τους τη ζωής και το μέλλον της οργάνωσης τους, καθώς όχι μόνο χάνεται το κύρος της άλλα και κάποιος από τους συλληφθέντες θα μπορούσε να δώσει πληροφορίες που θα οδηγούσαν στην πλήρη εξάρθρωση της. Έστω, λοιπόν, ότι αυτή η εκδοχή έχει κόστος -8 εκ. €

- Αν η απόπειρα των τρομοκρατών αποτύχει και οι ίδιοι αποφύγουν τη σύλληψη τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος απόκτησης του δηλητηρίου που δεν κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν (ή και απώλεσαν) καθώς και το κόστος αποτυχίας της αποστολής από άποψη κύρους της οργάνωσης. Έστω -2 εκ. €

- Αν η προσπάθεια εγκαταλειφθεί εξαρχής θεωρούμε πως δεν υπάρχει κόστος.

Συνοψίζοντας:

- Επιτυχία αποστολής: +85 εκ. €
- Αποτυχία αποστολής και σύλληψη: -8 εκ. €
- Αποτυχία αποστολής χωρίς σύλληψη: -2 εκ. €
- Εγκατάλειψη της προσπάθειας εξ αρχής: 0 εκ. €

Οπότε βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ο πίνακας απόδοσης (payoff table) των τρομοκρατών (Τ):

Φύλακες (Φ)

Τρομοκράτες (Τ)

	1	***2***	***3***	***4***	***5***
1	85	-8	-2	-8	-2
2	-8	-8	0	0	-2
3	-2	85	-8	-8	-8
4	-8	85	-8	-8	85
5	85	-8	0	0	-2

(Πίνακας A_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α)

Μπορούμε τώρα με την μέθοδο των **κυρίαρχων στρατηγικών** (dominant strategies) να φτάσουμε σε μια πρώτη προσέγγισης της λύσης του σεναρίου μας.

Έτσι λοιπόν έχουμε τον πίνακα απόδοσης των **(Τ)** και παρατηρούμε ότι από την μεριά των τρομοκρατών η στρατηγική **5** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι των **1**

και **2** (κάθε τιμή της δηλαδή είναι μεγαλύτερη ή ίση από την αντίστοιχη τιμή των στρατηγικών στις οποίες επικρατεί), κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές **1** και **2** αυτομάτως φεύγουν από τον πίνακα και έχουμε έναν νέο πίνακα απόδοσης:

Φύλακες (Φ)

		1	***2***	***3***	***4***	***5***
Τρομοκράτες (Τ)	***3***	-2	85	-8	-8	-8
	4	-8	85	-8	-8	85
	5	85	-8	0	0	-2

(Πίνακας A_2: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά την πρώτη απαλοιφή)

Παρατηρώντας τον νέο πίνακα βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγικές **4** και **3** επικρατούν έναντι της στρατηγική **1 ,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	***3***	***4***	***5***
Τρομοκράτες (Τ)	***3***	85	-8	-8	-8
	4	85	-8	-8	85
	5	-8	0	0	-2

(Πίνακας A_3: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά τη δεύτερη απαλοιφή)

Για τον νέο πίνακα τώρα βλέπω ότι για τους **(Τ)** η στρατηγική **4** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι της **3 ,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	***3***	***4***	***5***
Τρομοκράτες (Τ)	***4***	85	-8	-8	85
	5	-8	0	0	-2

(Πίνακας A_4: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά την τρίτη απαλοιφή)

Για τον πίνακα που προέκυψε βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **2** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι της **5,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο πίνακας απόδοσης πλέον γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	***3***	***4***
Τρομοκράτες (Τ)	***4***	85	-8	-8
	5	-8	0	0

(Πίνακας A_5: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α μετά την τέταρτη απαλοιφή)

Στο σημείο αυτό βλέπω ότι έχω φτάσει σε αδιέξοδο καθώς καμία εκ των εναπομεινάντων στρατηγικών δεν επικρατεί σε κάποια από τις άλλες ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Άρα <u>δεν έχουμε σταθερή λύση</u> (unstable solution).

Εφόσον το σενάριο μου δεν εμφανίζει σταθερή λύση προσφεύγω στην λύση που μπορούν να μου προσφέρουν οι μεικτές στρατηγικές (mixed strategies).

Εδώ να επισημάνουμε ότι οι μεικτές στρατηγικές που θα προκύψουν παρακάτω δεν θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τις 4&5 για τους (Τ) και 3&4 για τους (Φ), οπότε τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας επιπλέον περιορισμός που θα διευκολύνει τη λύση του προβλήματος.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί επίσης ότι παρότι η διαδικασία της απάλειψης των κυριαρχούμενων στρατηγικών έβγαλε ότι για τους (Φ) παραμένει και η στρατηγική 3 κάτι τέτοιο δεν είναι σωστό. Το σφάλμα αυτό δεν οφείλεται σε λάθος της διαδικασίας επίλυσης αλλά στο γεγονός ότι η στρατηγική 4 των (Φ) είναι χαλαρά (και όχι αυστηρά) κυριαρχούμενη της 3. Παρατηρώντας, έτσι. τον αρχικό πίνακα (A_1) αποδόσεων είναι εμφανές ότι σε κάθε περίπτωση οι (Φ) θα επέλεγαν την στρατηγική 4 αντί της 3 και κατά αυτόν τον τρόπο αφαιρούμαι την στρατηγική αυτή καταλήγοντας στον πίνακα A_6.

Φύλακες (Φ)

		2	***4***
Τρομοκράτες (Τ)	***4***	85	-8
	5	-8	0

(Πίνακας A_6: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Α)

3.4.4.2 Linear programming

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο λύσης μπορούμε να υπολογίσουμε τις βέλτιστες πιθανότητες επιλογής κάθε στρατηγικής, καθώς και τη βέλτιστη λύση (payoff), και για τις δύο πλευρές.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής:

Αν χ_i = η πιθανότητα οι (Τ) να επιλέξουν την στρατηγική i (i= 1, 2,…, 5)

και y_j = η πιθανότητα οι (Φ) να επιλέξουν την στρατηγική j (j= 1, 2,…, 5)

τότε η αναμενόμενη απόδοση για τους (Τ) = $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j$ και είναι βέλτιστο εάν ισχύει: $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j \geq \underline{u} = u$ όπου $\underline{u}$ η maximin τιμή για τους (Τ) και u η βέλτιστη λύση.

(u: βέλτιστο payoff και για τις 2 πλευρές)

($\underline{u}$: maximin τιμή, για τους (Τ) και δίνει το μεγαλύτερο από κάθε minimum κέρδος που μπορούν να έχουν)

Εάν τώρα υποθέσουμε ότι για τις καθαρές στρατηγικές των (Φ) ισχύει ότι κάποια εξ αυτών έχει $y_j = 1$ (j=1, 2,…, 5), τότε για τις υπόλοιπες θα ισχύει ότι $y_j = 0$, οπότε ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u$ και αν εκφράσω το $u = x_{m+1} = x_6$ τότε:

$$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u \;\Rightarrow\; \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq x_6 \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i - x_6 \geq 0$$

Αντικαθιστώντας στην τελευταία μου σχέση τα δεδομένα του προβλήματος μου θα έχω να λύσω το πρόβλημα:

βελτιστοποίηση του χ_6 , όταν

$$\begin{aligned}
&p_{11}x_1 + p_{21}x_2 + p_{31}x_3 + p_{41}x_4 + p_{51}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{12}x_1 + p_{22}x_2 + p_{32}x_3 + p_{42}x_4 + p_{52}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{13}x_1 + p_{23}x_2 + p_{33}x_3 + p_{43}x_4 + p_{53}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{14}x_1 + p_{24}x_2 + p_{34}x_3 + p_{44}x_4 + p_{54}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{15}x_1 + p_{25}x_2 + p_{35}x_3 + p_{45}x_4 + p_{55}x_5 - x_6 \geq 0
\end{aligned}$$

με $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

$x_i \geq 0$, για $i = 1, 2, ..., 5$

και $x_6 \geq 0$.

Όπου το payoff table είναι το γνωστό από πριν:

Φύλακες (Φ)

Τρομοκράτες (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	85	-8	-2	-8	-2
2	-8	-8	0	0	-2
3	-2	85	-8	-8	-8
4	-8	85	-8	-8	85
5	85	-8	0	0	-2

(Πίνακας A_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Α)

Επειδή όμως εμείς δεν μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι το $x_6 \geq 0$ (δηλαδή ότι το τελικό payoff δεν θα είναι αρνητικό), καθώς στον πίνακα αποδόσεων μου έχω και αρνητικές τιμές, δημιουργώ ένα νέο πίνακα αποδόσεων. Στον νέο αυτό πίνακα έχω προσθέσει ξεχωριστά σε κάθε τιμή το «+8», το οποίο και ισούται με την απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής αξίας του αρχικού μου πίνακα. Έτσι προκύπτει:

Φύλακες (Φ)

Τρομοκράτες (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	93	0	6	0	6
2	0	0	8	8	6
3	6	93	0	0	0
4	0	93	0	0	93
5	93	0	8	8	6

(Πίνακας A_7: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Α για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό)

Έχοντας το νέο πίνακα (A_7) αποδόσεων και γνωρίζοντας ότι για να βρω το τελικό payoff θα πρέπει να αφαιρέσω από χ_6 την τιμή 8, προσθέτω τους επιπλέον περιορισμούς που προέκυψαν από την μέθοδο των κυρίαρχων στρατηγικών και λύνω το σύστημα των εξισώσεων μου με το πρόγραμμα solver του excel. Έτσι προκύπτει:

$$x_1 = 0,0000$$
$$x_2 = 0,0000$$
$$x_3 = 0,0000$$
$$x_4 = 0,0762$$
$$x_5 = 0,9208$$
$$x_6 = 7,3663$$

Δηλαδή οι (Τ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **4 & 5** με τις παραπάνω προκύπτουσες πιθανότητες ,και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με $\chi_6 - 8 = u =$ **-0,6337 εκ. €**

<u>Επαναλαμβάνοντας τώρα την ίδια διαδικασία για τους (Φ) προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:</u>

ελαχιστοποίηση του y_6 , όταν

$$p_{11}y_1 + p_{12}y_2 + p_{13}y_3 + p_{14}y_4 + p_{15}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{21}y_1 + p_{22}y_2 + p_{23}y_3 + p_{24}y_4 + p_{25}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{31}y_1 + p_{32}y_2 + p_{33}y_3 + p_{34}y_4 + p_{35}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{41}y_1 + p_{42}y_2 + p_{43}y_3 + p_{44}y_4 + p_{45}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{51}y_1 + p_{52}y_2 + p_{53}y_3 + p_{54}y_4 + p_{55}y_5 - y_6 \le 0$$

με $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 = 1$

$y_i \ge 0,$ για $j = 1, 2, ..., n$

και $y_6 \ge 0$.

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων μου, αφού έχω προσθέσει και τους περιορισμούς της μεθόδου κυρίαρχων στρατηγικών, με το πρόγραμμα solver του excel προκύπτει:

$$y_1 = 0,0000$$
$$y_2 = 0,0792$$
$$y_3 = 0,0000$$
$$y_4 = 0,9208$$
$$y_5 = 0,0000$$
$$y_6 = 7,3663$$

Δηλαδή οι (Φ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **2 & 4** με τις πιθανότητες που προέκυψαν παραπάνω και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με **0,6337 εκ. €**. Έχω δηλαδή το ίδιο αποτέλεσμα.

3.4.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

Είναι πλέον εμφανές από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι για το συγκεκριμένο σενάριο, με τις συγκεκριμένες αποδόσεις, αν το παίγνιο μας επαναληφθεί αρκετές φορές τότε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν (payoff του παιγνίου ή value of the game) θα είναι ίσος με **0,6337 εκ. €**. Το αποτέλεσμα αυτό μας δηλώνει ότι σενάριο μας τείνει προς την πλευρά των φυλάκων του πλοίου, ενώ επιπλέον μπορούμε να γνωρίζουμε ποιες στρατηγικές διατίθενται να χρησιμοποιήσουν οι δύο πλευρές και με τι πιθανότητες (στηριζόμενοι πάντα σε ορθολογικές αποφάσεις).

Στο σημείο αυτό, όμως, θα μπορούσε εύλογα κάποιος να διερωτηθεί για το πόσο έχουν επηρεάσει το αποτέλεσμα οι αποδόσεις (χρηματικές) που έχουμε ορίσει για την έκβαση κάθε πιθανού ενδεχόμενου. Πιο συγκεκριμένα, για να είναι πιο ελκυστική η διαδικασία επίλυσης έχουμε καταφύγει σε κάποιες υποθέσεις και έχουμε ορίσει χρηματικά ποσά που ναι μεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, αλλά κάλλιστα θα μπορούσαν να είναι διαφορετικά· αν λοιπόν κατά την επίλυση του σεναρίου, αλλάζοντας κάποιες από αυτές τις τιμές, προκύψει άλλο αποτέλεσμα το οποίο δεν σχετίζεται με το προηγούμενο (λαμβάνοντας υπόψη πάντα το μέγεθος της μεταβολής) και κατ' επέκταση δεν εμφανίζεται κάποια σταθερότητα που θα χαρακτηρίζει αξιόπιστη στη διαδικασία, τότε θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στο ότι όλη η προσπάθεια που κάναμε δεν έχει καμία χρηστική αξία.

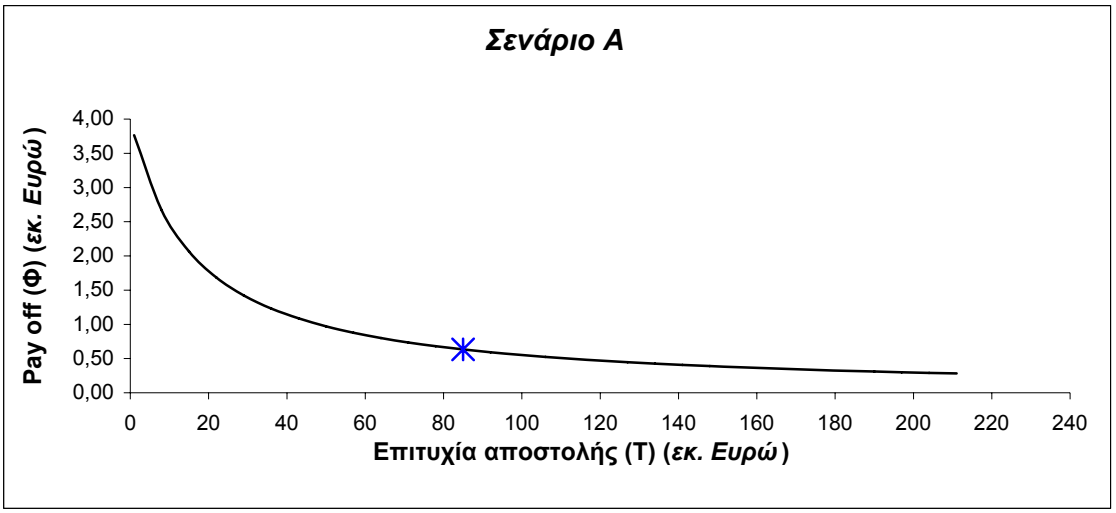
Σαν απάντηση στον παραπάνω προβληματισμό έρχεται το συγκεκριμένο κομμάτι της εργασίας. Εδώ σκοπός μας είναι να κρατήσουμε σταθερά όλα τα δεδομένα επίλυσης του σεναρίου και μεταβάλλοντας (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω) το κέρδος που θα έχει η πιθανή επικράτηση των (Τ) να μελετήσουμε το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου τόσο ως προς το "value of the game" όσο και ως προς την μεταβολή των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι θα μπορούσαμε να μεταβάλλουμε οποιοδήποτε μέγεθος για να δούμε την επίδραση του στο τελικό αποτέλεσμα. Μια τέτοια διαδικασία δεν θα ήταν υπερβολικά χρονοβόρα, όμως τα συμπεράσματα που θα μας προσέφερε δεν θα παρουσίαζαν κάτι διαφορετικό από αυτά που ήδη θα έχουν προκύψει. Έτσι βάση της διαδικασίας που περιγράψαμε, "τρέχουμε" στο excel τη μέθοδο "linear programming" και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Αριθμ. θύματ.	**Επιτυχία (Τ) - εκ.€**	**Payoff (Φ) - εκ.€**	**Πιθανότητες στρατ. των (Φ) %**					**Πιθανότητες στρατ. των (Τ) %**				
			1	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
150	211	0,2819	0,00	3,52	0,00	96,48	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52	96,48

145	204	0,2909	0,00	3,64	0,00	96,36	0,00	0,00	0,00	0,00	3,64	96,36
140	197	0,3005	0,00	3,76	0,00	96,24	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	96,24
135	190	0,3107	0,00	3,88	0,00	96,12	0,00	0,00	0,00	0,00	3,88	96,12
130	183	0,3216	0,00	4,02	0,00	95,98	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	95,98
125	176	0,3333	0,00	4,17	0,00	95,83	0,00	0,00	0,00	0,00	4,17	95,83
120	169	0,3459	0,00	4,32	0,00	95,68	0,00	0,00	0,00	0,00	4,32	95,68
115	162	0,3596	0,00	4,49	0,00	95,51	0,00	0,00	0,00	0,00	4,49	95,51
110	155	0,3743	0,00	4,68	0,00	95,32	0,00	0,00	0,00	0,00	4,68	95,32
105	148	0,3902	0,00	4,88	0,00	95,12	0,00	0,00	0,00	0,00	4,88	95,12
100	141	0,4076	0,00	5,10	0,00	94,90	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10	94,90
95	134	0,4267	0,00	5,33	0,00	94,67	0,00	0,00	0,00	0,00	5,33	94,67
90	127	0,4476	0,00	5,59	0,00	94,41	0,00	0,00	0,00	0,00	5,59	94,41
85	120	0,4706	0,00	5,88	0,00	94,12	0,00	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
80	113	0,4961	0,00	6,20	0,00	93,80	0,00	0,00	0,00	0,00	6,20	93,80
75	106	0,5246	0,00	6,56	0,00	93,44	0,00	0,00	0,00	0,00	6,56	93,44
70	99	0,5565	0,00	6,96	0,00	93,04	0,00	0,00	0,00	0,00	6,96	93,04
65	92	0,5926	0,00	7,41	0,00	92,59	0,00	0,00	0,00	0,00	7,41	92,59
60	85	0,6337	0,00	7,92	0,00	92,08	0,00	0,00	0,00	0,00	7,92	92,08
55	78	0,6809	0,00	8,51	0,00	91,49	0,00	0,00	0,00	0,00	8,51	91,49
50	71	0,7356	0,00	9,20	0,00	90,80	0,00	0,00	0,00	0,00	9,20	90,80
45	64	0,8000	0,00	10,00	0,00	90,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	90,00
40	57	0,8767	0,00	10,96	0,00	89,04	0,00	0,00	0,00	0,00	10,96	89,04
35	50	0,9697	0,00	12,12	0,00	87,88	0,00	0,00	0,00	0,00	12,12	87,88
30	43	1,0874	0,00	13,56	0,00	86,44	0,00	0,00	0,00	0,00	13,56	86,44
25	36	1,2308	0,00	15,38	0,00	84,62	0,00	0,00	0,00	0,00	15,38	84,62
20	29	1,4222	0,00	17,78	0,00	82,22	0,00	0,00	0,00	0,00	17,78	82,22
15	22	1,6842	0,00	21,05	0,00	78,95	0,00	0,00	0,00	0,00	21,05	78,95
10	15	2,0645	0,00	25,81	0,00	74,19	0,00	0,00	0,00	0,00	25,81	74,19
5	8	2,6667	0,00	33,33	0,00	66,67	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
0	1	3,7647	0,00	47,06	0,00	52,94	0,00	0,00	0,00	0,00	47,06	52,94

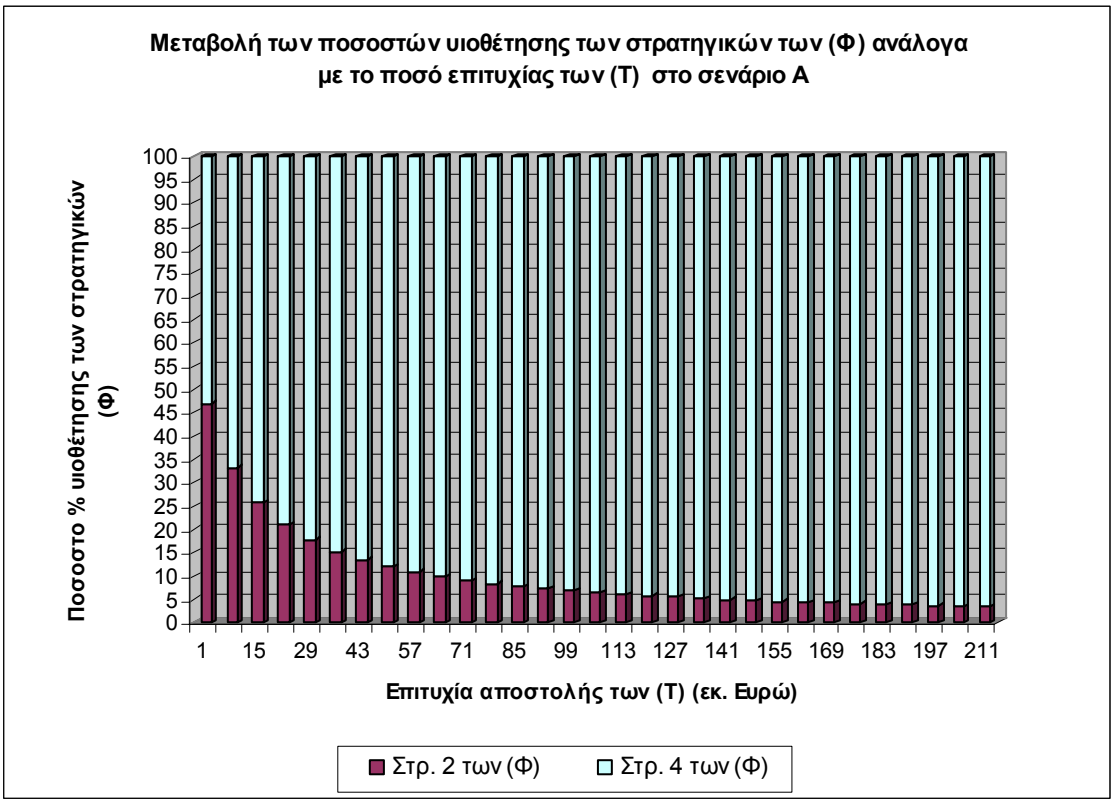
(Πίνακας A_8: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας)

Και από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:

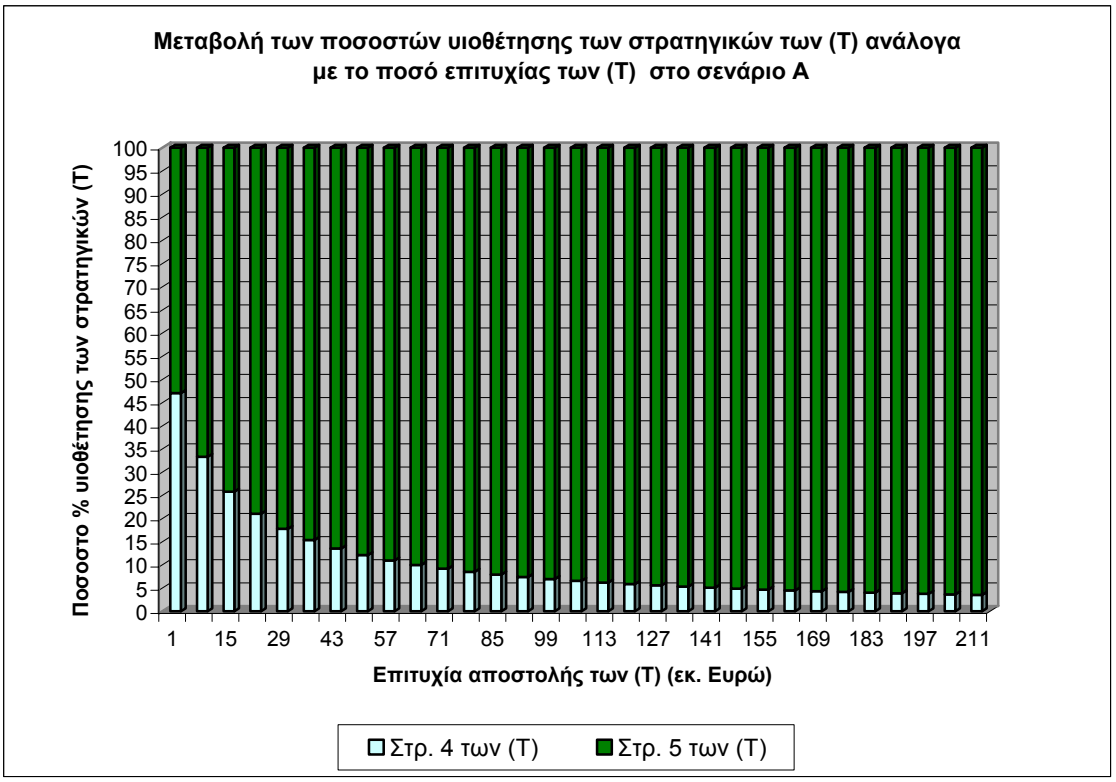


(Γράφημα A_1: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Όπως αναμενόταν παρατηρούμε στο Γράφημα A_1 ότι το τελικό payoff του σεναρίου μας μειώνεται με την αύξηση του ποσού επιτυχίας των (Τ) και αντίστροφα αυξάνεται με την μείωση του τελευταίου (το σημείο που εμφανίζεται επάνω στην καμπύλη με γαλάζιο χρώμα είναι η τιμή που αντιστοιχεί στις αρχικές εκτιμήσεις του σεναρίου). Παρότι όμως αυξάνουμε σημαντικά το ποσοστό των θυμάτων που δηλητηριάζονται από την απόπειρα των (Τ) (αγγίζει το 50% των συνολικά επιβαινόντων στο πλοίο) παρατηρούμε ότι το "value of the game" δεν γίνεται ποτέ αρνητικό (νίκη των τρομοκρατών), κάτι τέτοιο δεν θα συμβεί ακόμα και αν φτάσουμε στην "τραβηγμένη" περίπτωση που όλοι οι επιβαίνοντες δηλητηριαστούν. Η εξήγηση του φαινόμενου αυτού βρίσκεται στον πίνακα A_6. Ο απομένων πίνακας από την διαδικασία της απαλοιφής των επικρατουσών στρατηγικών μας δείχνει ότι οι (Φ) με την επιλογή της στρατηγικής 4 δεν θα βρεθούν ποτέ να χάνουν το παίγνιο ανεξάρτητα από την επιλογή των (Τ), επομένως το Γράφημα A_1 μας επιβεβαιώνει αυτό το συμπέρασμα. Ας δούμε όμως τι συμβαίνει και με τις στρατηγικές των δύο παικτών:



(Γράφημα A_2: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνόμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)



(Γράφημα A_3: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Από τα γραφήματα των στρατηγικών των δύο παικτών παρατηρούμε καταρχήν ότι είναι ισοπίθανη η επιλογή ανάμεσα στις 4 των (Φ) και 5 των (Τ), όσο και των 2 των (Φ) και 4 των (Τ), επίσης είναι εμφανές ότι όσο μειώνεται το ποσό απόδοσης της επιτυχίας των (Τ) τόσο αυξάνει η πιθανότητα χρησιμοποίησης των στρατηγικών 2 των (Φ) και 4 των (Τ).

Η πρώτη παρατήρηση μπορεί να εξηγηθεί και πάλι από την δομή του πίνακα A_6, είναι λογικό ο παίκτης (Φ) να χρησιμοποιήσει με μεγάλο ποσοστό τη στρατηγική του 4, αφού στην περίπτωση αυτή δεν χάνει ποτέ· αναμένοντας την λογική αυτή επιλογή ο (Τ) ανταπαντά με την ίδια πιθανότητα στην 5 στρατηγική του που θα του επιτρέψει να αποχωρήσει χωρίς κόστος (η βέλτιστη επιλογή αν οι φύλακες καταλήξουν στην 4 στρατηγική τους). Επιστρέφοντας όμως στον παίκτη (Φ), ο οποίος σαν ορθολογιστής έχει τη δυνατότητα να φανταστεί το πως θα αντιδράσει ο (Τ), θα άφηνε μια μικρότερη πιθανότητα να επιλέξει την 2 στρατηγική του και να αποκομίσει κέρδος (αφού πιστεύει ότι ο (Τ) έχει επιλέξει την 5), αλλά με την ίδια πιθανότητα τότε ο επίσης ορθολογικά σκεπτόμενος (Τ) θα επέλεγε σαν ανταπάντηση την 4 επιλογή του με στόχο να αποκομίσει αυτός κέρδος.

Ως προς τη δεύτερη παρατήρηση τώρα, μας φαίνεται παράλογο ότι με τη μείωση του ποσού επιτυχίας των (Τ) αυξάνει το ποσοστό επιλογής της στρατηγικής 4 από τους τρομοκράτες, και σε αυτό το σημείο όμως υπάρχει λογική εξήγηση. Όσο μειώνεται το πιθανό κέρδος των (Τ) πλησιάζοντας τη μονάδα, οι (Φ) που αρχικά

απέφευγαν να επιλέξουν την στρατηγική τους 2, λόγω του μεγάλου κόστους που θα έχει πιθανή ήττα, βλέποντας πλέον ότι οι ενδεχόμενες απώλειες μειώνονται σημαντικά δίνουν περισσότερες πιθανότητες προς το σενάριο αυτό. Αντίστοιχα οι (Τ) βλέποντας ότι οι αντίπαλοι τους έχουν μια επιπλέον κλίση προς την 2 στρατηγική τους ανταπαντούν αυξάνοντας με τη σειρά τους την πιθανότητα να επιλέξουν την δική τους 4.

(Φ)

(Τ)	2	4
4	85	-8
5	-8	0

(Πίνακας A_6)

→

(Φ)

(Τ)	2	4
4	1	-8
5	-8	0

(Πίνακας A_9)

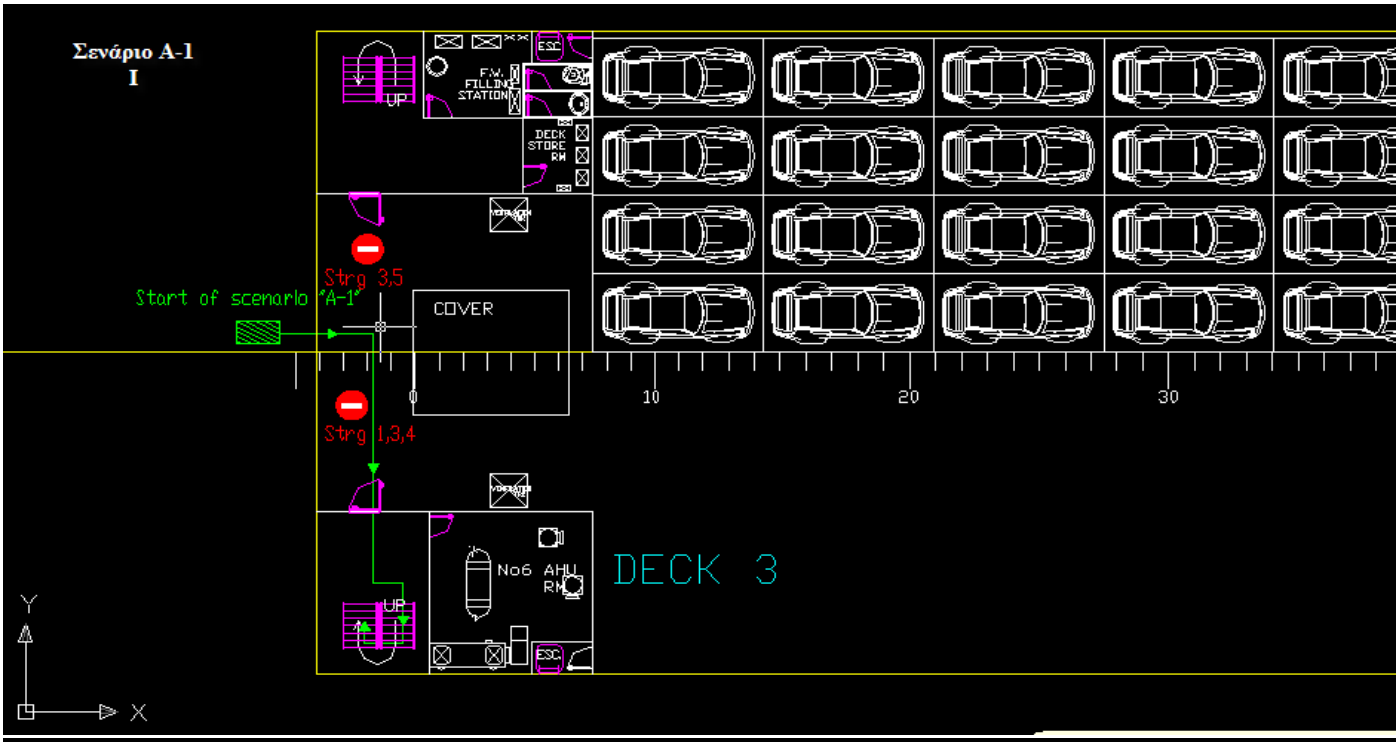
(Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης σεναρίου Α)

Είναι προφανές, λοιπόν, ότι τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις ευαισθησίας στηρίζουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της μεθόδου μας. Πιο συγκεκριμένα βάση των όσων είδαμε οδηγούμαστε αβίαστα στο γεγονός πως η επιλογή των ποσών που εισάγουμε στον πίνακα απόδοσης ναι μεν επηρεάζουν την τελική λύση του παιγνίου (όπως άλλωστε έπρεπε να συμβαίνει), αλλά δεν το χειραγωγούν σε ασύμβατα αποτελέσματα.

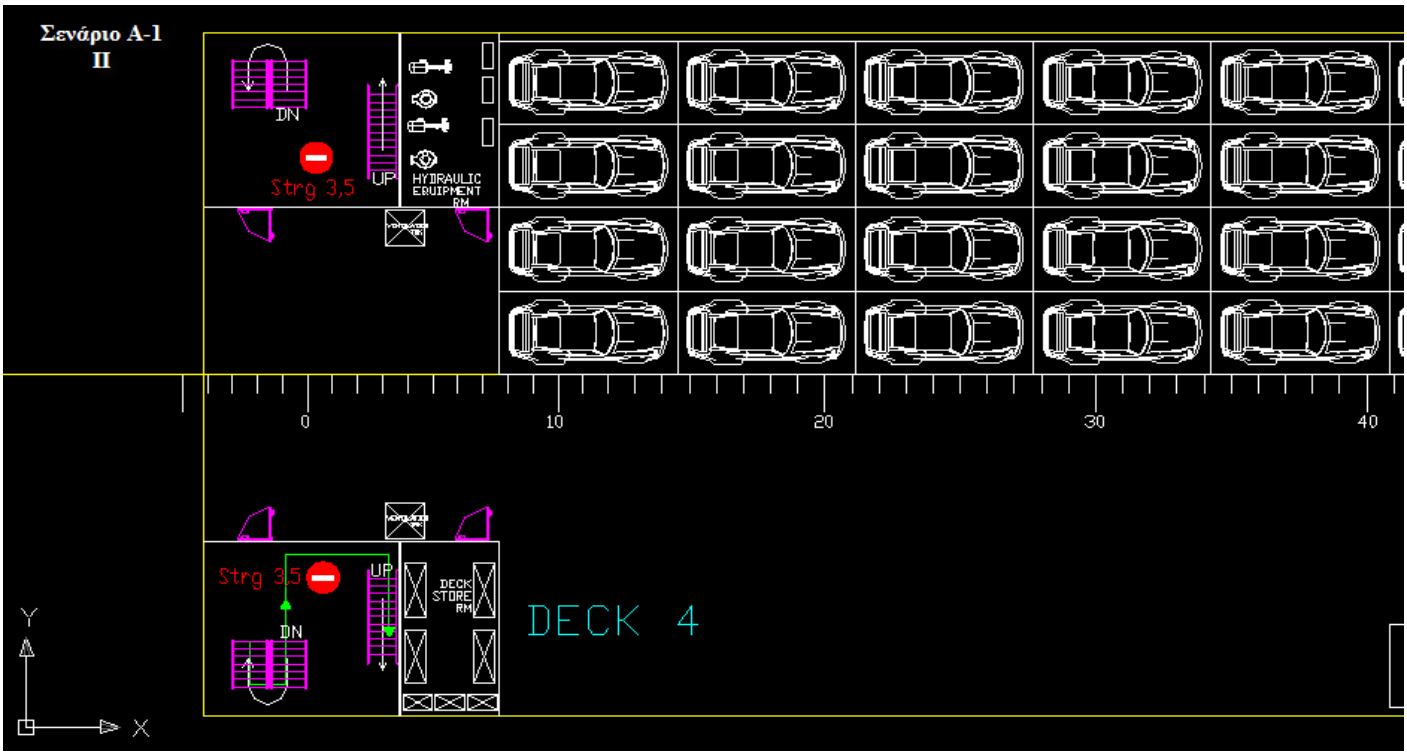
Ακολουθούν τα δρομολόγια των στρατηγικών των (Τ) σε μορφή φωτογραφιών από τη διαδρομή που έχει χαραχτεί στο πρόγραμμα AutoCAD. Με πράσινο χρώμα εμφανίζεται η διαδρομή των (Τ), με κόκκινο χρώμα όσα σημεία φύλαξης από τους (Φ) ήταν δυνατόν να απεικονιστούν και με μοβ οι πιθανοί δίοδοι μετακίνησης των επιτιθεμένων.

3.4.6 Δρομολόγια Στρατηγικών των Τρομοκρατών.

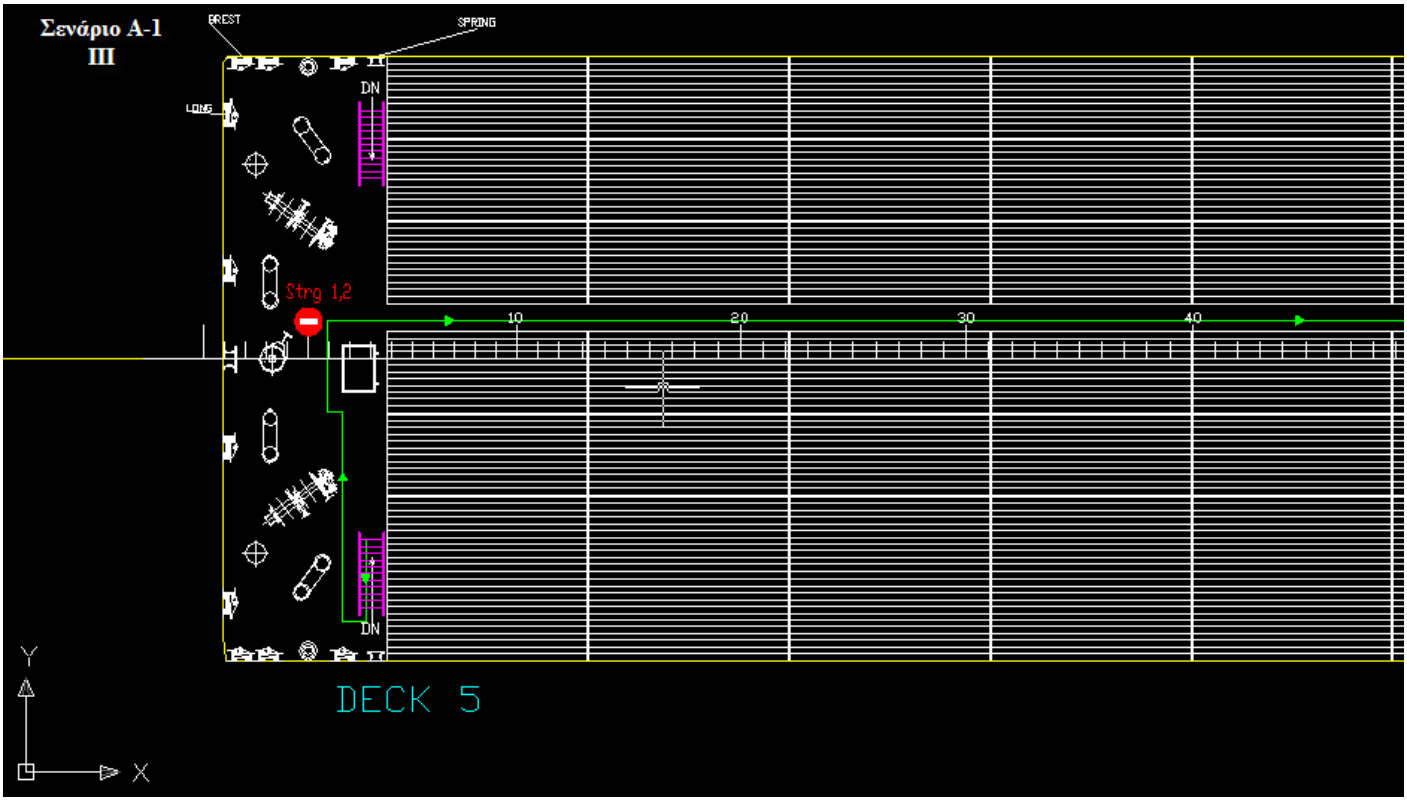
3.4.6.1 Στρατηγική A_1



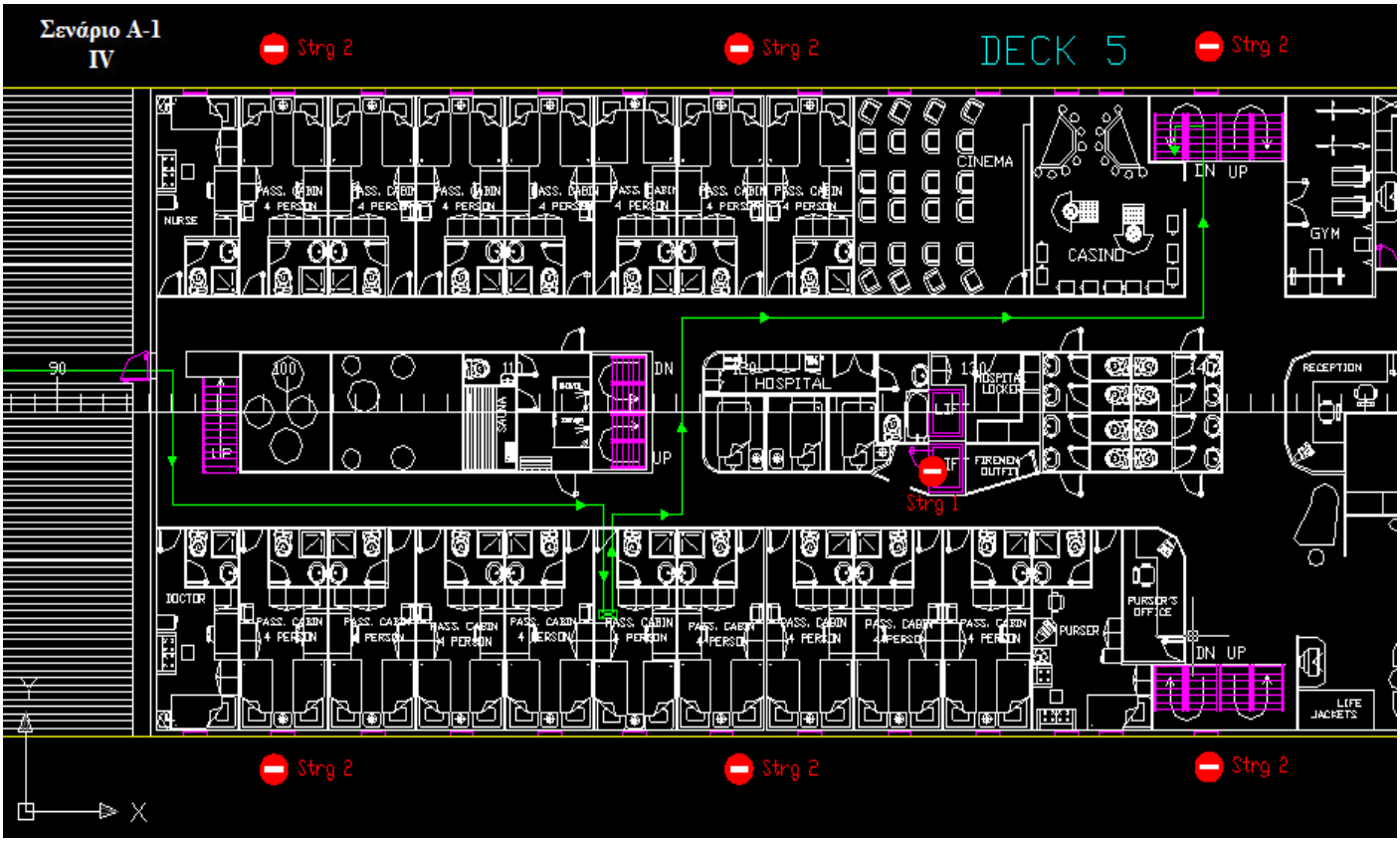
(Σχέδιο A_1-1)



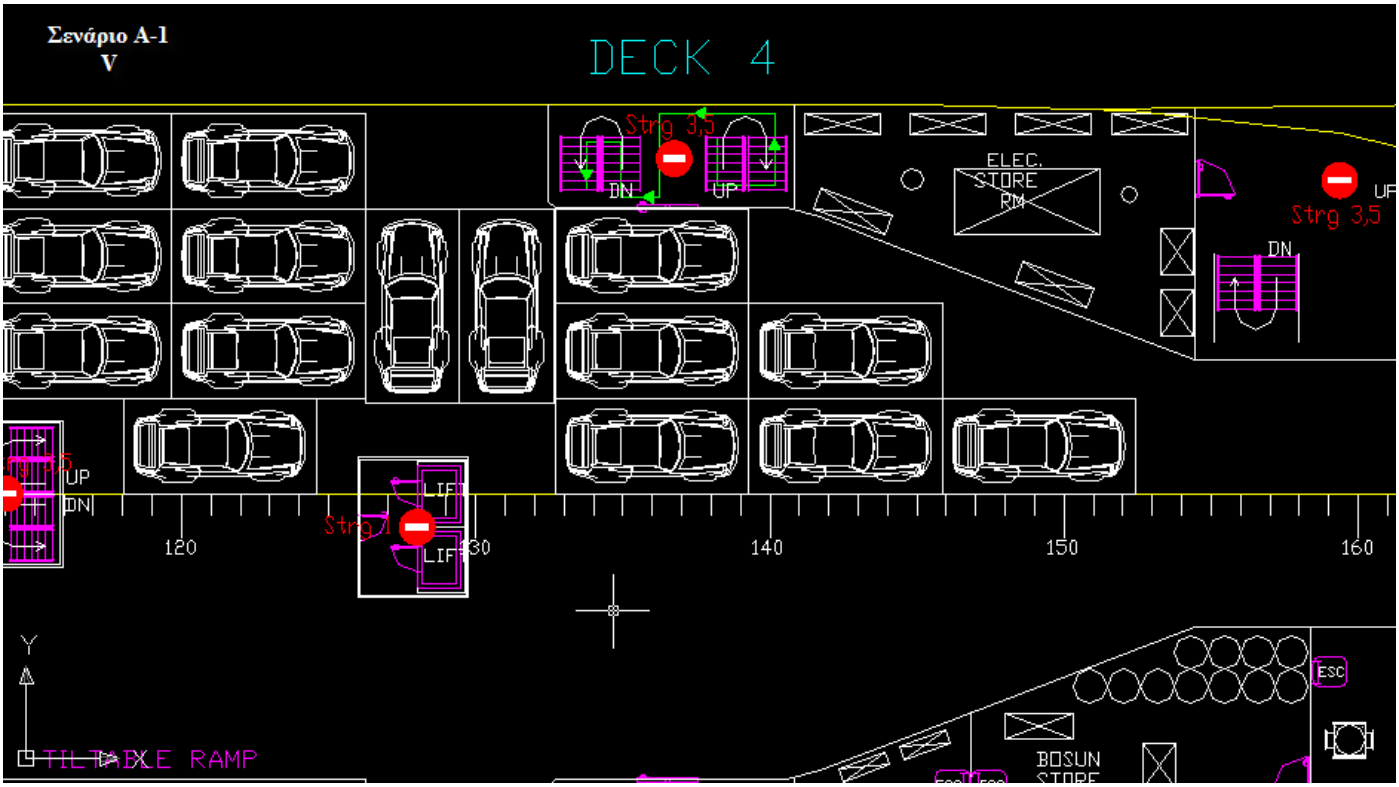
(Σχέδιο A_1-2)



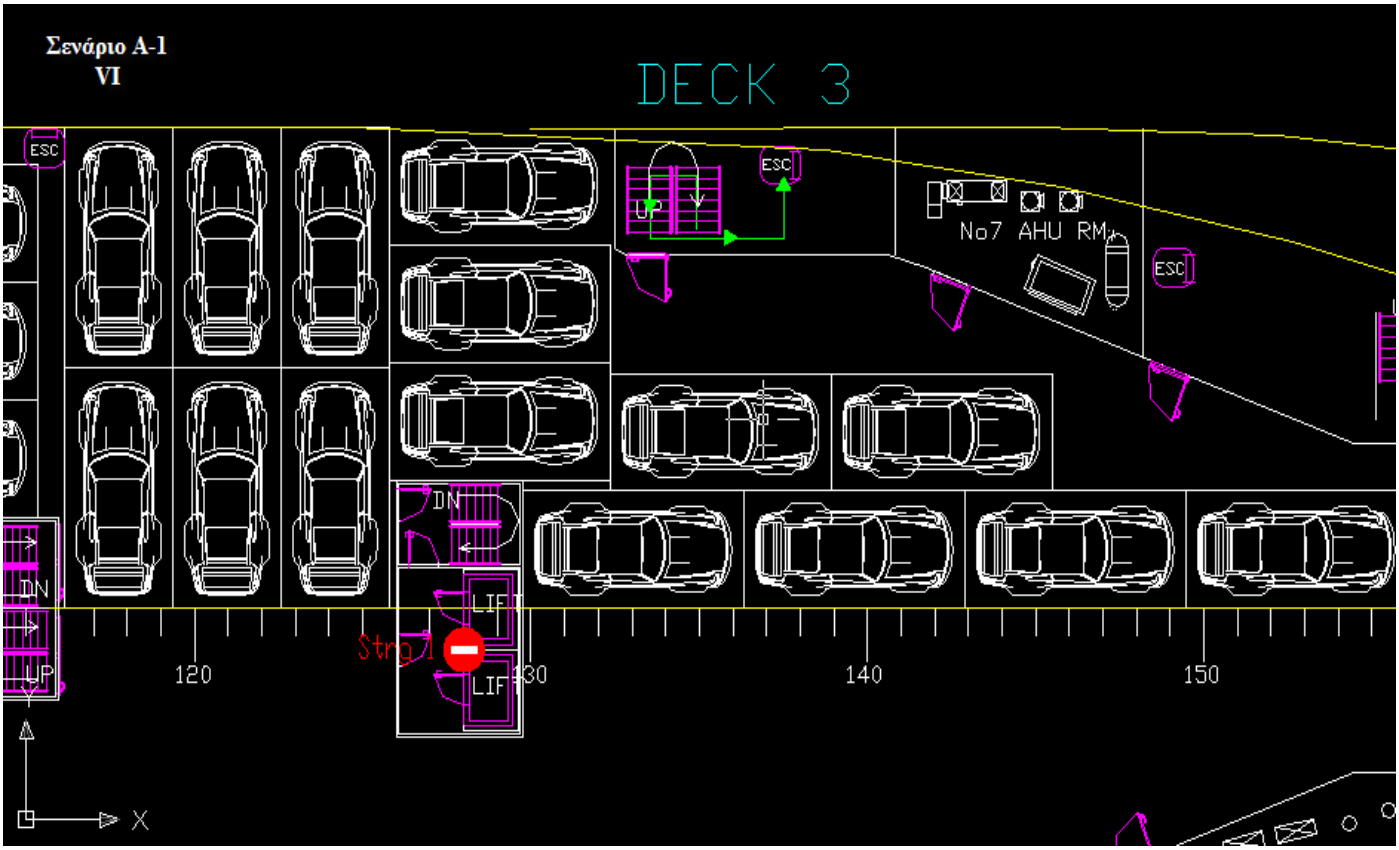
(Σχέδιο A_1-3)



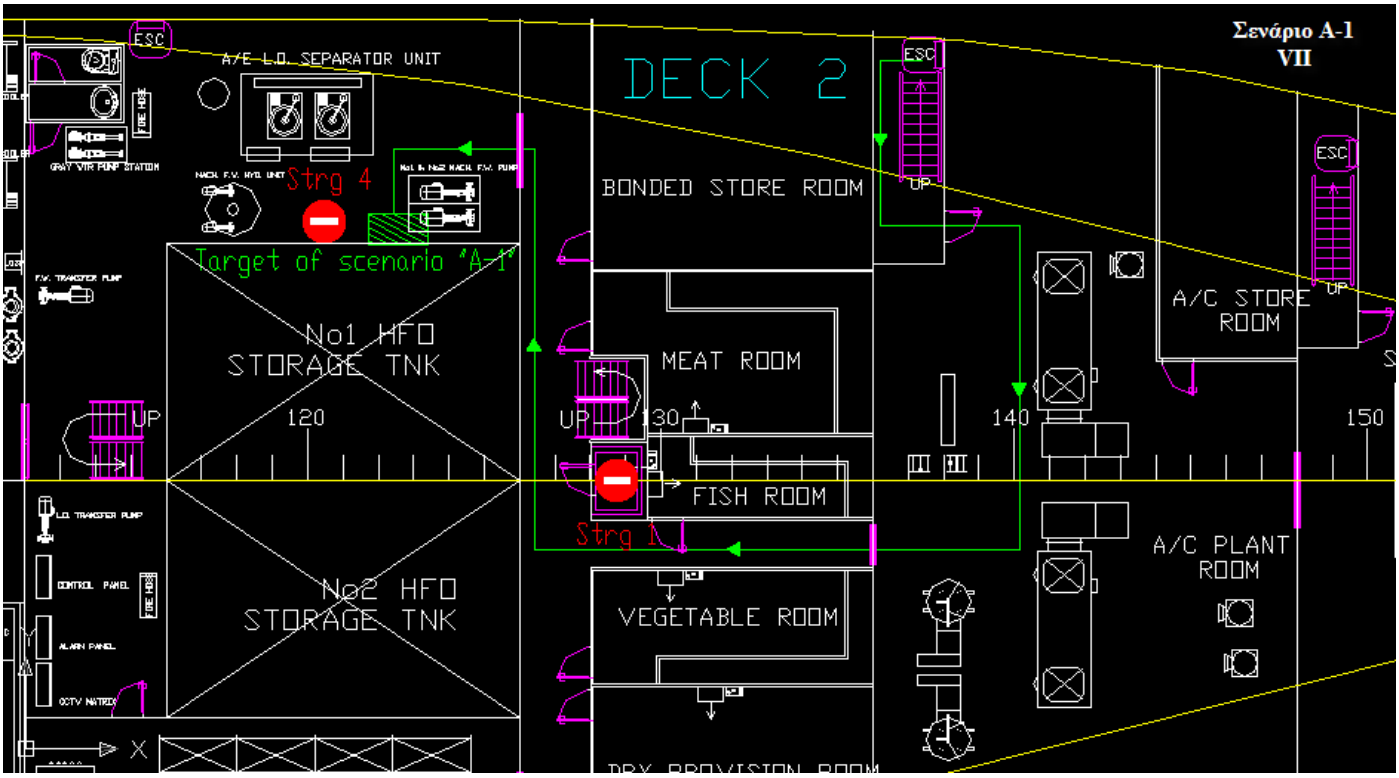
(Σχέδιο A_1-4)



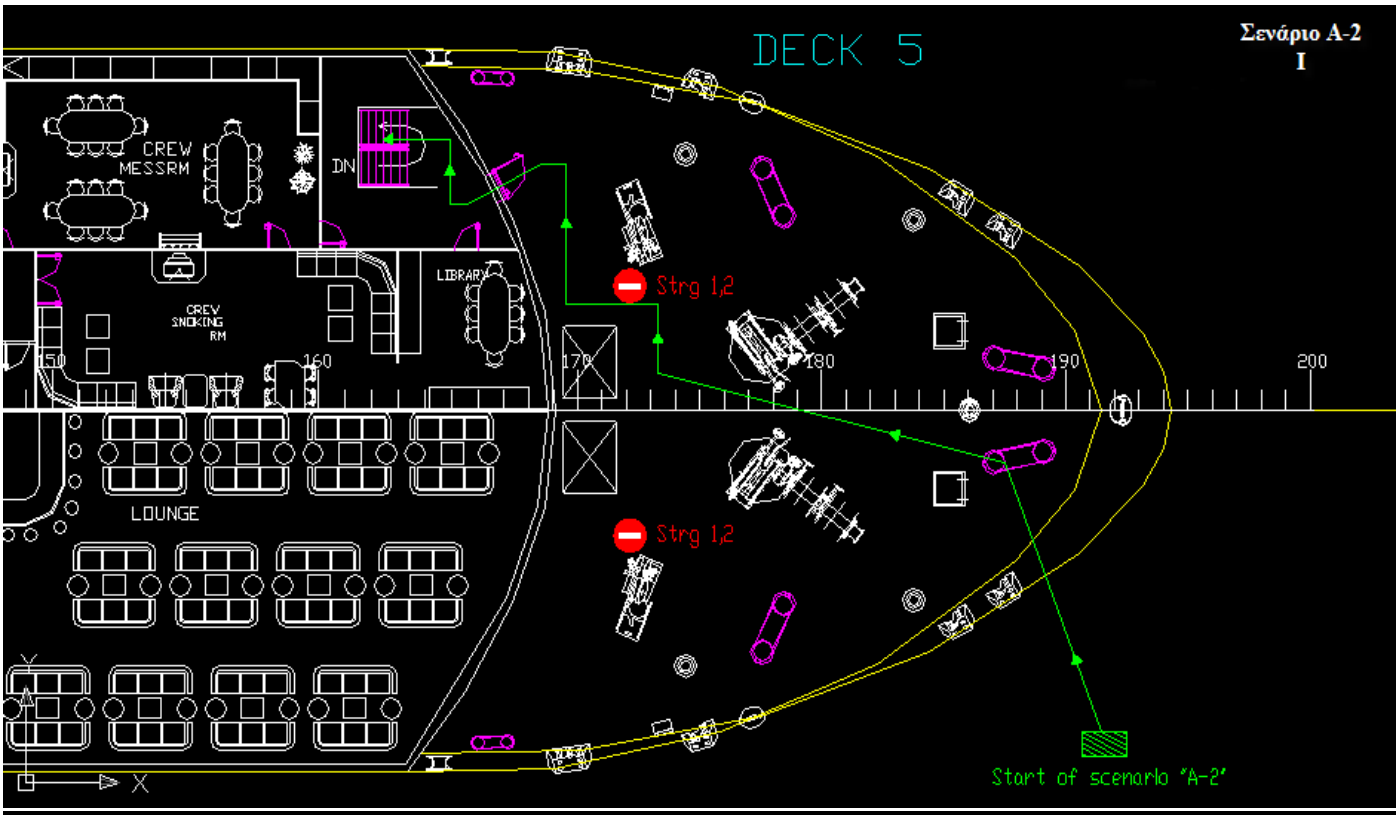
(Σχέδιο A_1-5)



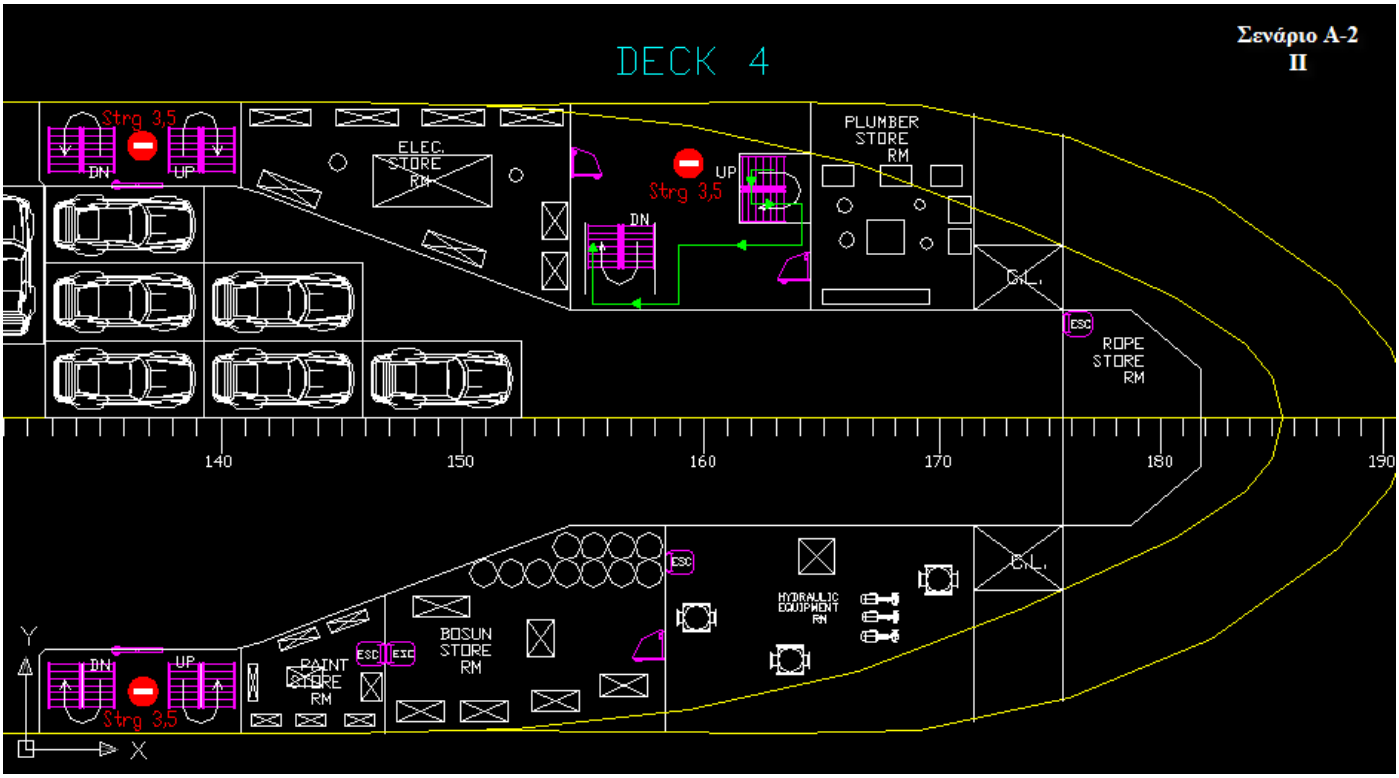
(Σχέδιο A_1-6)


Σενάριο A-1
VII
DECK 2
A/E L.O. SEPARATOR UNIT
BONDED STORE ROOM
Strg 4
Target of scenario 'A-1'
No1 HFO
STORAGE TNK
No2 HFO
STORAGE TNK
MEAT ROOM
FISH ROOM
Strg 1
VEGETABLE ROOM
A/C STORE
ROOM
A/C PLANT
ROOM
ESC
UP
120
130
140
150
(Σχέδιο A_1-7)

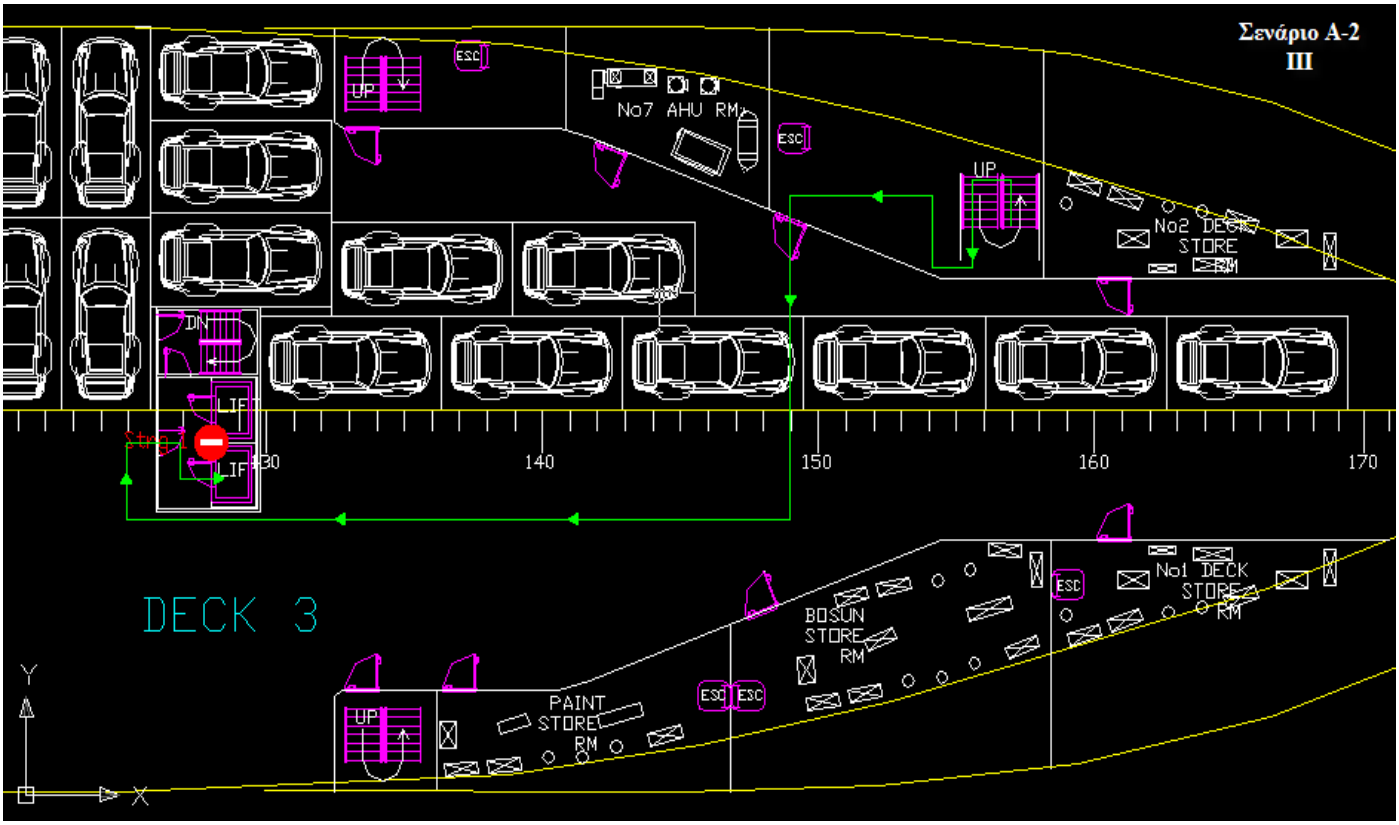
3.4.6.2 Στρατηγική A_2



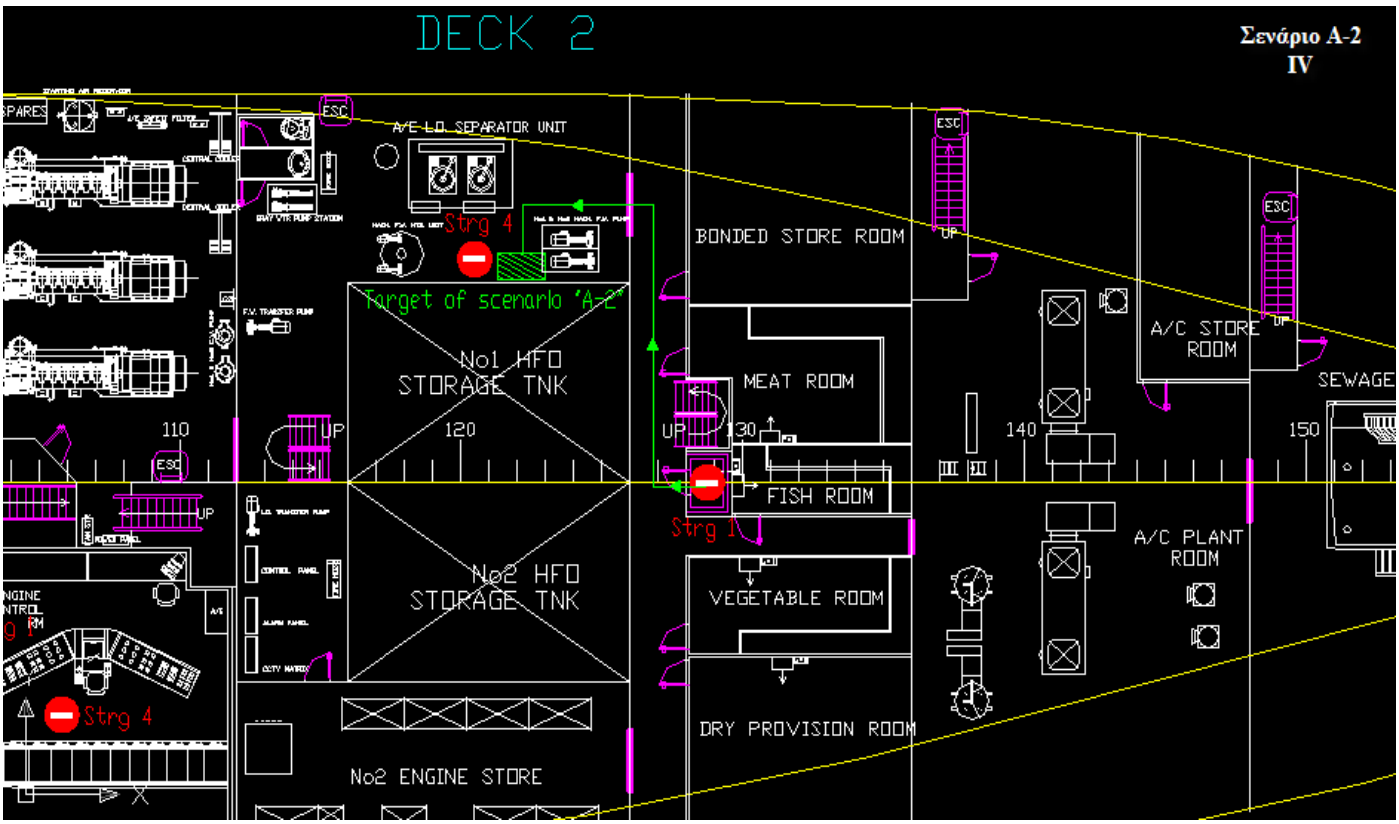
(Σχέδιο A_2-1)



(Σχέδιο A_2-2)

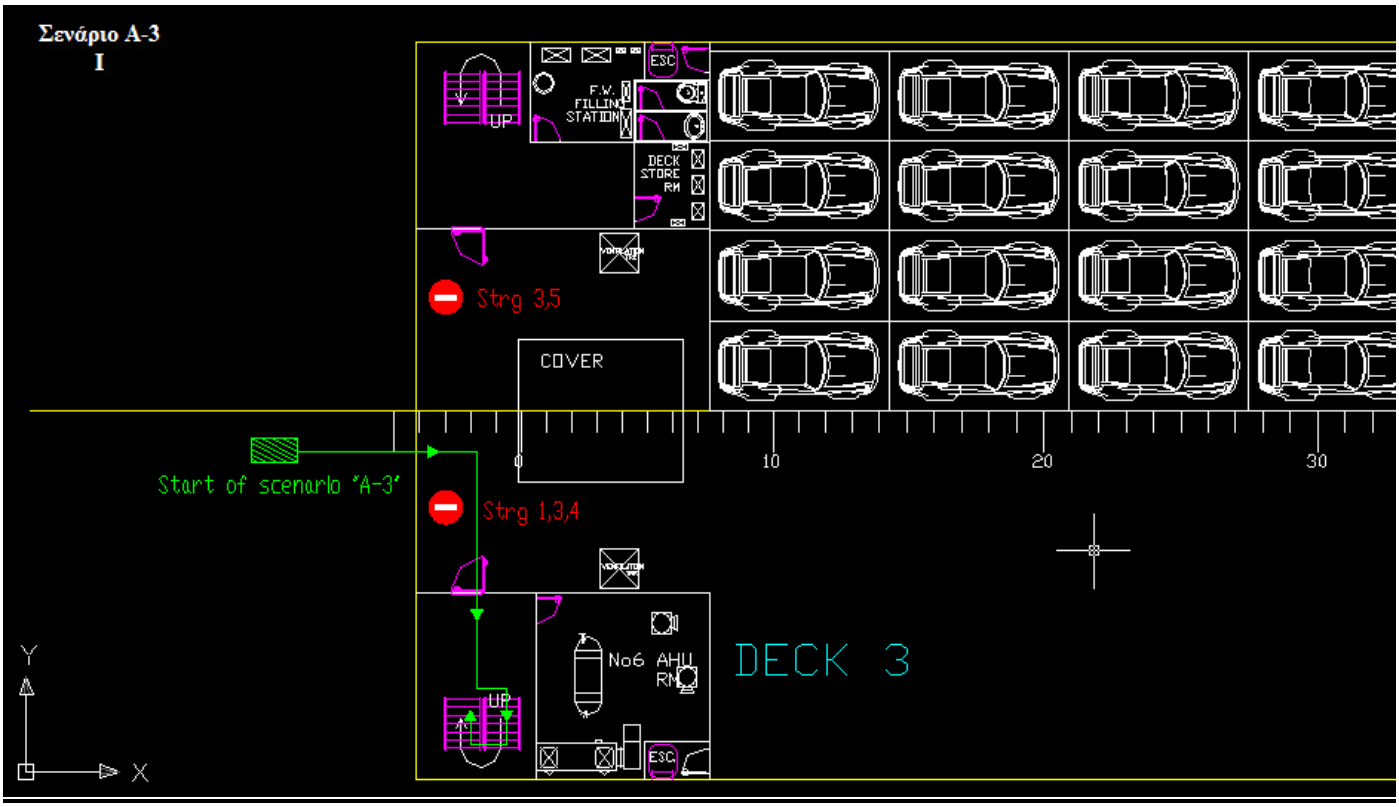


(Σχέδιο A_2-3)

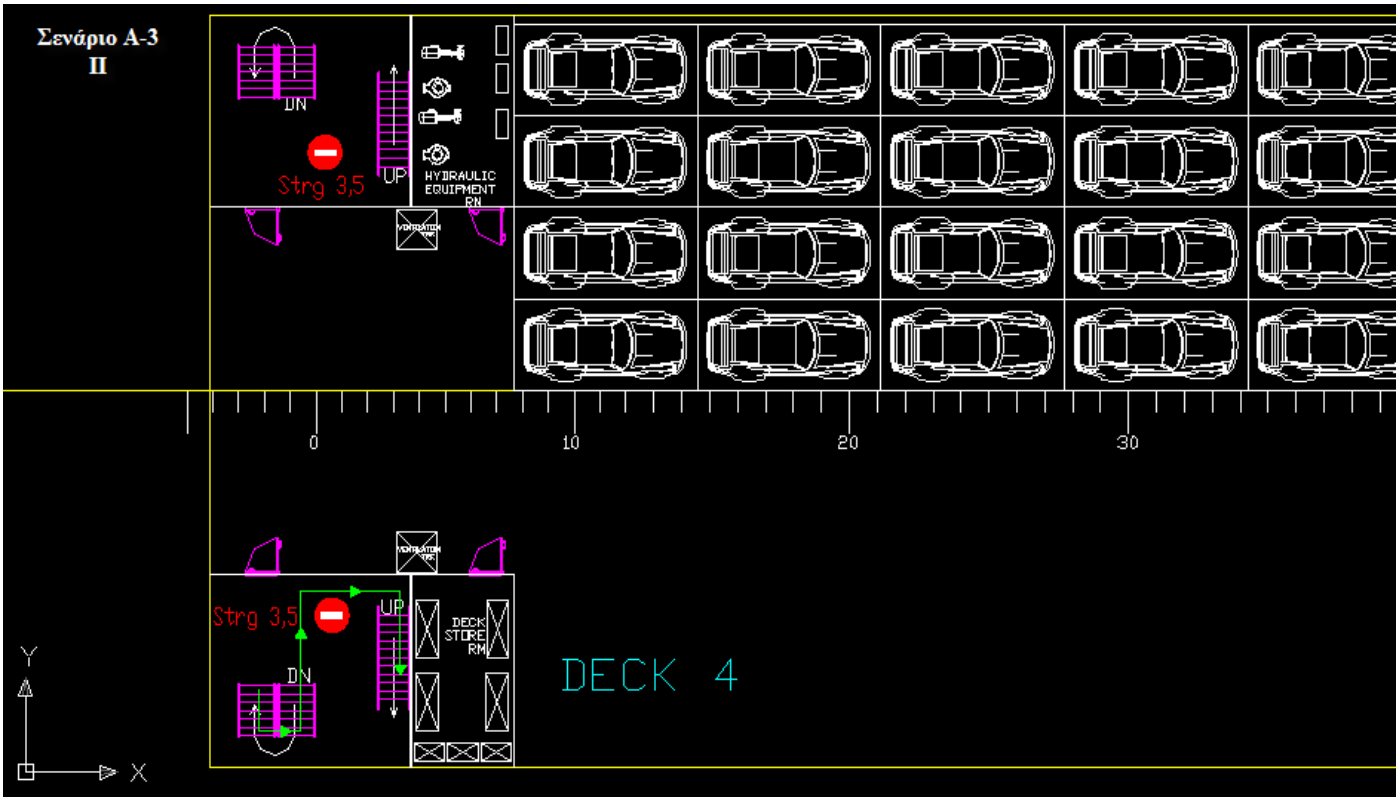


(Σχέδιο A_2-4)

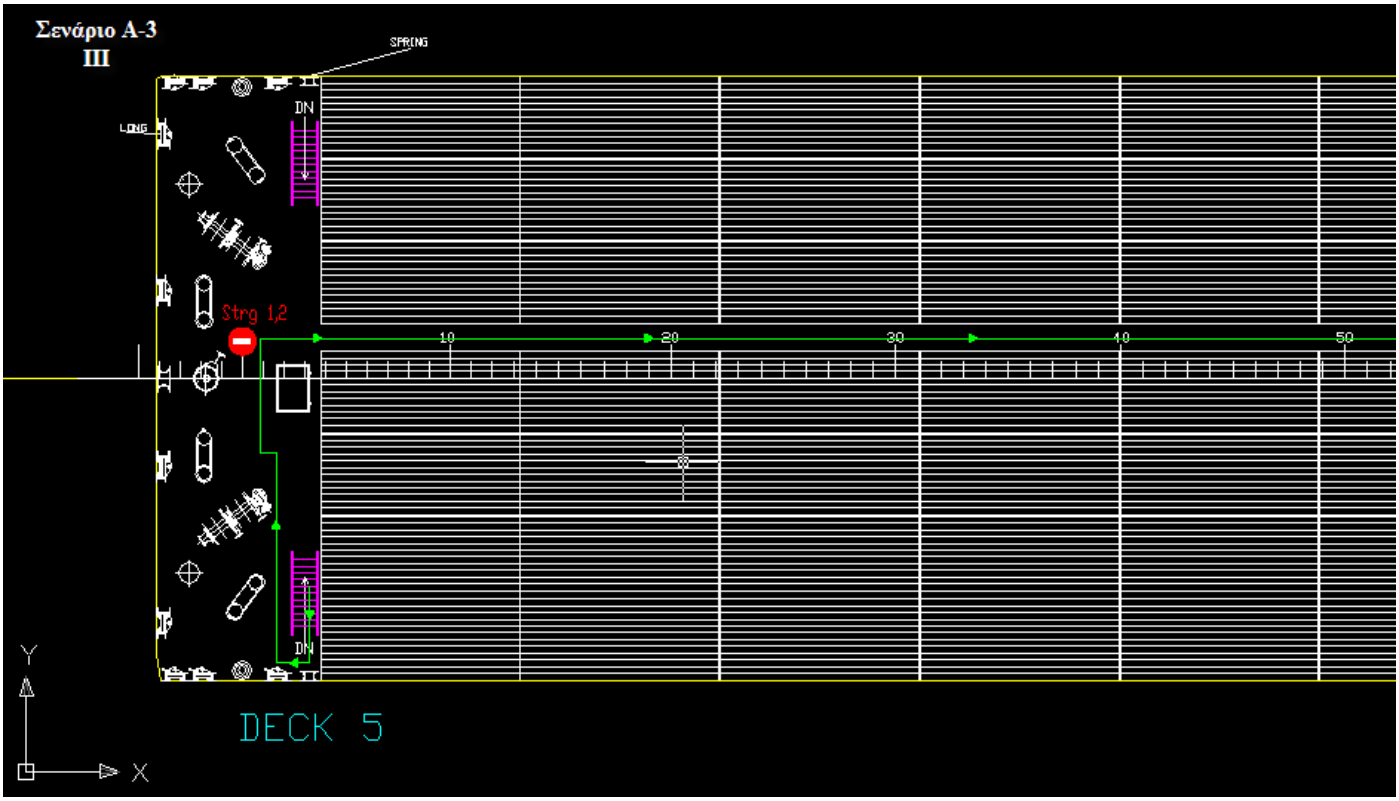
3.4.6.3 Στρατηγική A_3



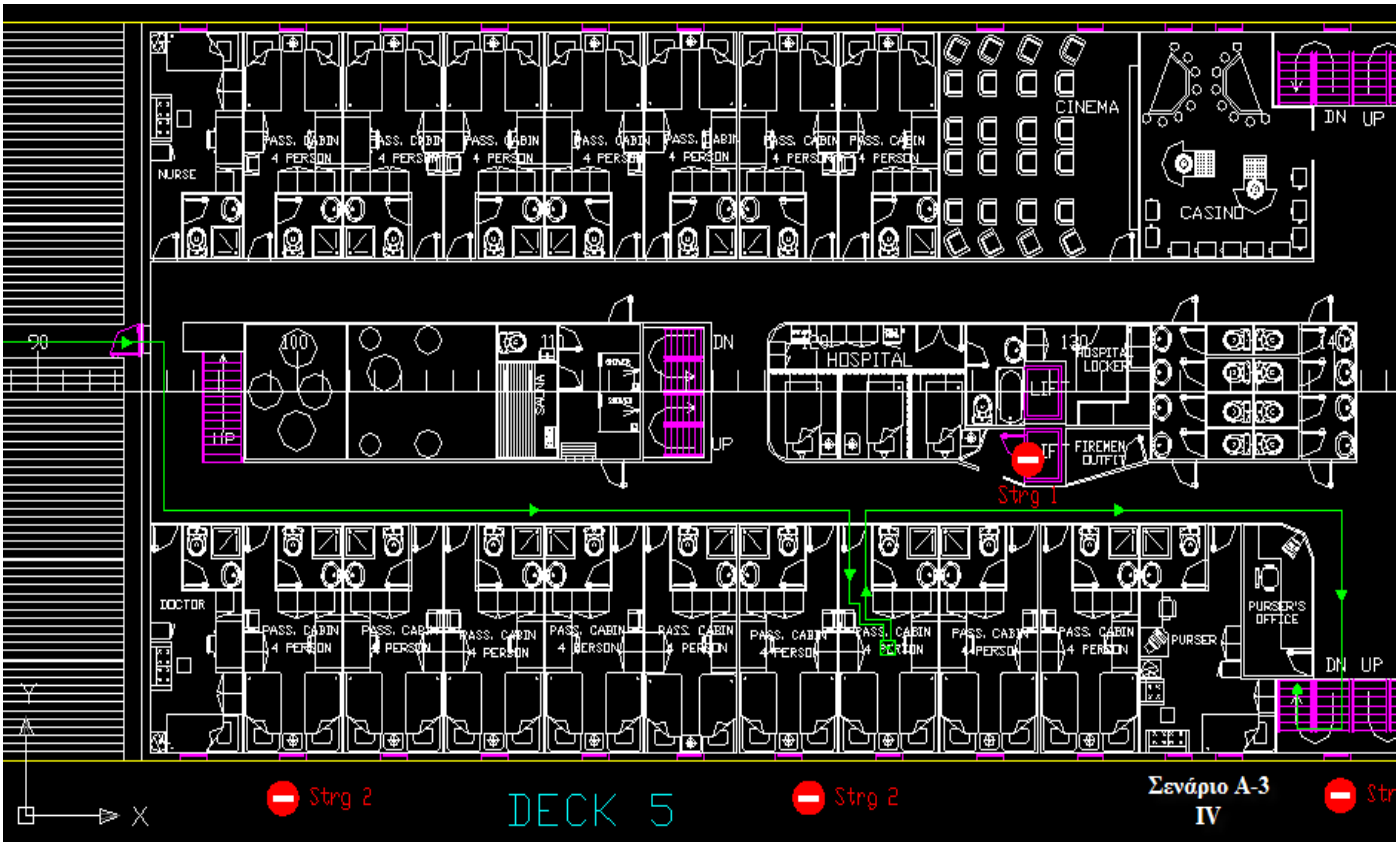
(Σχέδιο A_3-1)



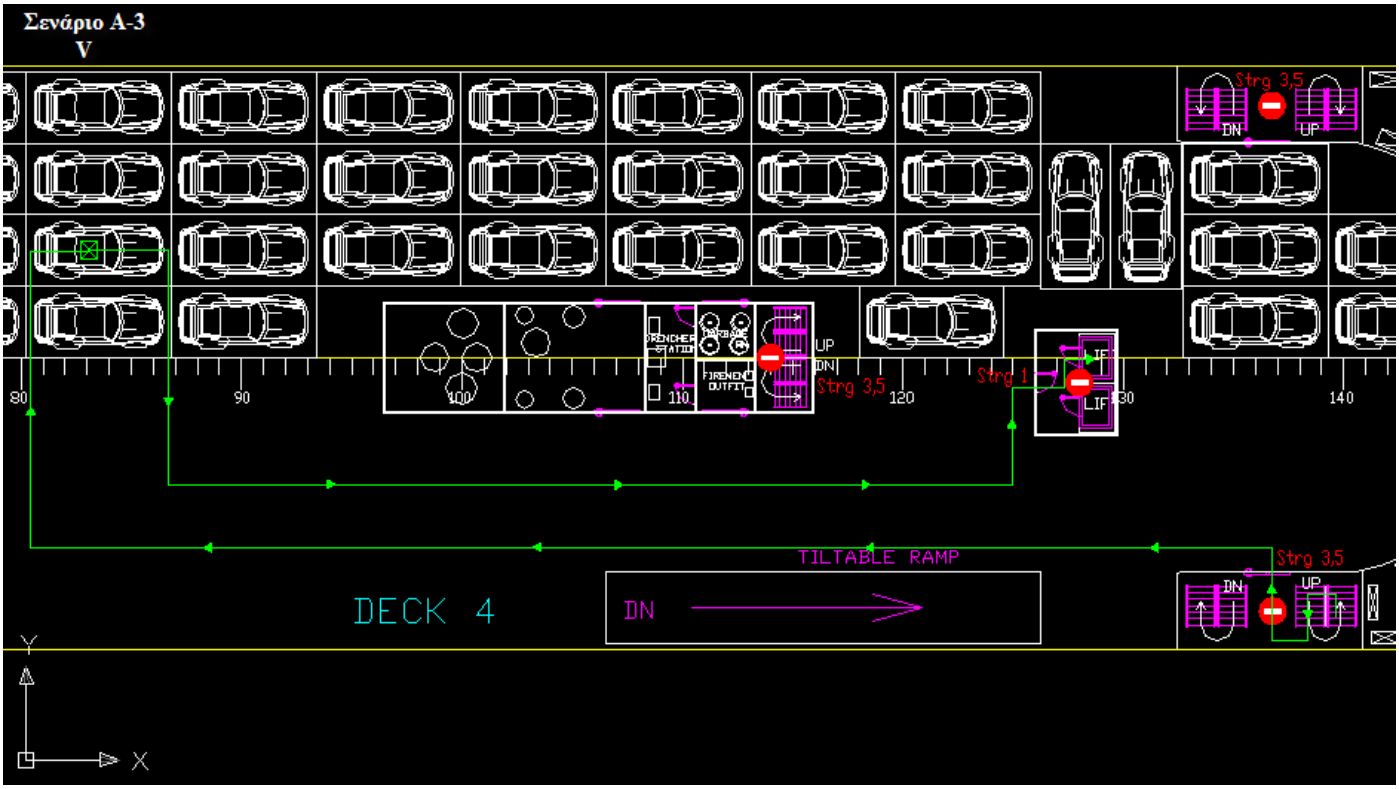
(Σχέδιο A_3-2)



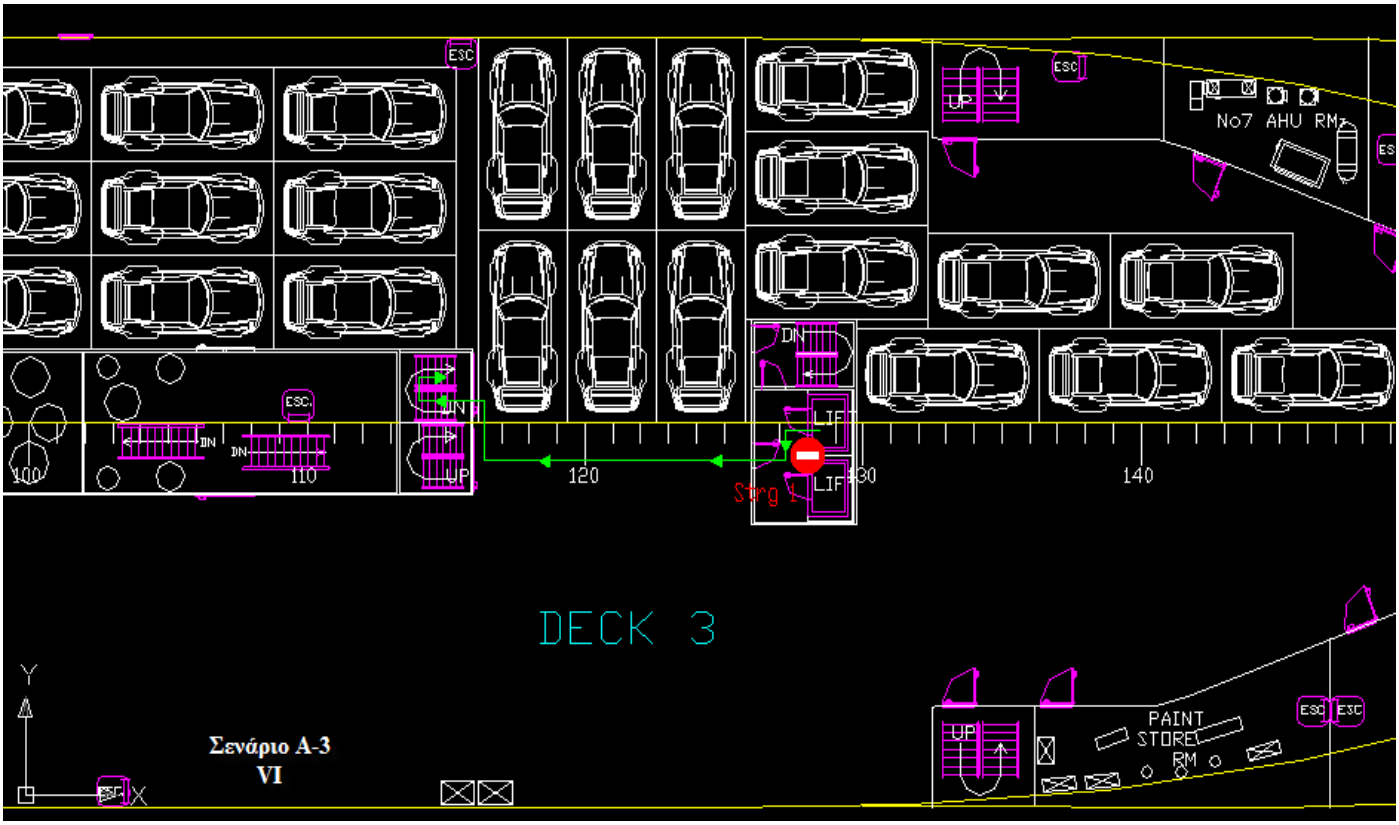
(Σχέδιο A_3-3)



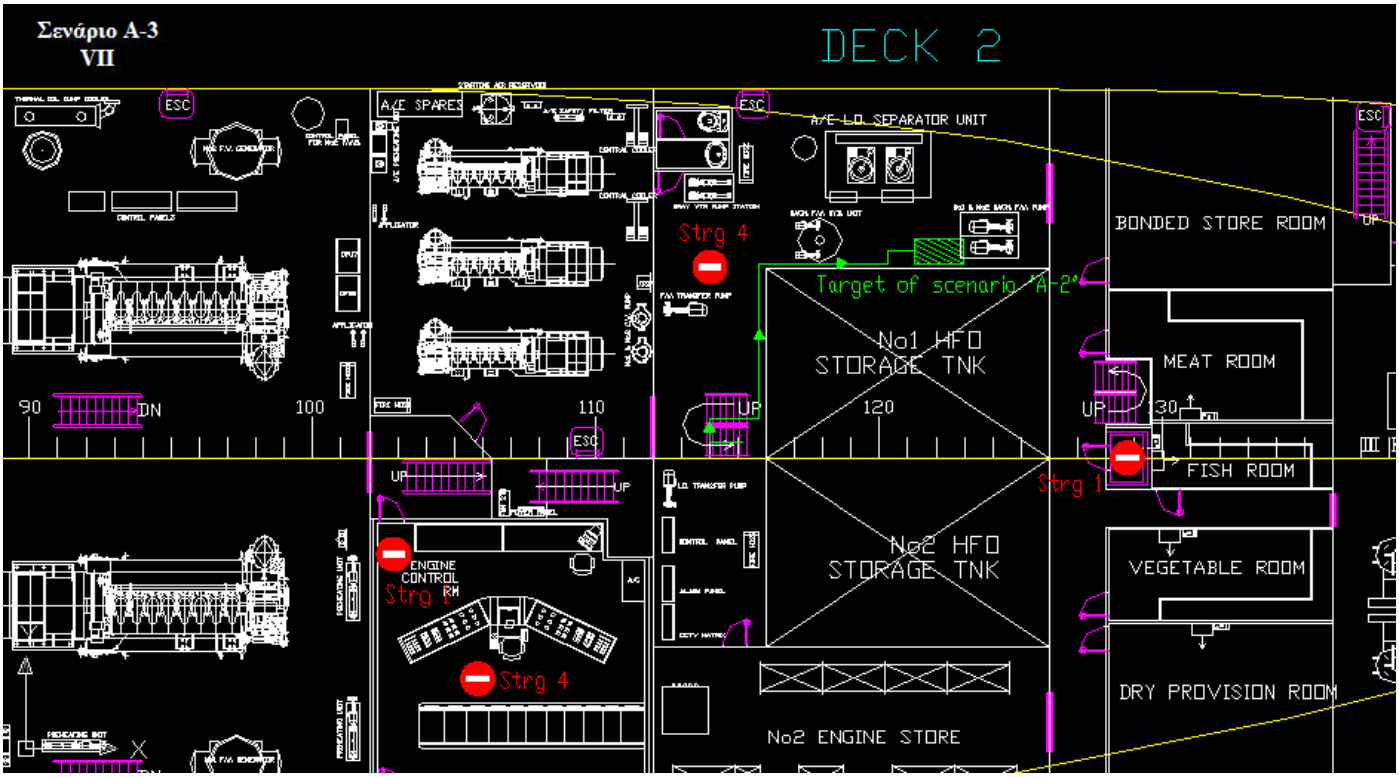
(Σχέδιο A_3-4)



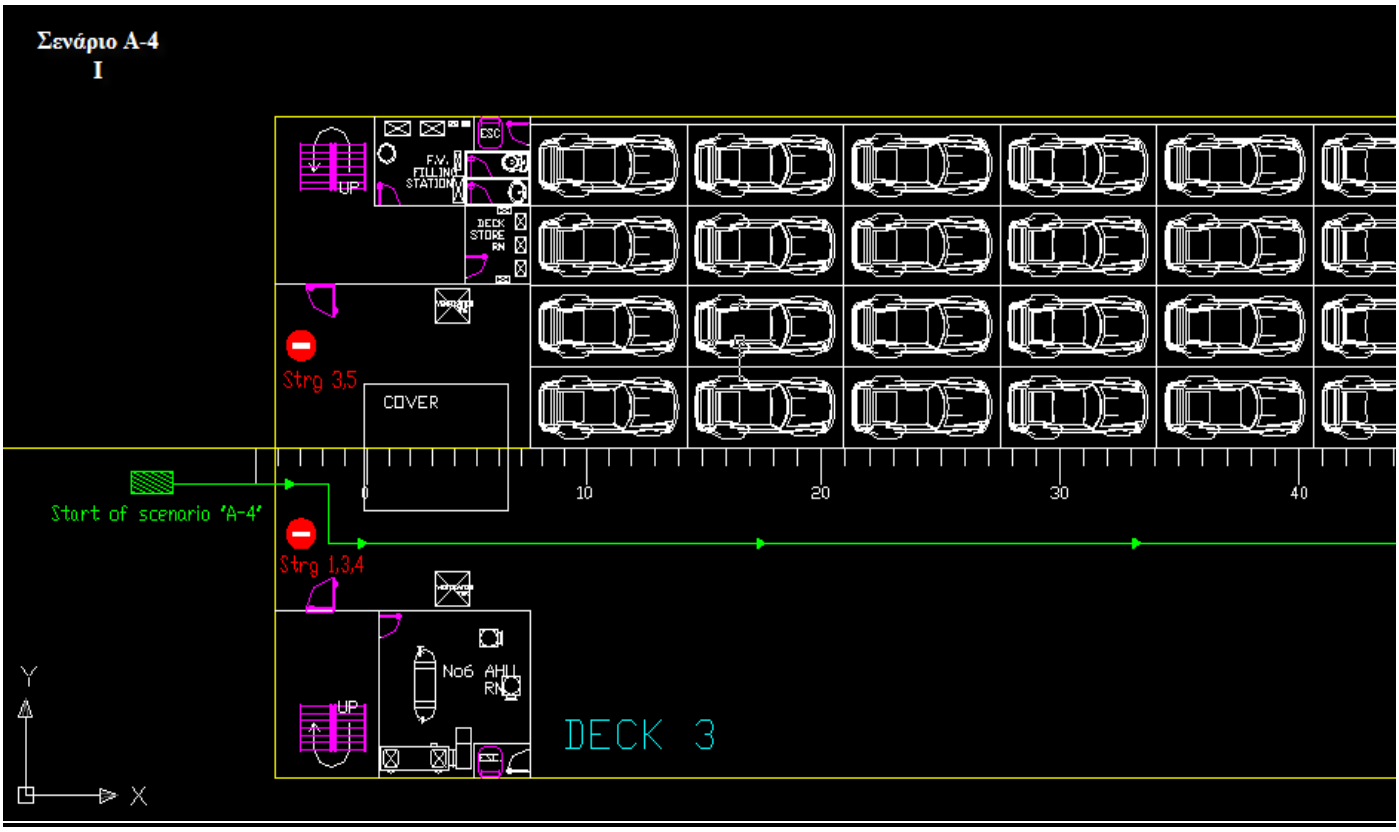
(Σχέδιο A_3-5)



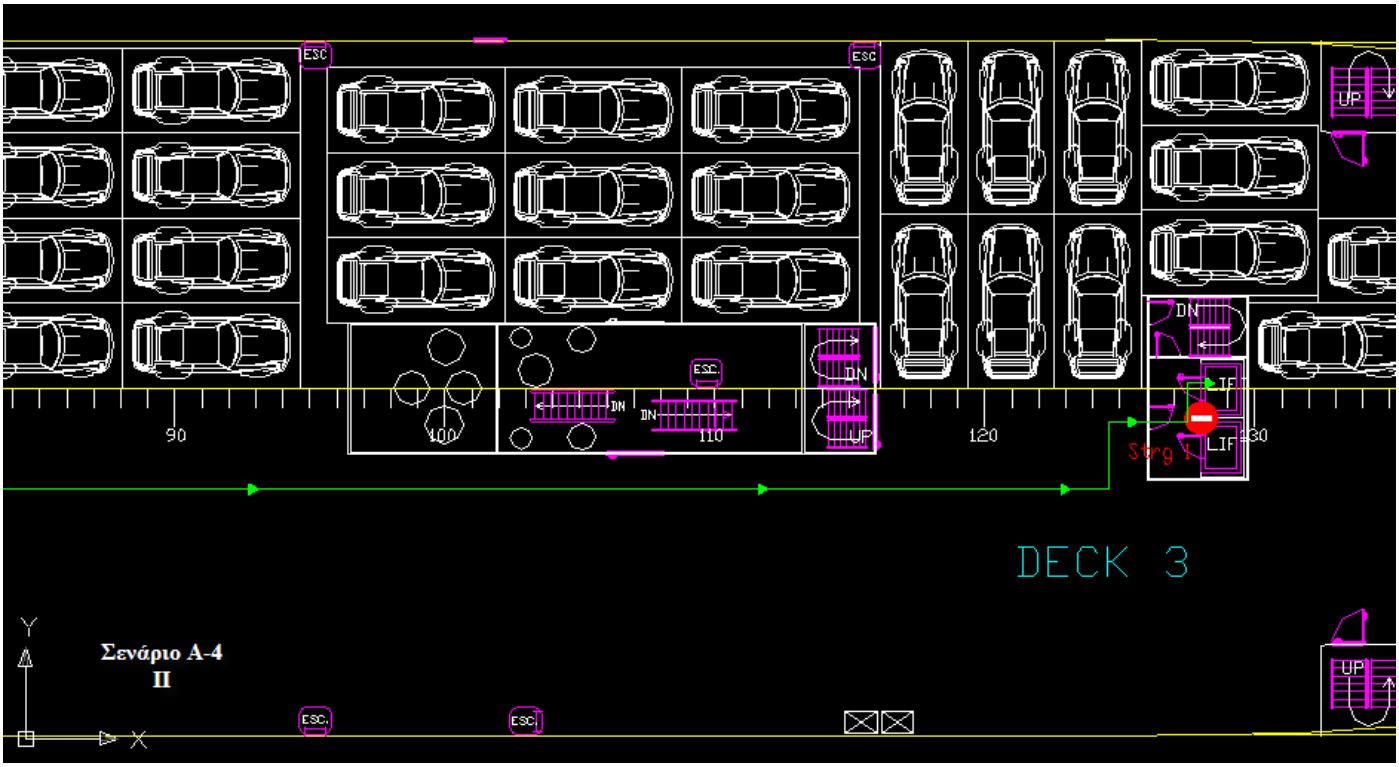
(Σχέδιο A_3-6)


Σενάριο A-3
VII
DECK 2
A/E SPARES
A/E L.O. SEPARATOR UNIT
Strg 4
Target of scenario "A-2"
No1 HFO
STORAGE TNK
No2 HFO
STORAGE TNK
BONDED STORE ROOM
MEAT ROOM
FISH ROOM
VEGETABLE ROOM
DRY PROVISION ROOM
No2 ENGINE STORE
ENGINE
CONTROL
RM
Strg 1
Strg 4
Strg 1
90
DN
100
110
120
130
UP
ESC
(Σχέδιο A_3-7)

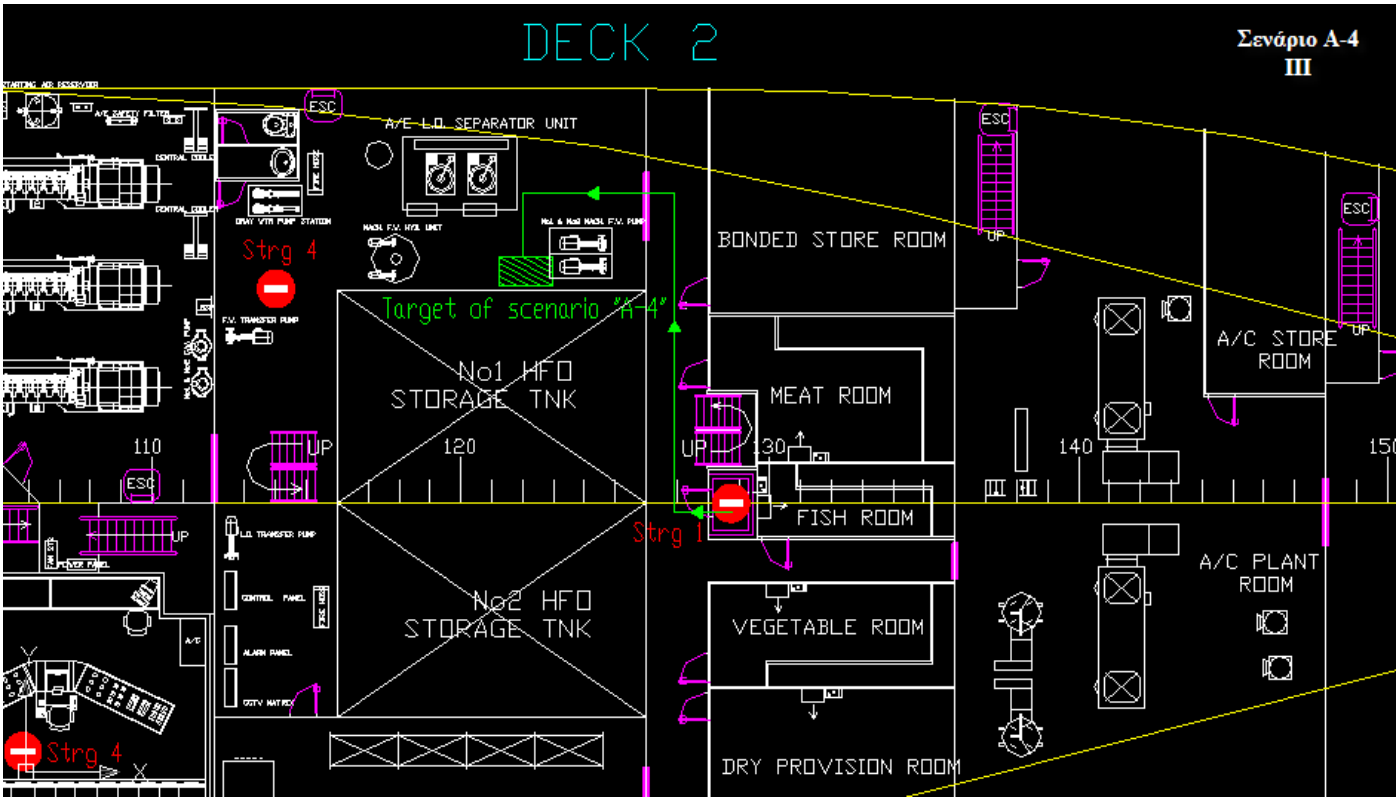
3.4.6.4 Στρατηγική A_4



(Σχέδιο A_4-1)

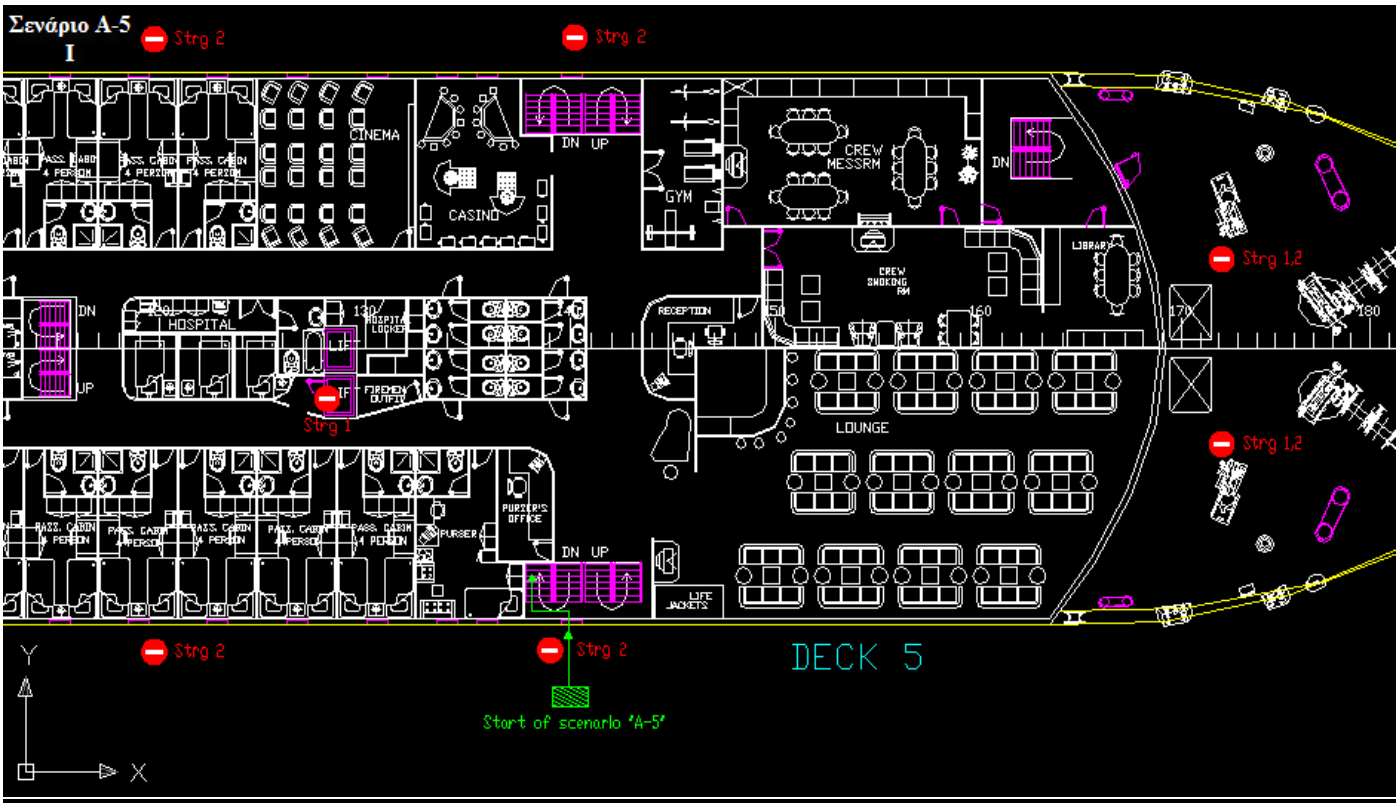


(Σχέδιο A_4-2)

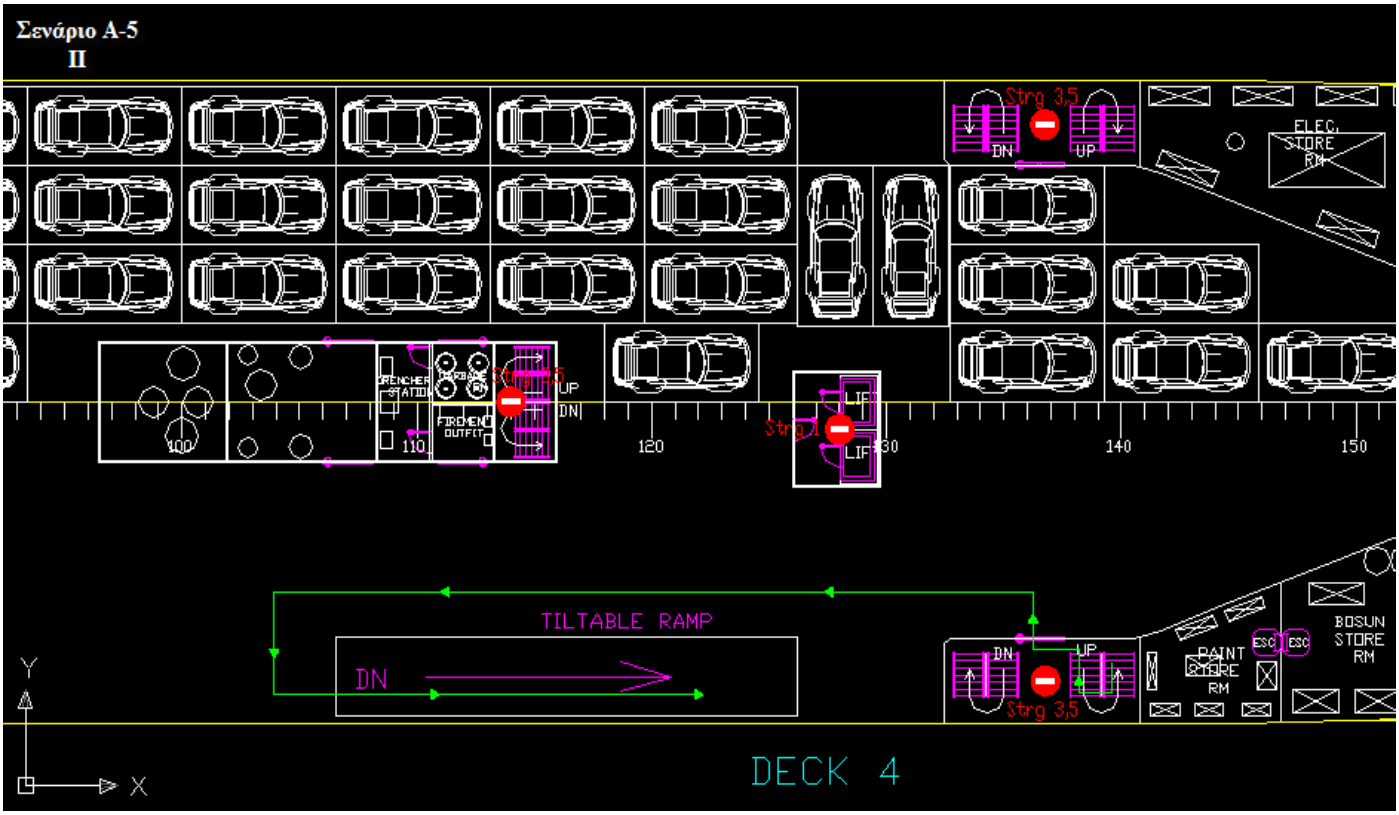

DECK 2
Σενάριο Α-4
III
A/E L.O. SEPARATOR UNIT
BONDED STORE ROOM
Strg 4
Target of scenario "A-4"
No1 HFO
STORAGE TNK
MEAT ROOM
A/C STORE
ROOM
110
120
130
140
UP
ESC
FISH ROOM
Strg 1
No2 HFO
STORAGE TNK
VEGETABLE ROOM
A/C PLANT
ROOM
DRY PROVISION ROOM
Strg 4

(Σχέδιο A_4-3)

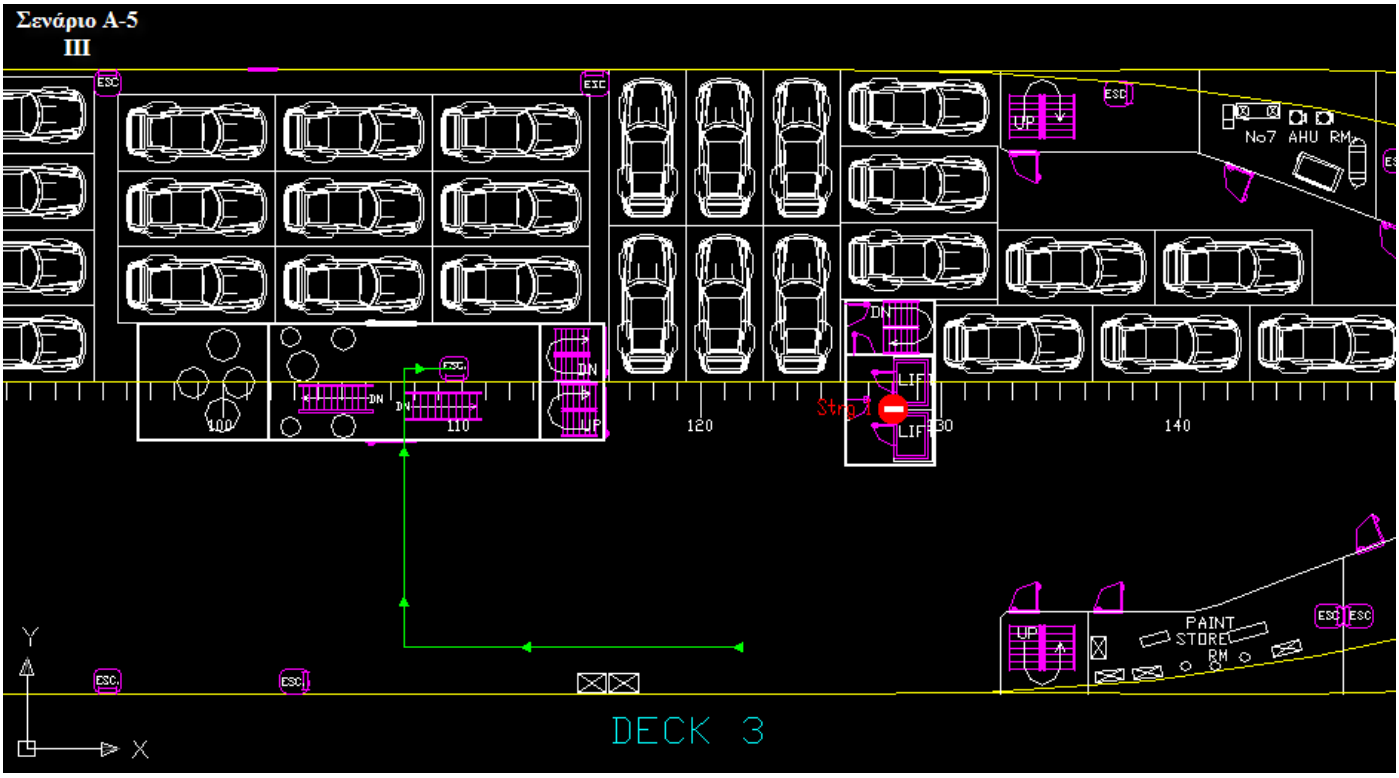
3.4.6.5 Στρατηγική A_5



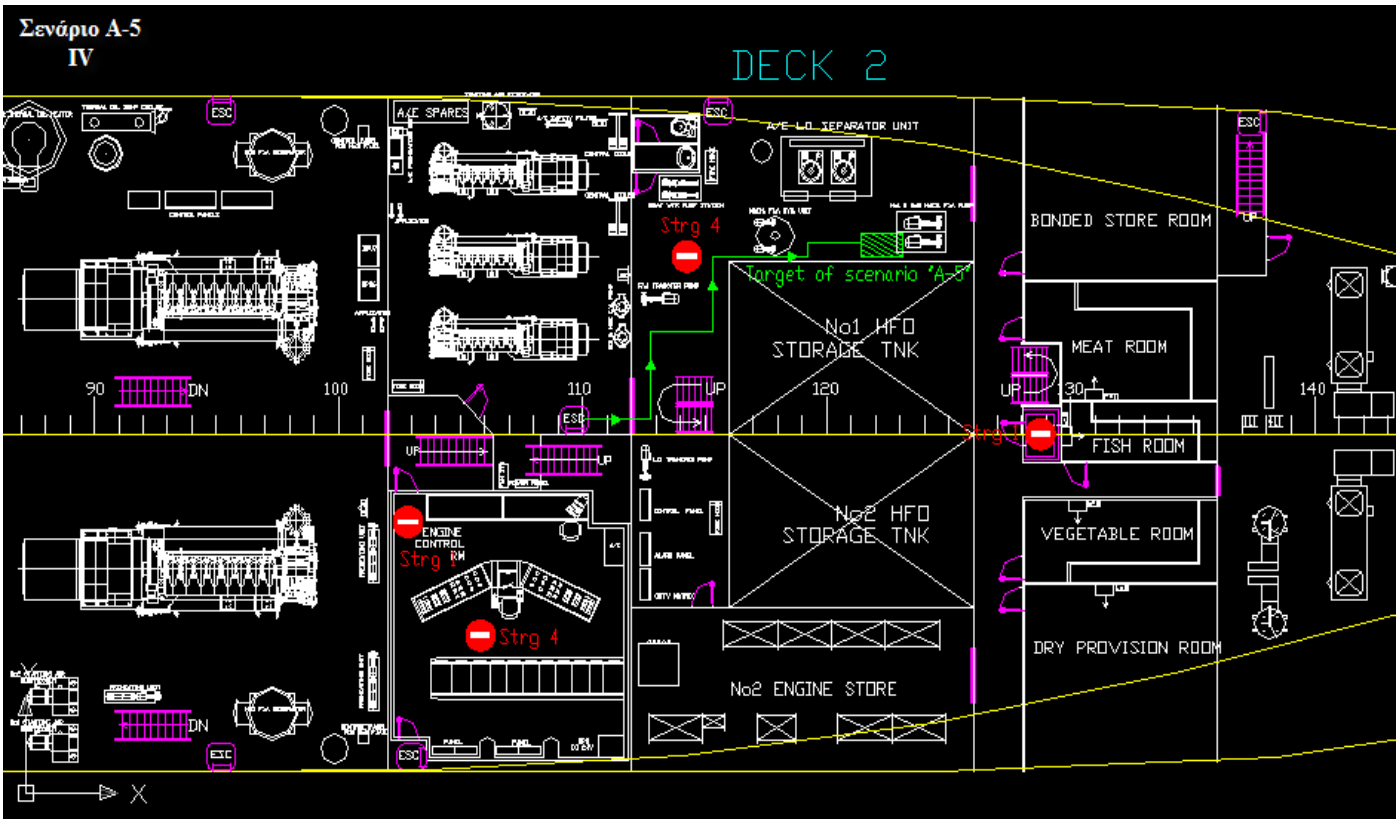
(Σχέδιο A_5-1)



(Σχέδιο A_5-2)



(Σχέδιο A_5-3)



(Σχέδιο A_5-4)

3.5 ΣΕΝΑΡΙΟ Β

Πειρατές (Τ) εισέρχονται στο πλοίο και κουβαλώντας μαζί τους όπλα κατευθύνονται στη γέφυρα του πλοίου με σκοπό να αποκτήσουν τον έλεγχό του πλοίου και να απαιτήσουν λύτρα για την επιστροφή του.

3.5.1 Στρατηγικές επίθεσης των Πειρατών (Τ)

Στρατηγική Β-1: Πειρατές εισέρχονται στο πλοίο ως επιβάτες, έχοντας στις αποσκευές τους κρυμμένα όπλα. Ο στόχος τους είναι κατά τη διάρκεια του ταξιδιού να κατευθυνθούν οπλισμένοι στη γέφυρα του πλοίου και να αποκτήσουν τον έλεγχό του.

Στρατηγική Β-2: Πειρατές εισέρχονται στο πλοίο βράδυ ενώ αυτό βρίσκεται εν πλώ αναρριχόμενοι με σχοινιά, και κουβαλώντας μαζί τους όπλα κατευθύνονται στη γέφυρα του πλοίου με σκοπό να αποκτήσουν τον έλεγχό του πλοίου.

Στρατηγική Β-3: Πειρατές εισέρχονται κανονικά στο πλοίο, έχοντας κρυμμένα όπλα σε κάποιο όχημα που και αυτό επιβιβάζεται. Σε ανύποπτη στιγμή οι πειρατές επιστρέφουν στο όχημα και προσπαθούν οπλισμένοι πλέον να κατευθυνθούν στη γέφυρα του πλοίου και να το καταλάβουν.

Στρατηγική Β-4: Πειρατές εισέρχονται στο πλοίο μεταμφιεσμένοι σε συνεργείο μηχανικών με σκοπό να κατευθυνθούν στη γέφυρα του πλοίου και να πάρουν τον έλεγχο του πλοίου.

Στρατηγική Β-5: Πειρατές προσεγγίζουν το πλοίο από την παράκτια πλευρά του κατά την περίοδο της νύχτας, ενώ αυτό βρίσκεται στο λιμάνι, και εισέρχονται σε αυτό μέσα από κάποιο φιλιστρίνι οπλισμένοι. Σκοπός τους είναι να καταλάβουν τη γέφυρα του πλοίου.

Το δρομολόγιο που σκοπεύουν να ακολουθήσουν οι πειρατές πάνω στο πλοίο για να εκτελέσουν την κάθε στρατηγική εμφανίζεται στο αντίστοιχο φύλλο του προγράμματος AutoCAD σχεδιασμένο πάνω στη γενική διάταξη του πλοίου, καθώς και στο τέλος του σεναρίου (3.5.7).

3.5.2 Επιλογές Φυλάκων

15. Διαδικασίες ελέγχου ταυτοτήτων οποιουδήποτε ανεβαίνει στο σκάφος και ταυτοποίηση των στοιχείων τους σε περίπτωση συνεργείου.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
16. Δημιουργία ειδικών χώρων (σε συνεργασία με τις λιμενικές αρχές) για τον έλεγχο των επιβατών και των αποσκευών τους.
    (κόστος πραγματοποίησης: 600 €)
17. Έλεγχος οχημάτων που πρόκειται να επιβιβαστούν στο πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 440 €)
18. Σκανάρισμα (X-ray) και έλεγχος των ασυνόδευτων αποσκευών από το λιμάνι ή το πλοίο πριν φορτωθούν.
    (κόστος πραγματοποίησης: 230 €)
19. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 5^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 4^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
20. Περιπολίες στο κατάστρωμα κυρίως ώρες κοινής ησυχίας για την πρόληψη τυχόν ανεπιθύμητων επιβιβάσεων ή ύποπτων μετακινήσεων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 180 €)
21. Επικοινωνία με το λιμάνι για χαρακτηρισμό της παράκτιας πλευράς του πλοίου (όταν αυτό είναι δεμένο στο λιμάνι) ως « μη προσβάσιμη περιοχή » και περιφρούρηση αυτής, καθώς και περιπολίες με βάρκες γύρω από το πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 500 €)
22. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 6^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 7^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
23. Χρήση των ανελκυστήρων μόνο από εξουσιοδοτημένα πρόσωπα με τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος που λειτουργεί με κωδικό πρόσβασης.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)
24. Τοποθέτηση ειδικών φρουρών στην είσοδο αιθουσών του πλοίου που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την λειτουργία του και μπορούν εύκολα να προστατευτούν με ένα φρουρό, όπως η γέφυρα, το δωμάτιο ελέγχου (control room), το δωμάτιο των power supplies και το steering gear room.
    (κόστος πραγματοποίησης: 870 €)
25. Χρήση κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης ή συσκευές αυτόματης ανίχνευσης και ειδοποίησης σε περίπτωση εισβολέα στις περιοχές περιορισμένης πρόσβασης του πλοίου. (Navigation bridge, control stations, rooms with air-condition systems and ventilation, spaces with access to potable water tanks and pumps, power supplies, steering gear room)
    (κόστος πραγματοποίησης: 970 €)

26. Οι επισκέπτες του πλοίου συνοδεύονται.
    (κόστος πραγματοποίησης: 90 €)
27. Έλεγχος κατά την παραλαβή των προμηθειών του πλοίου ώστε να επιβεβαιώνεται ότι δεν υπάρχει τυχόν φθορά ή προσθήκη επικίνδυνων ουσιών, καθώς και ταυτοποίηση ότι δεν φορτώνεται στο πλοίο κάτι επιπλέον από αυτό που έχει παραγγελθεί.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
28. Επαρκής επιπρόσθετος φωτισμός πάνω και γύρω από το πλοίο για διευκόλυνση του έργου των φρουρών και των περιπόλων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)

Κάθε πιθανή επιλογή των φυλάκων του πλοίου συνοδεύεται από ένα κόστος πραγματοποίησης ανά ταξίδι. Η ποσότητα αυτή είναι μια συνάρτηση ανάλογη της δυσκολίας αλλά και του κόστους που εμφανίζει η υιοθέτηση του συγκεκριμένου μέτρου προστασίας. Τα μεγέθη που έχουν προκύψει για κάθε επιλογή φαίνονται αναλυτικότερα στο σενάριο Α.

Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι θεωρούμε ότι οι (Φ) δεν μπορούν καλύψουν όλα τα πιθανά σενάρια απειλής. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την άποψη του κόστους, της επιπλέον απασχόλησης ανθρώπινου δυναμικού αλλά και της σημαντικής πίεσης χρόνου που θα απαιτούσε η εφαρμογή όλων των παραπάνω επιλογών.

3.5.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)

Οι Φύλακες έχουν το δικαίωμα να ακολουθήσουν όποια στρατηγική θέλουν, η οποία θα είναι συνδυασμός των προαναφερθέντων επιλογών. Στο σημείο όμως αυτό και βάση της παραδοχής που έγινε στην αρχή μπαίνει ο περιορισμός ότι η κάθε πιθανή στρατηγική δεν θα υπερβαίνει τα ‘‘1800 €/ταξίδι’’ κόστους πραγματοποίησης.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-5 όπου:

Φ-1 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+6+9+10+13 (1450 € κ.π.)
Φ-2 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 2+4+6+8+12+14 (1720 € κ.π.)
Φ-3 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+3+5+7+12 (1700 € κ.π.)
Φ-4 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+7+11+12 (1690 € κ.π.)
Φ-5 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 3+4+5+8+12 (1800 € κ.π.)

(*Να σημειωθεί εδώ ότι θα μπορούσαμε να κάνουμε περισσότερους συνδυασμούς επιλογών και να προκύψουν επιπλέον στρατηγικές, ενδεικτικά όμως σταματάμε εδώ*)

3.5.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης

Στο σενάριο Β έχουμε την πρόθεση πειρατών να επιβιβαστούν στο πλοίο και οπλισμένοι να κατευθυνθούν στην γέφυρα για να αποκτήσουν τον πλήρη έλεγχο του σκάφους. Για να το πετύχουν αυτό έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε πέντε διαθέσιμες στρατηγικές (T_1-T_5), τις οποίες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν με τις αντίστοιχες δικές τους στρατηγικές (Φ_1-Φ_5), οι φύλακες του πλοίου. Έχοντας λοιπόν τις διαθέσιμες στρατηγικές των (Τ) και (Φ), και υπολογίζοντας τις αποδόσεις των πιθανών εκβάσεων κάθε σεναρίου θα έχω:

3.5.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Β:

Η αξία του πλοίου μας είναι 30 εκ. €, ενώ σε αυτό επιβαίνουν τη στιγμή της απόπειρας της πειρατείας 33 μέλη του πληρώματος, 270 επιβάτες και 240 αυτοκίνητα (το 80% της ολικής του χωρητικότητας).

- Έστω ότι επιτυγχάνοντας την αποστολή τους οι πειρατές ζητούν και παίρνουν για την επιστροφή του πλοίου +10 εκ. €.
- Αν η απόπειρα των πειρατών αποτύχει και οι ίδιοι συλληφθούν, τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος του οπλισμού που απώλεσαν και το μέλλον της ίδιας τους τη ζωής. Έστω, λοιπόν, ότι αυτή η εκδοχή έχει κόστος -2,5 εκ. €
- Αν η απόπειρα των πειρατών αποτύχει και οι ίδιοι αποφύγουν τη σύλληψη τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος αποτυχίας της αποστολής. Έστω -0,5 εκ. €
- Αν η προσπάθεια εγκαταλειφθεί εξαρχής θεωρούμε πως δεν υπάρχει κόστος.

Συνοψίζοντας:

- Επιτυχία αποστολής: +10 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής και σύλληψη: -2,5 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής χωρίς σύλληψη: -0,5 εκ. €.
- Εγκατάλειψη της προσπάθειας εξ αρχής: 0 εκ. €.

Οπότε βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ο πίνακας απόδοσης (payoff table) των πειρατών (Τ):

Φύλακες (Φ)

		1	*2*	*3*	*4*	*5*
Πειρατές (Τ)	*1*	10	-2,5	10	10	-0,5
	2	-2,5	-2,5	10	10	-0,5
	3	-0,5	10	-2,5	10	-2,5
	4	-2,5	10	-2,5	-2,5	10
	5	-2,5	-2,5	0	0	-0,5

(Πίνακας B_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β)

Μπορούμε τώρα με την μέθοδο των **κυρίαρχων στρατηγικών** (dominant strategies) να φτάσουμε σε μια πρώτη προσέγγισης της λύσης του σεναρίου μας.

Έτσι λοιπόν έχουμε πάλι τον πίνακα απόδοσης των **(Τ)** και παρατηρούμε ότι από την μεριά των πειρατών η στρατηγική **1** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι των **2** και **5** (κάθε τιμή της δηλαδή είναι μεγαλύτερη ή ίση από την αντίστοιχη τιμή των στρατηγικών στις οποίες επικρατεί), κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές **1** και **2** αυτομάτως φεύγουν από τον πίνακα και έχουμε έναν νέο πίνακα απόδοσης:

Φύλακες (Φ)

		1	*2*	*3*	*4*	*5*
Πειρατές (Τ)	*1*	10	-2,5	10	10	-0,5
	3	-0,5	10	-2,5	10	-2,5
	4	-2,5	10	-2,5	-2,5	10

(Πίνακας B_2: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β μετά την πρώτη απαλοιφή)

Παρατηρώντας τον νέο πίνακα βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **3** επικρατεί έναντι των στρατηγικών **1** και **4 ,** κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές αυτές απορρίπτονται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	3	5
	1	-2,5	10	-0,5
Πειρατές (Τ)	3	10	-2,5	-2,5
	4	10	-2,5	10

(Πίνακας B_3: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β μετά τη δεύτερη απαλοιφή)

Για τον νέο πίνακα τώρα βλέπω ότι για τους **(Τ)** η στρατηγική **4** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι της **3 ,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	3	5
	1	-2,5	10	-0,5
Πειρατές (Τ)	4	10	-2,5	10

(Πίνακας B_4: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β μετά τη τρίτη απαλοιφή)

Για τον πίνακα που προέκυψε βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **2** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι της **5 ,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο πίνακας απόδοσης πλέον γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	3
	1	-2,5	10
Πειρατές (Τ)	4	10	-2,5

(Πίνακας B_5: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Β)

Στο σημείο αυτό βλέπω ότι έχω φτάσει σε αδιέξοδο καθώς καμία εκ των εναπομεινάντων στρατηγικών δεν επικρατεί σε κάποια από τις άλλες ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Άρα <u>δεν έχουμε σταθερή λύση</u> (unstable solution).

Εφόσον το σενάριο μου δεν εμφανίζει σταθερή λύση προσφεύγω στην λύση που μπορούν να μου προσφέρουν οι μεικτές στρατηγικές (mixed strategies).

Εδώ να επισημάνουμε ότι οι μεικτές στρατηγικές που θα προκύψουν παρακάτω δεν θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τις 1&4 για τους (Τ) και 2&3 για τους (Φ), οπότε τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας επιπλέον περιορισμός που θα διευκολύνει τη λύση του προβλήματος.

3.5.4.2 Linear programming

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο λύσης μπορούμε να υπολογίσουμε τις βέλτιστες πιθανότητες επιλογής κάθε στρατηγικής, καθώς και τη βέλτιστη λύση (payoff), και για τις δύο πλευρές.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής:

Αν χ_i = η πιθανότητα οι (Τ) να επιλέξουν την στρατηγική i (i= 1, 2,…, 5)

και y_j = η πιθανότητα οι (Φ) να επιλέξουν την στρατηγική j (j= 1, 2,…, 5)

τότε η αναμενόμενη απόδοση για τους (Τ) = $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j$ και είναι βέλτιστο εάν ισχύει: $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j \geq \underline{u} = u$ όπου $\underline{u}$ η maximin τιμή για τους (Τ) και u η βέλτιστη λύση.

(u: βέλτιστο payoff και για τις 2 πλευρές)

($\underline{u}$: maximin τιμή, για τους (Τ) και δίνει το μεγαλύτερο από κάθε minimum κέρδος που μπορούν να έχουν)

Εάν τώρα υποθέσουμε ότι για τις καθαρές στρατηγικές των (Φ) ισχύει ότι κάποια εξ αυτών έχει $y_j = 1$ (j=1, 2,…, 5), τότε για τις υπόλοιπες θα ισχύει ότι $y_j = 0$, οπότε ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u$ και αν εκφράσω το $u = x_{m+1} = x_6$ τότε:

$$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq x_6 \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i - x_6 \geq 0$$

Αντικαθιστώντας στην τελευταία μου σχέση τα δεδομένα του προβλήματος μου θα έχω να λύσω το πρόβλημα:

βελτιστοποίηση του χ_6 , όταν

$$p_{11}x_1 + p_{21}x_2 + p_{31}x_3 + p_{41}x_4 + p_{51}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{12}x_1 + p_{22}x_2 + p_{32}x_3 + p_{42}x_4 + p_{52}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{13}x_1 + p_{23}x_2 + p_{33}x_3 + p_{43}x_4 + p_{53}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{14}x_1 + p_{24}x_2 + p_{34}x_3 + p_{44}x_4 + p_{54}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{15}x_1 + p_{25}x_2 + p_{35}x_3 + p_{45}x_4 + p_{55}x_5 - x_6 \geq 0$$

με $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

$x_i \geq 0$, για $i = 1, 2, ..., 5$

και $x_6 \geq 0$.

Όπου το payoff table είναι το γνωστό από πριν:

Φύλακες (Φ)

Πειρατές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	10	-2,5	10	10	-0,5
2	-2,5	-2,5	10	10	-0,5
3	-0,5	10	-2,5	10	-2,5
4	-2,5	10	-2,5	-2,5	10
5	-2,5	-2,5	0	0	-0,5

(Πίνακας B_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Β)

Επειδή όμως εμείς δεν μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι το $x_6 \geq 0$ (δηλαδή ότι το τελικό payoff δεν θα είναι αρνητικό), καθώς στον πίνακα αποδόσεων μου έχω και αρνητικές τιμές, δημιουργώ ένα νέο πίνακα αποδόσεων. Στον νέο αυτό πίνακα έχω προσθέσει ξεχωριστά σε κάθε τιμή το «+2,5», το οποίο και ισούται με την απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής αξίας του αρχικού μου πίνακα. Έτσι προκύπτει:

Φύλακες (Φ)

		1	2	3	4	5
Πειρατές (Τ)	1	12,5	0	12,5	12,5	2
	2	0	0	12,5	12,5	2
	3	2	12,5	0	12,5	0
	4	0	12,5	0	0	12,5
	5	0	0	2,5	2,5	2

(Πίνακας B_6: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Β για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό)

Έχοντας το νέο πίνακα αποδόσεων και γνωρίζοντας ότι για να βρω το τελικό payoff θα πρέπει να αφαιρέσω από χ_6 την τιμή 2,5 προσθέτω τους επιπλέον περιορισμούς που προέκυψαν από την μέθοδο των κυρίαρχων στρατηγικών και λύνω το σύστημα των εξισώσεων μου με το πρόγραμμα solver του excel. Έτσι προκύπτει:

$$x_1 = 0,5000$$
$$x_2 = 0,0000$$
$$x_3 = 0,0000$$
$$x_4 = 0,5000$$
$$x_5 = 0,0000$$
$$x_6 = 6,2500$$

Δηλαδή οι (Τ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **1 & 4** με τις παραπάνω προκύπτουσες πιθανότητες ,και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με $\chi_6 - 2,5 = u =$ **3,75 εκ. €.**

<u>Εαναλαμβάνοντας τώρα την ίδια διαδικασία για τους (Φ) προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:</u>

ελαχιστοποίηση του y_6 , όταν

$$p_{11}y_1 + p_{12}y_2 + p_{13}y_3 + p_{14}y_4 + p_{15}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{21}y_1 + p_{22}y_2 + p_{23}y_3 + p_{24}y_4 + p_{25}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{31}y_1 + p_{32}y_2 + p_{33}y_3 + p_{34}y_4 + p_{35}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{41}y_1 + p_{42}y_2 + p_{43}y_3 + p_{44}y_4 + p_{45}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{51}y_1 + p_{52}y_2 + p_{53}y_3 + p_{54}y_4 + p_{55}y_5 - y_6 \le 0$$

με $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 = 1$

$y_i \geq 0$, για $j = 1, 2, ..., n$

και $y_6 \geq 0$.

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων μου, αφού έχω προσθέσει και τους περιορισμούς της μεθόδου κυρίαρχων στρατηγικών, με το πρόγραμμα solver του excel προκύπτει:

$$y_1 = 0,0000$$
$$y_2 = 0,5000$$
$$y_3 = 0,5000$$
$$y_4 = 0,0000$$
$$y_5 = 0,0000$$
$$y_6 = 6,2500$$

Δηλαδή οι (Φ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **2 & 3** με τις πιθανότητες που προέκυψαν παραπάνω και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με **-3,75 εκ. €**. Έχω δηλαδή το ίδιο αποτέλεσμα.

3.5.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

Είναι πλέον εμφανές από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι για το συγκεκριμένο σενάριο, με τις συγκεκριμένες αποδόσεις, αν το παίγνιο μας επαναληφθεί αρκετές φορές τότε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν (payoff του παιγνίου ή value of the game) θα είναι ίσος με **-3,75 εκ. €**. Το αποτέλεσμα αυτό μας δηλώνει ότι σενάριο μας τείνει προς την πλευρά των επιτιθέμενων στο πλοίο, ενώ επιπλέον μπορούμε να γνωρίζουμε ποιες στρατηγικές διατίθενται να χρησιμοποιήσουν οι δύο πλευρές και με τι πιθανότητες.

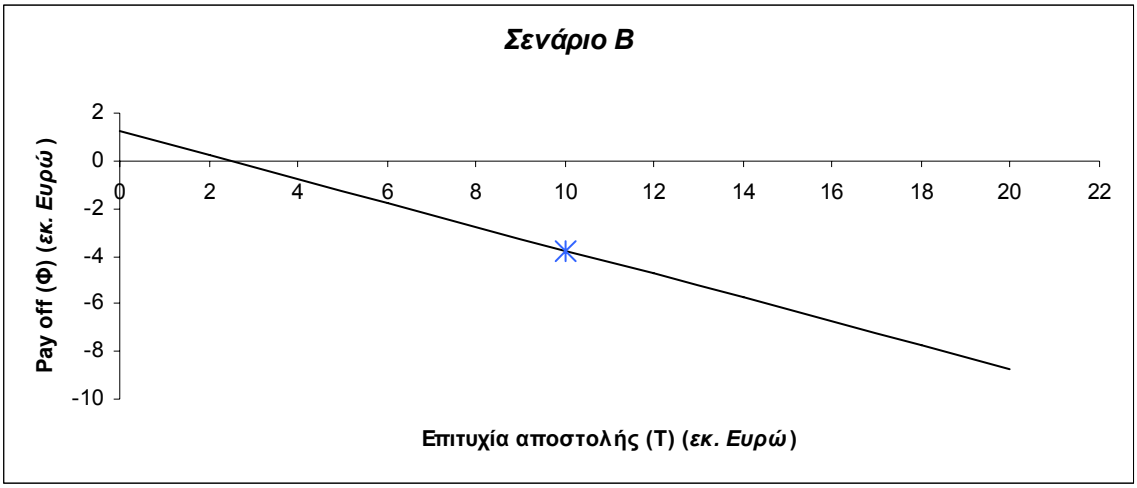
Στο κομμάτι αυτό της εργασίας θα κρατήσουμε σταθερά όλα τα δεδομένα επίλυσης του σεναρίου και μεταβάλλοντας (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω) το κέρδος που θα έχει η πιθανή επικράτηση των (Τ) θα μελετήσουμε το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου τόσο ως προς το "value of the game" όσο και ως προς την μεταβολή των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών. Έτσι βάση της διαδικασίας που περιγράψαμε, "τρέχουμε" στο excel τη μέθοδο "linear programming" και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Επιτυχία (Τ) - εκ.€	**Payoff (Φ) - εκ.€**	**Πιθανότητες στρατ. των (Φ) %**					**Πιθανότητες στρατ. των (Τ) %**				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
20	-8,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
18	-7,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
16	-6,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
14	-5,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
12	-4,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00

10	-3,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
8	-2,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
6	-1,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
4	-0,7500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
2	0,2500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
0	1,2500	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00

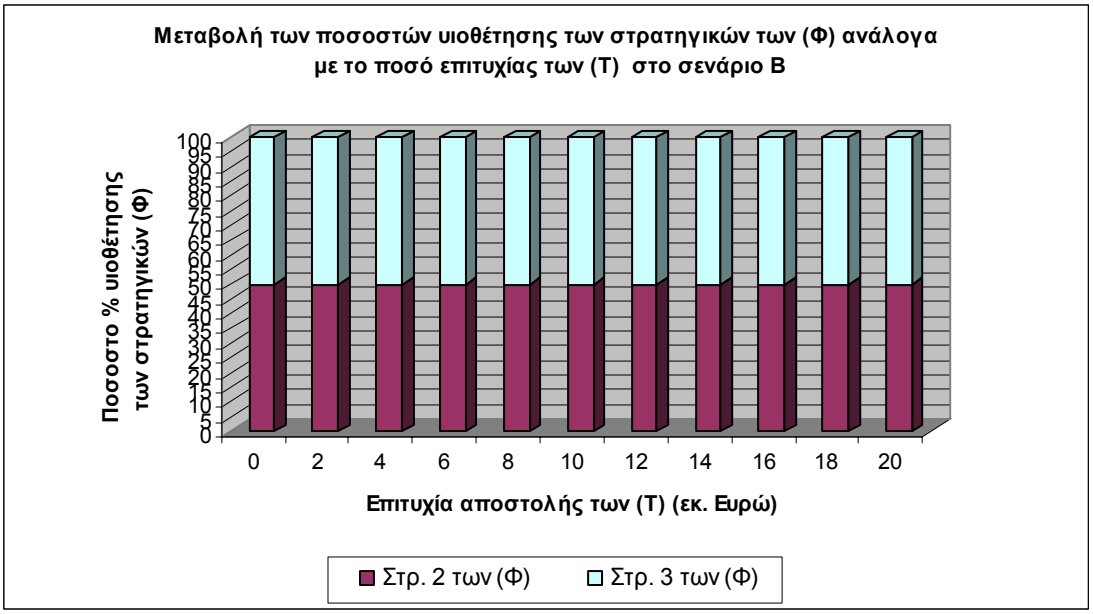
(Πίνακας B_7: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας)

Και από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



(Γράφημα B_1: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Όπως αναμενόταν βλέπουμε στο Γράφημα B_1 ότι το τελικό payoff του σεναρίου μας μειώνεται με την αύξηση του ποσού επιτυχίας των (Τ) και αντίστροφα αυξάνεται με την μείωση του τελευταίου (το σημείο που εμφανίζεται επάνω στην καμπύλη με γαλάζιο χρώμα είναι η τιμή που αντιστοιχεί στις αρχικές εκτιμήσεις του σεναρίου), μάλιστα η μεταβολή αυτή είναι πλήρως γραμμική. Αξίζει, επίσης, να παρατηρήσουμε ότι στο μεγαλύτερο μέρος της η προκύπτουσα ευθεία βρίσκεται στα αρνητικά του κατακόρυφου άξονα (κέρδος των τρομοκρατών), ενώ από την τιμή 2,5 και κάτω της επιτυχίας των (Τ) περνάει στα θετικά του κατακόρυφου άξονα (κέρδος των φυλάκων). Η εξήγηση του φαινόμενου αυτού βρίσκεται στον Πίνακα B_5. Η μορφή του απομένων από την διαδικασία της απαλοιφής των επικρατουσών στρατηγικών πίνακα μας δείχνει ότι κάθε παίκτης έχει την κατάλληλη ανταπάντηση στον άλλο για να μετατρέψει την απώλεια του σε κέρδος. Από την στιγμή μάλιστα που υπάρχει αυτή η συμμετρία του πίνακα και η απόδοση για τους (Τ) είναι μεγαλύτερη από αυτή των (Φ) είναι λογικό το "value of the game" να εμφανίζεται προς την πλευρά των τρομοκρατών· όσο όμως οι αποδόσεις του πίνακα τείνουν να εξισωθούν (πίνακας B_8), αλλά και αυτή των (Τ) να καταλήξει μικρότερη των (Φ) τότε το παίγνιο μας τείνει προς τους φύλακες. Το Γράφημα B_1 μας επιβεβαιώνει αυτό το συμπέρασμα. Ας δούμε όμως τι συμβαίνει και με τις στρατηγικές των δύο παικτών:



(Γράφημα B_2: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνόμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

(Φ)

(Τ)	2	3
1	-2,5	10
4	10	-2,5

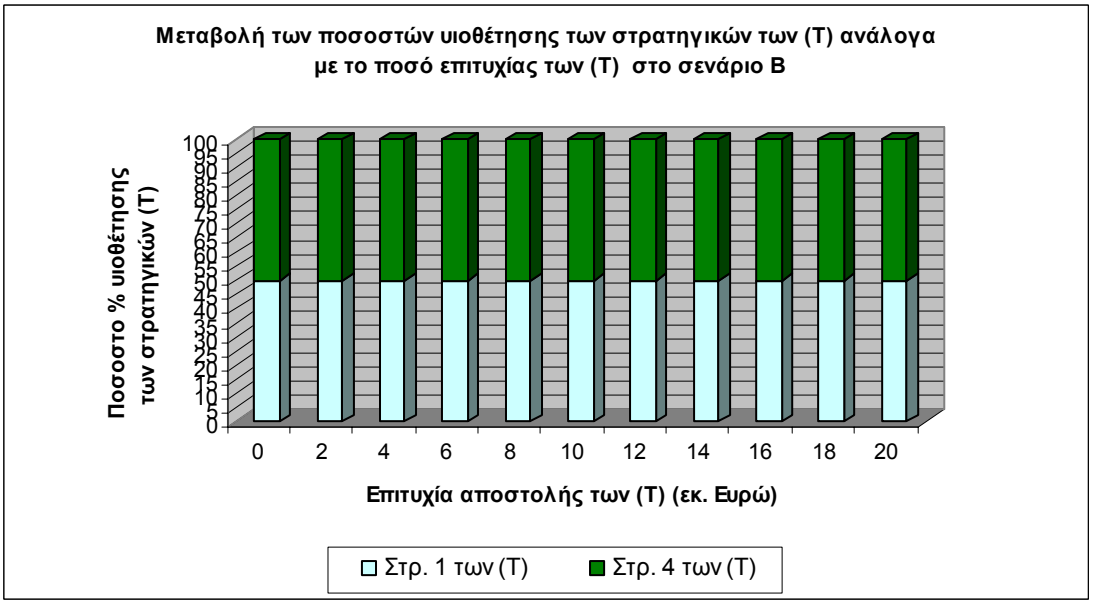
(Πίνακας B_5)

(Φ)

(Τ)	2	3
1	-2,5	2,5
4	2,5	-2,5

(Πίνακας B_8)

(Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης σεναρίου Β)



(Γράφημα B_3: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Από τα γραφήματα των στρατηγικών των δύο παικτών παρατηρούμε οι δύο απομένουσες στρατηγικές τους είναι και παραμένουν σταθερά ισοπίθανες (50% η καθεμία) σε όλες τιμές που δοκιμάσαμε, κάτι το οποίο μπορεί να δικαιολογηθεί επίσης από τη δομή του Πίνακα B_5.

3.5.6 Σενάριο B_2

Είδαμε στις αναλύσεις ευαισθησίας του Σεναρίου Β ότι για να επικρατήσουν τελικά οι (Φ) θα πρέπει το ποσό που θα αποκομίσουν οι (Τ) όταν επιτύχουν την αποστολή τους να είναι κάτω των 2,5 εκ. €. Στο συγκεκριμένο όμως σενάριο κάτι τέτοιο δεν ισχύει (οι πειρατές αποκομίζουν 10 εκ. €. σε περίπτωση επιτυχίας) και τελικά σε περίπτωση που το παίγνιο επαναληφθεί αρκετές φορές κερδισμένοι θα είναι οι επιτιθέμενοι. Μια τέτοια εξέλιξη όμως του σεναρίου θα πρέπει να μπορεί αποφευχθεί και η τελική απόδοση του παιγνίου μας, με τις συγκεκριμένες εκτιμήσεις, να μεταφερθεί προς την πλευρά των αμυνομένων. Ένας απλός και εύλογος τρόπος να συμβεί κάτι τέτοιο θα είναι να δώσουμε το πλεονέκτημα στους φύλακες του πλοίου να κάνουν κάποιες αλλαγές στις επιλογές των στρατηγικών τους ώστε να γίνουν πιο αποτελεσματικοί στην φρούρηση του σκάφους.

Σύμφωνα με τα όσα αναφέραμε παραπάνω θα δοκιμάσουμε να εκτρέψουμε το τελικό αποτέλεσμα του παιγνίου, όχι αλλάζοντας τα χρηματικά ποσά αποδόσεων, αλλά μεταβάλλοντας τις στρατηγικές των (Φ). Το εγχείρημα αυτό πρέπει βάση της λογικής να πετύχει, οπότε θέτουμε ακόμα μια πρόκληση που πρέπει να ξεπεράσει το μοντέλο μας. Μένει να δούμε το αποτέλεσμα που θα έχουμε στην πράξη.

Κρατώντας σταθερές τις στρατηγικές των (Τ), θα αλλάξουμε τις στρατηγικές των (Φ), έχοντας όμως δεδομένο τον περιορισμό του κόστους των ‘‘1800 €/ταξίδι’’. Για να κάνουμε πιο αποτελεσματικούς τους φύλακες θα “ξεφορτωθούμε” κάποιες επιλογές που δεν συνεισφέρουν στην προστασία του πλοίου και στη θέση τους θα βάλουμε κάποιες που γνωρίζουμε ότι θα έχουν αποτέλεσμα. Έτσι από την στρατηγική 2 των (Φ) αφαιρώ την επιλογή 4 και στην θέση της βάζω τις 1 και 9, οπότε:

Φ-2 Περιλάμβανε τις επιλογές των (Φ): 2+4+6+8+12+14 (1720 € κ.π.) →
Φ-2 Περιλαμβάνει πλέον τις επιλογές των (Φ): 1+2+6+8+9+12+14 (1740 € κ.π.)

Συνολικά δηλαδή στο νέο μου σενάριο θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-5 όπου:
Φ-1 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+6+9+10+13 (1450 € κ.π.)
Φ-2 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+2+6+8+9+12+14 (1740 € κ.π.)
Φ-3 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+3+5+7+12 (1700 € κ.π.)
Φ-4 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+7+11+12 (1690 € κ.π.)
Φ-5 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 3+4+5+8+12 (1800 € κ.π.)

Ενώ από πριν ισχύουν:

- Επιτυχία αποστολής: +10 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής και σύλληψη: -2,5 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής χωρίς σύλληψη: -0,5 εκ. €.
- Εγκατάλειψη της προσπάθειας εξ αρχής: 0 εκ. €.

Έτσι βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ο νέος πίνακας απόδοσης (payoff table) των πειρατών (Τ):

Φύλακες (Φ)

Πειρατές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	10	-2,5	10	10	-0,5
2	-2,5	-2,5	10	10	-0,5
3	-0,5	-0,5	-2,5	10	-2,5
4	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	10
5	-2,5	-2,5	0	0	-0,5

(Πίνακας B_9: Νέος πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2)

Μπορούμε τώρα με την μέθοδο των κυρίαρχων στρατηγικών (dominant strategies) να φτάσουμε σε μια πρώτη προσέγγισης της λύσης του σεναρίου μας.

Έτσι λοιπόν έχουμε τον πίνακα απόδοσης των **(Τ)** και παρατηρούμε ότι από την μεριά των πειρατών η στρατηγική **1** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι των **2** και **5** (κάθε τιμή της δηλαδή είναι μεγαλύτερη ή ίση από την αντίστοιχη τιμή των στρατηγικών στις οποίες επικρατεί), κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές **1** και **2** αυτομάτως φεύγουν από τον πίνακα και έχουμε έναν νέο πίνακα απόδοσης:

Φύλακες (Φ)

Πειρατές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	10	-2,5	10	10	-0,5
3	-0,5	-0,5	-2,5	10	-2,5
4	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	10

(Πίνακας B_{10}: Πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2 μετά την πρώτη απαλοιφή)

Παρατηρώντας τον νέο πίνακα βλέπω ότι για τους **(Φ)** οι στρατηγικές **2** και **3** επικρατούν έναντι των στρατηγικών **1** και **4,** κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές αυτές απορρίπτονται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	***3***	***5***
Πειρατές (Τ)	***1***	-2,5	10	-0,5
	3	-0,5	-2,5	-2,5
	4	-2,5	-2,5	10

(Πίνακας B_{11}: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2)

Στο σημείο αυτό βλέπω ότι έχω φτάσει σε αδιέξοδο καθώς καμία εκ των εναπομεινάντων στρατηγικών δεν επικρατεί σε κάποια από τις άλλες ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Άρα <u>δεν έχουμε σταθερή λύση</u> (unstable solution).

Εφόσον το σενάριο μου δεν εμφανίζει σταθερή λύση προσφεύγω στην λύση που μπορούν να μου προσφέρουν οι μεικτές στρατηγικές (mixed strategies).

Εδώ να επισημάνουμε ότι οι μεικτές στρατηγικές που θα προκύψουν παρακάτω δεν θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τις 1,3&4 για τους (Τ) και 2,3&5 για τους (Φ), οπότε τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας επιπλέον περιορισμός που θα διευκολύνει τη λύση του προβλήματος.

Στην συνέχεια, αφού πρώτα προσθέσουμε ξεχωριστά σε κάθε τιμή του πίνακα B_9 το «+2,5» (το οποίο και ισούται με την απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής αξίας του αρχικού μου πίνακα) και προκύψει ο πίνακας B_{12}, εφαρμόζουμε τη μέθοδο Linear programming και θα έχω:

Φύλακες (Φ)

		1	***2***	***3***	***4***	***5***
Πειρατές (Τ)	***1***	12,5	0	12,5	12,5	2
	2	0	0	12,5	12,5	2
	3	2	2	0	12,5	0
	4	0	0	0	0	12,5
	5	0	0	2,5	2,5	2

(Πίνακας B_{12}: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου B_2 για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό)

Με προκύπτουσα λύση για τους (Τ) την:

$$x_1 = 0,1236$$
$$x_2 = 0,0000$$
$$x_3 = 0,7726$$
$$x_4 = 0,1038$$
$$x_5 = 0,0000$$
$$x_6 = 1,5451$$

Δηλαδή οι (Τ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **1, 3 & 4** με τις παραπάνω προκύπτουσες πιθανότητες, και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με $\chi_6 - 2,5$ = u = **-0,9549 εκ. €.**

Ενώ για τους (Φ) θα έχω:

$$y_1 = 0,0000$$
$$y_2 = 0,7726$$
$$y_3 = 0,1038$$
$$y_4 = 0,0000$$
$$y_5 = 0,1236$$
$$y_6 = 1,5451$$

Δηλαδή οι (Φ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **2, 3 & 5** με τις πιθανότητες που προέκυψαν παραπάνω και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με **0,9549 εκ. €**.

3.5.6.1 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

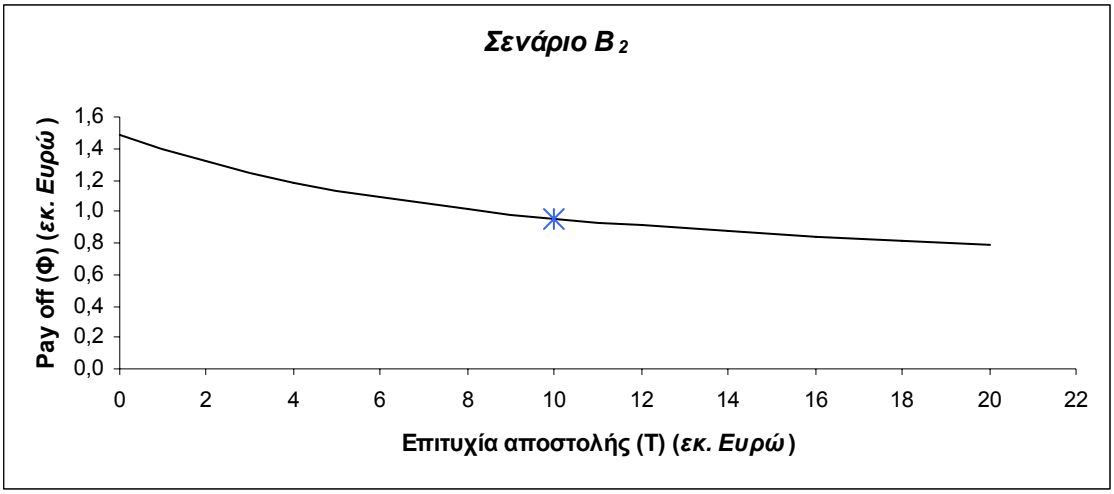
Βλέπουμε καταρχήν από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι στο νέο σενάριο, αν το παίγνιο μας επαναληφθεί αρκετές φορές τότε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν (payoff του παιγνίου ή value of the game) θα είναι ίσος με **0,9549 εκ. €**. Το αποτέλεσμα αυτό μας δηλώνει ότι σενάριο μας τείνει προς την πλευρά των φυλάκων του πλοίου, οπότε αρχικά έχουμε πετύχει αυτό που θέλαμε, ας δούμε όμως πόσο επηρεάζεται αυτό το αποτέλεσμα από την μεταβολή του ποσού επιτυχίας των (Τ).

Σύμφωνα με όσα αναφέραμε προηγουμένως θα κρατήσουμε σταθερά όλα τα δεδομένα επίλυσης του νέου σεναρίου (B_2) και μεταβάλλοντας (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω) το κέρδος που θα έχει η πιθανή επικράτηση των (Τ) θα μελετήσουμε το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου τόσο ως προς το "value of the game" όσο και ως προς την μεταβολή των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών. Έτσι βάση της διαδικασίας που περιγράψαμε, "τρέχουμε" στο αντίστοιχο excel τη μέθοδο "linear programming" και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Επιτυχία (Τ) - εκ.€	Payoff (Φ) - εκ.€	Πιθανότητες στρατ. των (Φ) %					Πιθανότητες στρατ. των (Τ) %				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
20	0,7904	0,00	85,48	6,92	0,00	7,60	7,60	0,00	85,48	6,92	0,00
18	0,8131	0,00	84,35	7,43	0,00	8,23	8,23	0,00	84,35	7,43	0,00
16	0,8396	0,00	83,02	8,00	0,00	8,98	8,98	0,00	83,02	8,00	0,00
14	0,8710	0,00	81,45	8,68	0,00	9,87	9,87	0,00	81,45	8,68	0,00
12	0,9087	0,00	79,56	9,46	0,00	10,97	10,97	0,00	79,56	9,46	0,00
10	0,9549	0,00	77,26	10,38	0,00	12,36	12,36	0,00	77,26	10,38	0,00
8	1,0126	0,00	74,37	11,47	0,00	14,17	14,17	0,00	74,37	11,47	0,00
6	1,0868	0,00	70,66	12,71	0,00	16,63	16,63	0,00	70,66	12,71	0,00
4	1,1848	0,00	65,76	14,01	0,00	20,23	20,23	0,00	65,76	14,01	0,00
2	1,3175	0,00	59,12	14,60	0,00	26,28	26,28	0,00	59,12	14,60	0,00
0	1,4796	0,00	51,02	8,16	0,00	40,82	40,82	0,00	51,02	8,16	0,00

(Πίνακας B_{13}: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας σεναρίου B_2)

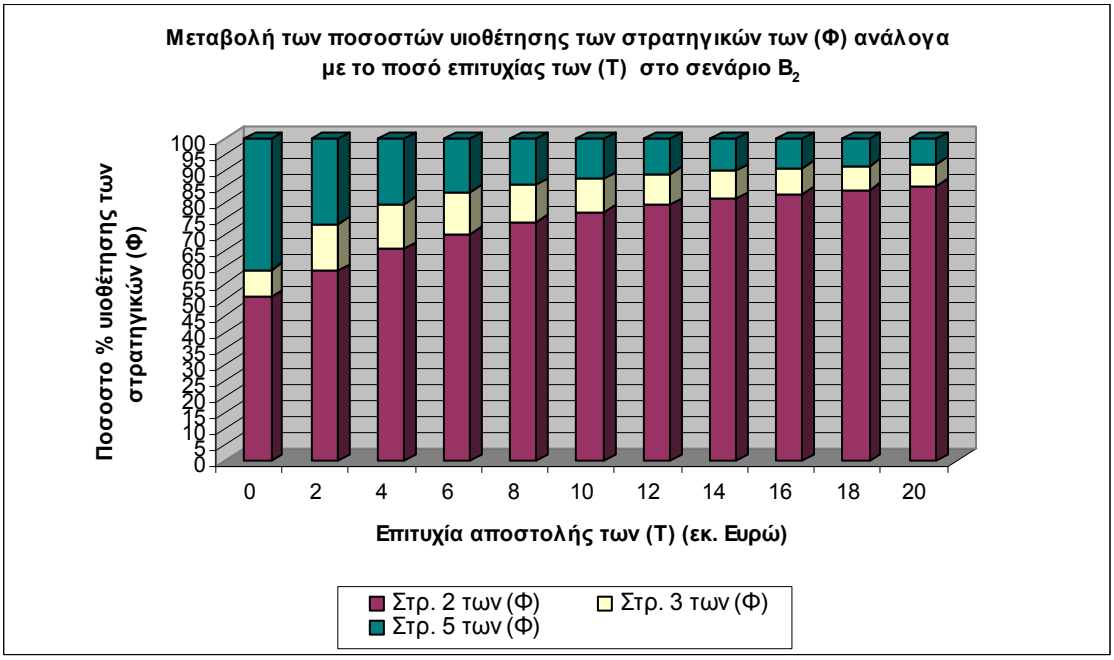
Και από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



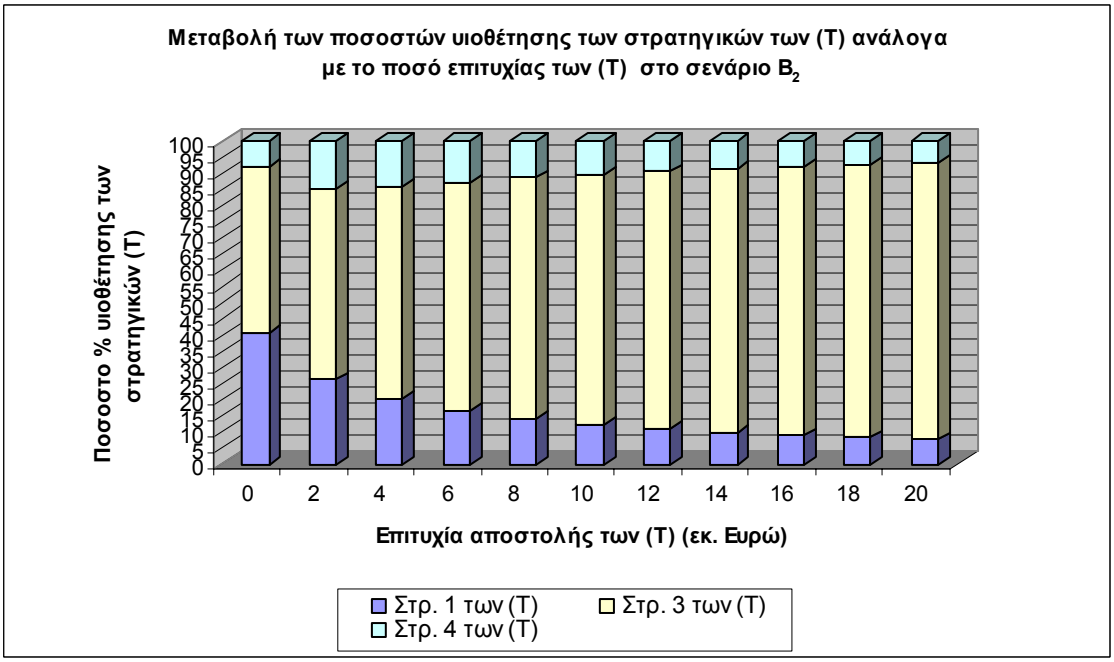
(Γράφημα B_4: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο B_2)

Όπως αναμενόταν βλέπουμε στο Γράφημα B_4 ότι το τελικό payoff του σεναρίου μας μειώνεται με την αύξηση του ποσού επιτυχίας των (Τ) και αντίστροφα αυξάνεται με την μείωση του τελευταίου. Όσο όμως και αν αυξήσουμε το ποσό που αντιστοιχεί στην επιτυχία των (Τ) παρατηρούμε ότι το "value of the game" δεν γίνεται ποτέ αρνητικό (νίκη των πειρατών), κάτι τέτοιο δεν θα συμβεί ποτέ και αν φτάσουμε σε πολύ "τραβηγμένες" περιπτώσεις. Η εξήγηση του φαινόμενου αυτού βρίσκεται στον Πίνακα B_{11} και συγκεκριμένα στην δυνατότητα των (Φ) να επιλέξουν την 2 στρατηγικής τους, με την οποία ποτέ δεν χάνουν το παίγνιο ανεξάρτητα από την επιλογή των (Τ). Επομένως το Γράφημα B_4 μας επιβεβαιώνει αυτό το συμπέρασμα, ενώ ως αναφορά τις στρατηγικές των δύο παικτών είναι εμφανές λόγω των όσων παραπάνω αναφέραμε ότι οι (Φ) θα επιλέξουν με μεγάλο ποσοστό την 2 στρατηγική

τους, ενώ με το ίδιο ποσοστό σαν ανταπάντηση οι (Τ) θα παίξουν με την 3 στρατηγική τους για να μειώσουν τις ενδεχόμενες απώλειες.



(Γράφημα B_5: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνόμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο B_2)



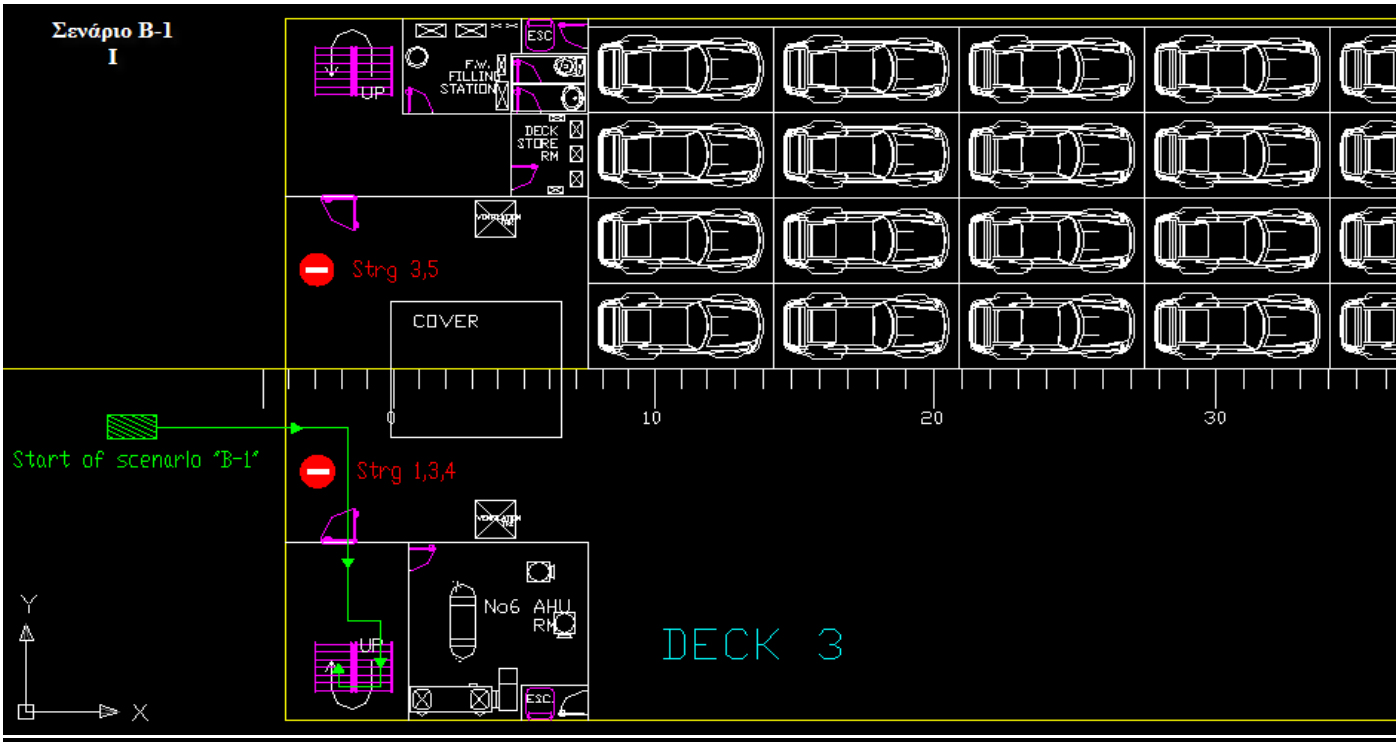
(Γράφημα B_6: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο B_2)

Κλείνοντας, επισημαίνουμε ότι ο στόχος να μετατρέψουμε το αποτέλεσμα του αρχικού σεναρίου μας από ζημιογόνο σε ευνοϊκό για τους φύλακες επιτεύχθει, δείχνοντας παράλληλα την σημασία της χρήσης της σωστής στρατηγικής η οποία επισκιάζει τυχόν υπολογιστικά λάθη που μπορούν να προκύψουν στον καθορισμό των ποσοτικών μεγεθών.

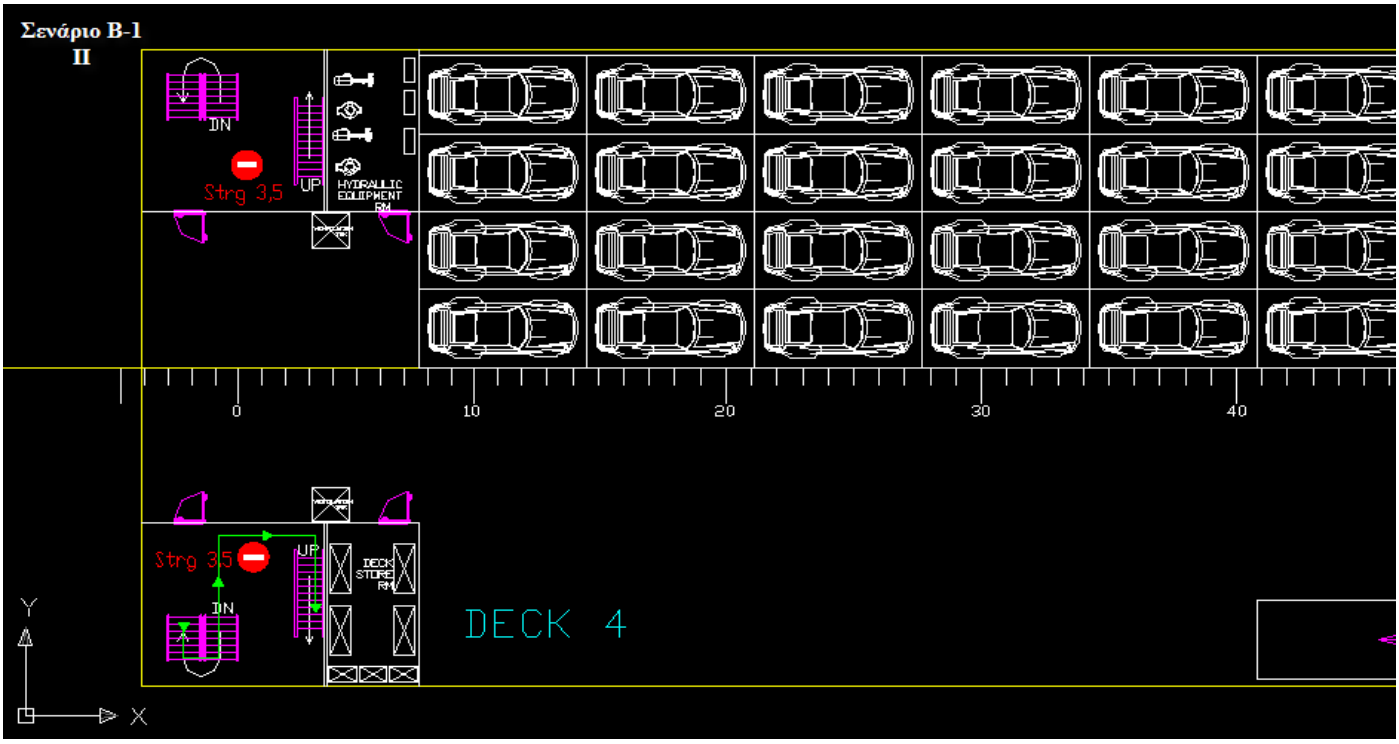
Ακολουθούν τα δρομολόγια των στρατηγικών των (Τ) σε μορφή φωτογραφιών από τη διαδρομή που έχει χαραχτεί στο πρόγραμμα AutoCAD. Με πράσινο χρώμα εμφανίζεται η διαδρομή των (Τ), με κόκκινο χρώμα όσα σημεία φύλαξης από τους (Φ) ήταν δυνατόν να απεικονιστούν και με μοβ οι πιθανοί δίοδοι μετακίνησης των επιτιθεμένων.

3.5.7 Δρομολόγια Στρατηγικών των Πειρατών.

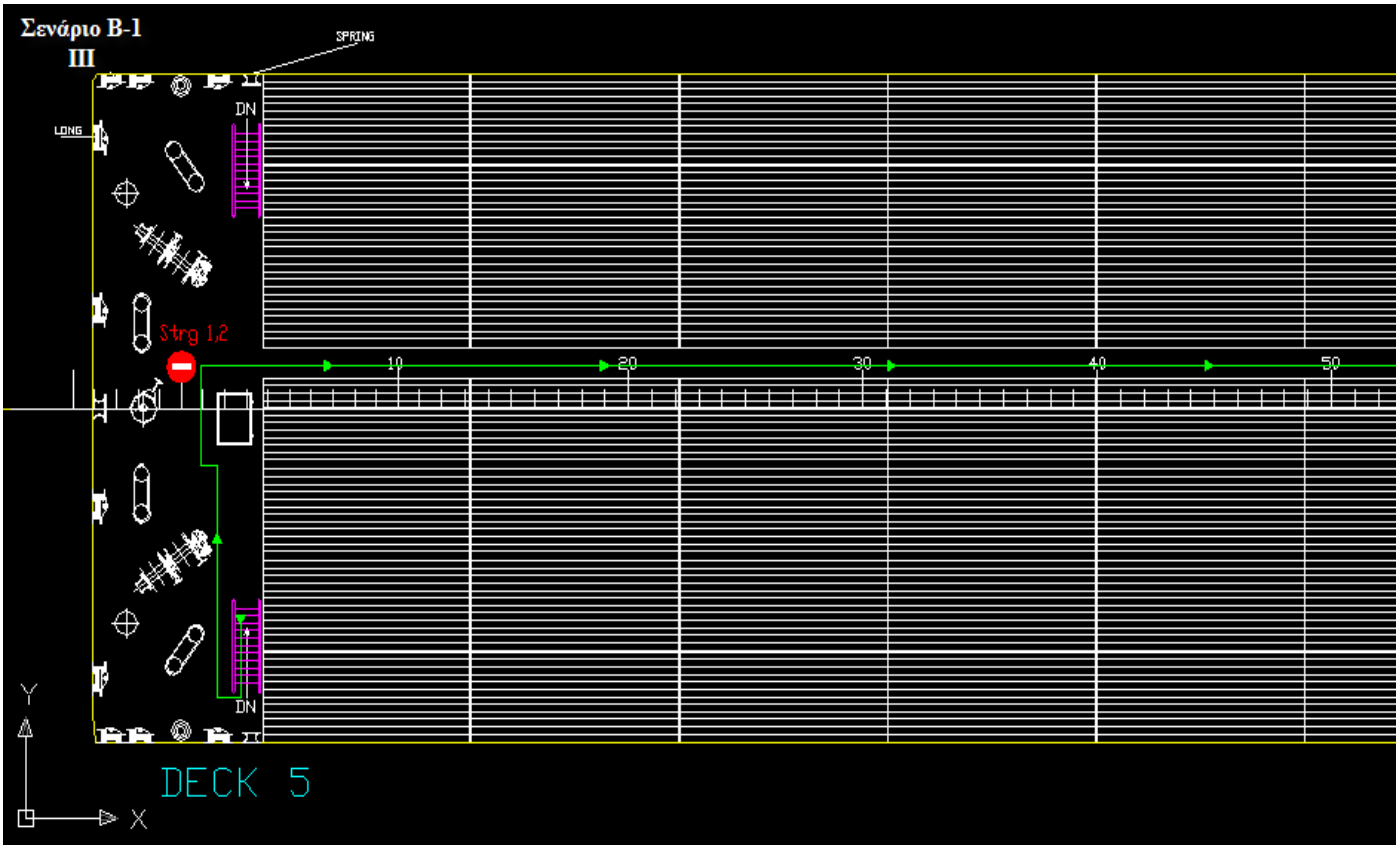
3.5.7.1 Στρατηγική B_1



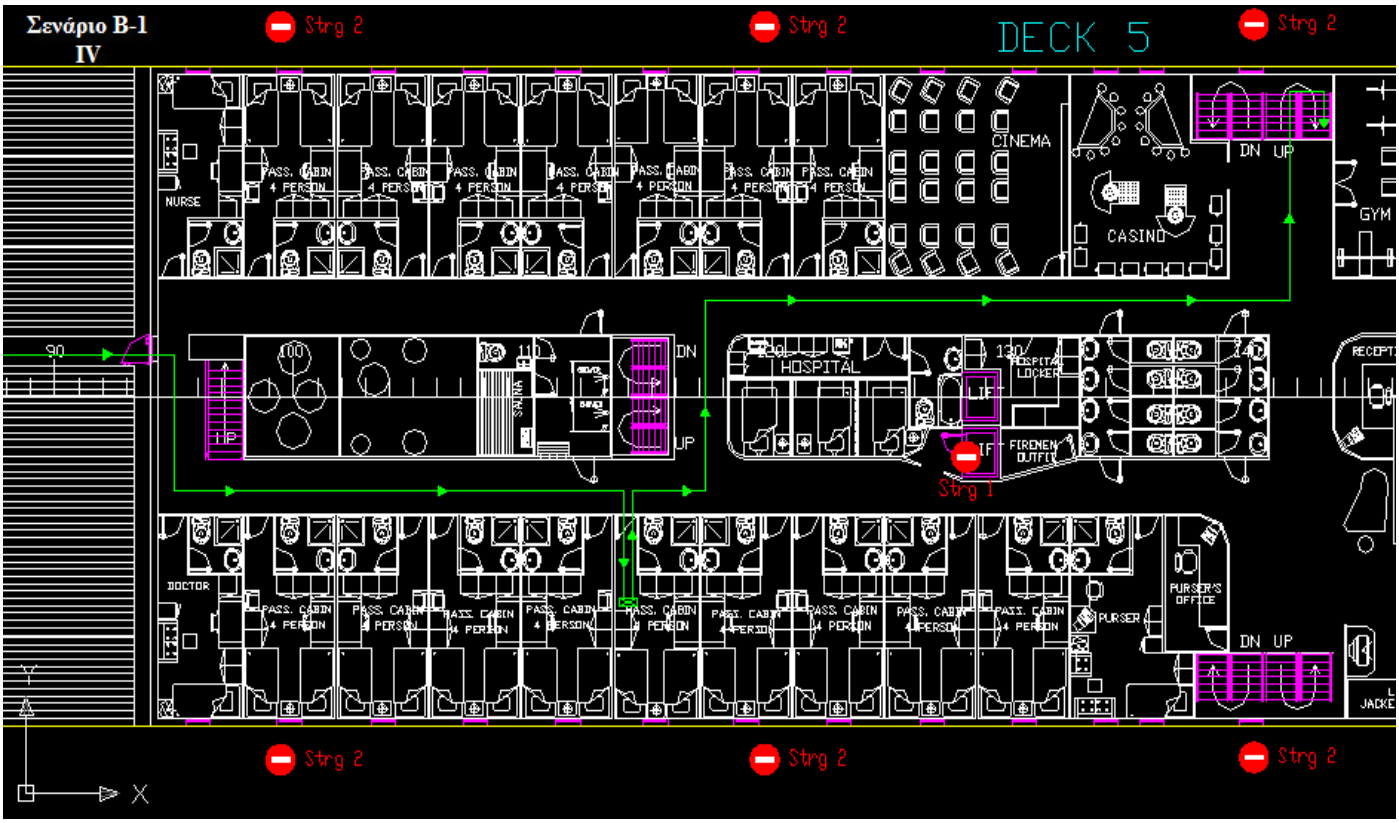
(Σχέδιο B_1-1)



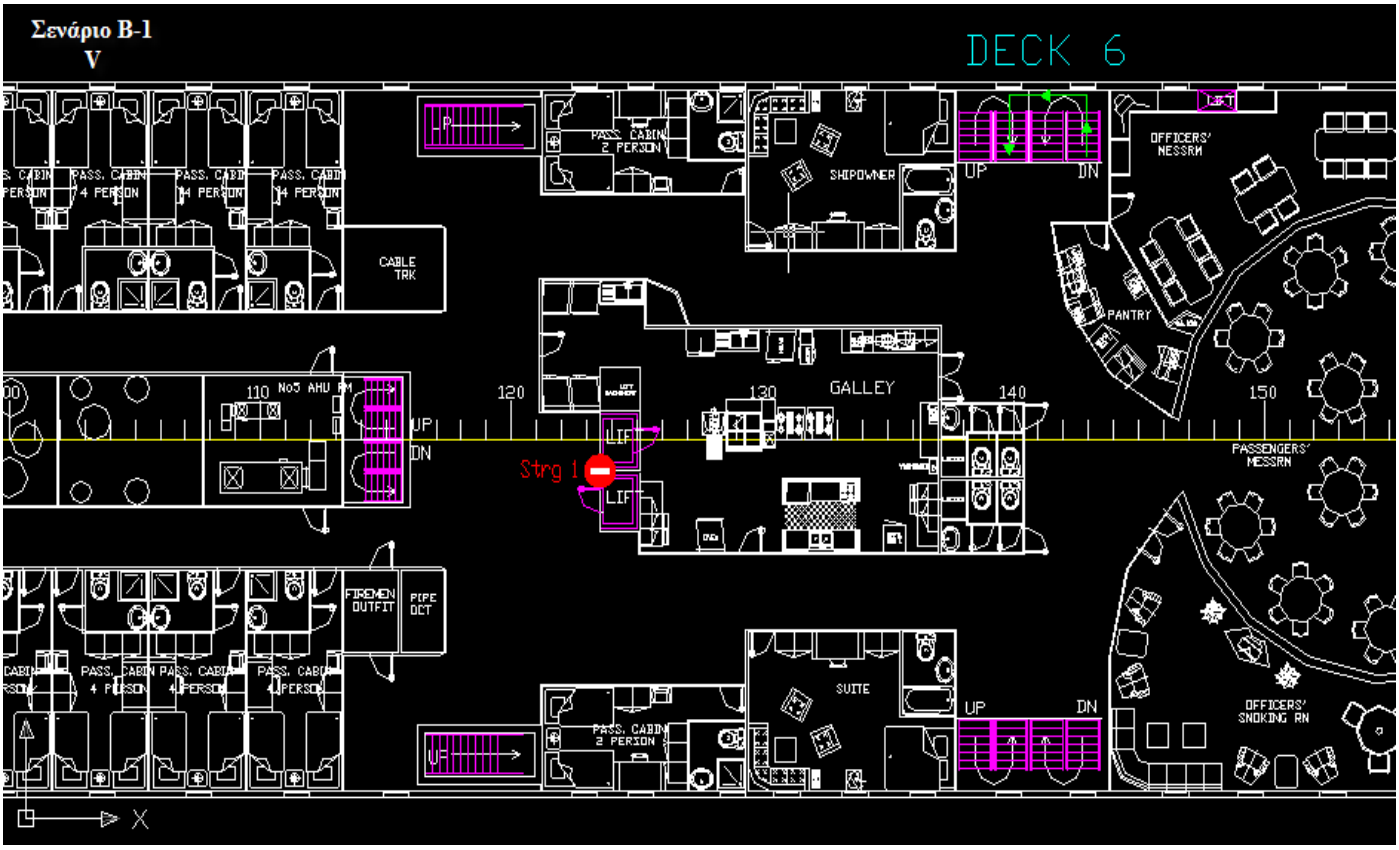
(Σχέδιο B_1-2)



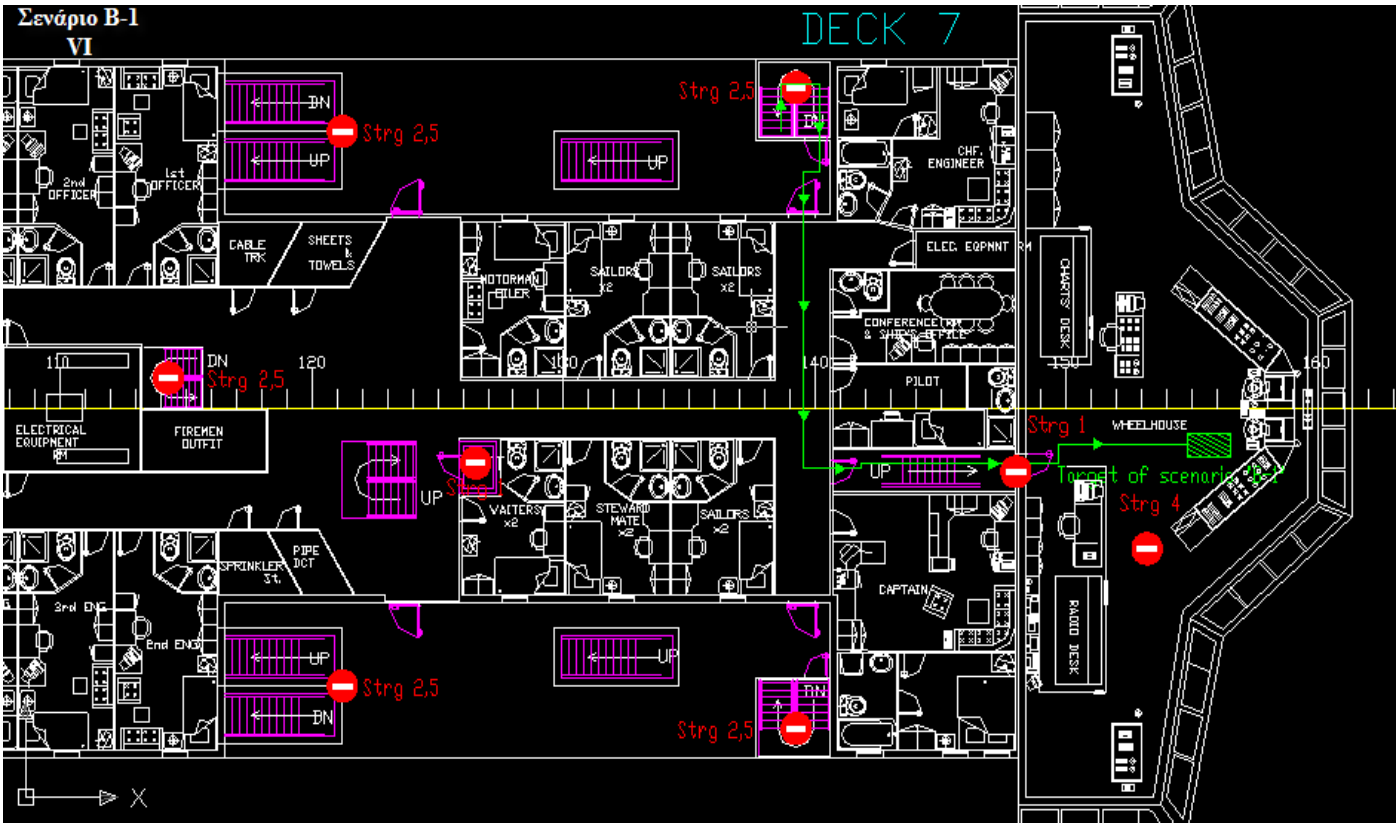
(Σχέδιο B_1-3)



(Σχέδιο B_1-4)

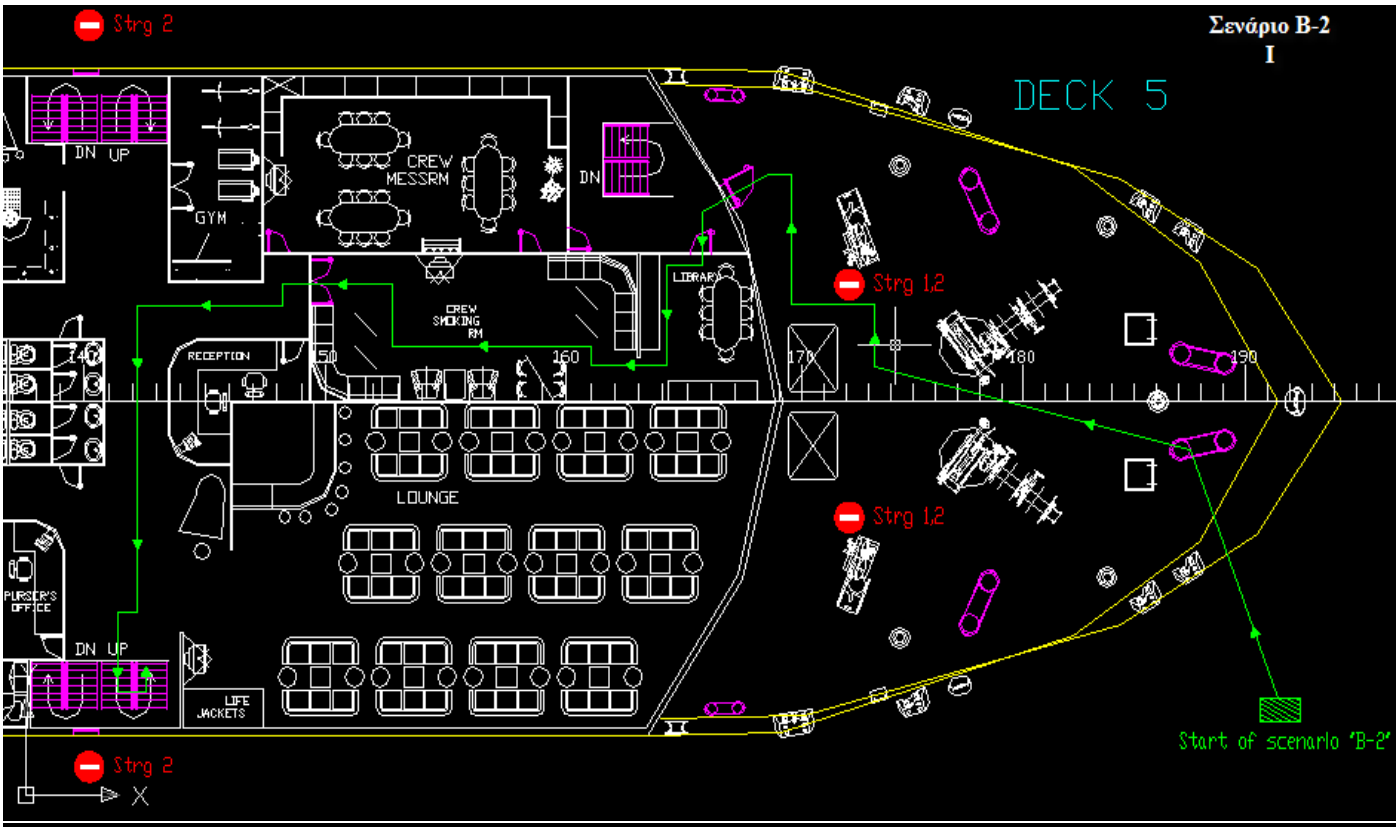


(Σχέδιο B_1-5)

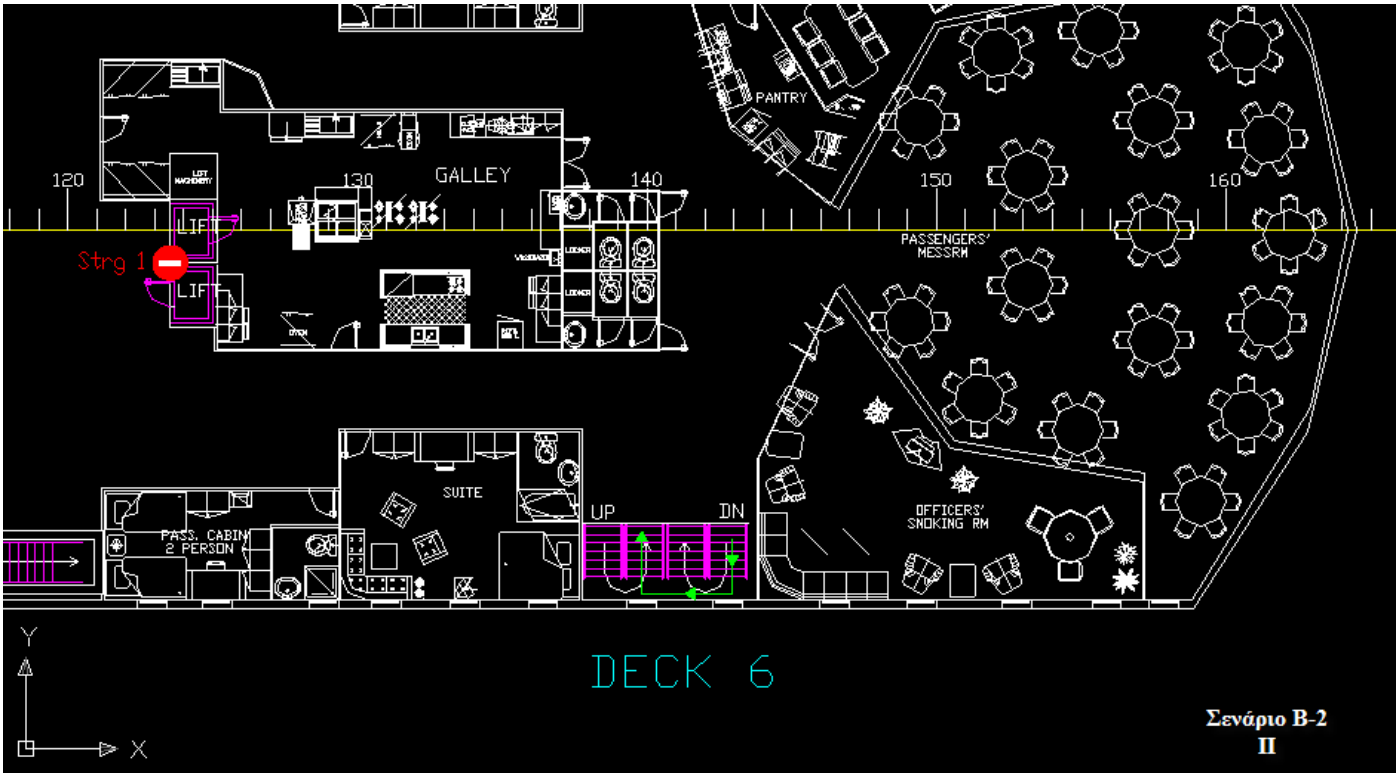


(Σχέδιο B_1-6)

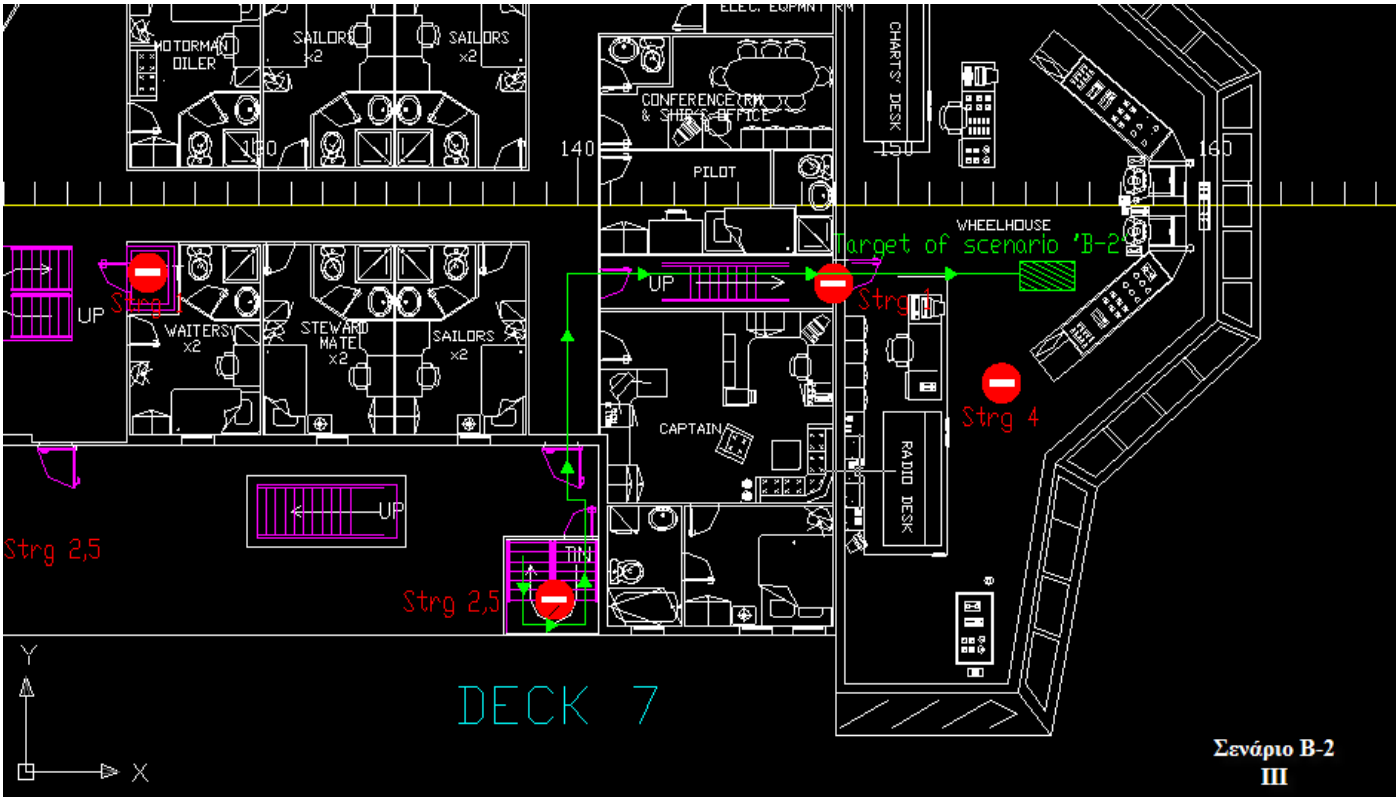
3.5.7.2 Στρατηγική B_2



(Σχέδιο B_2-1)

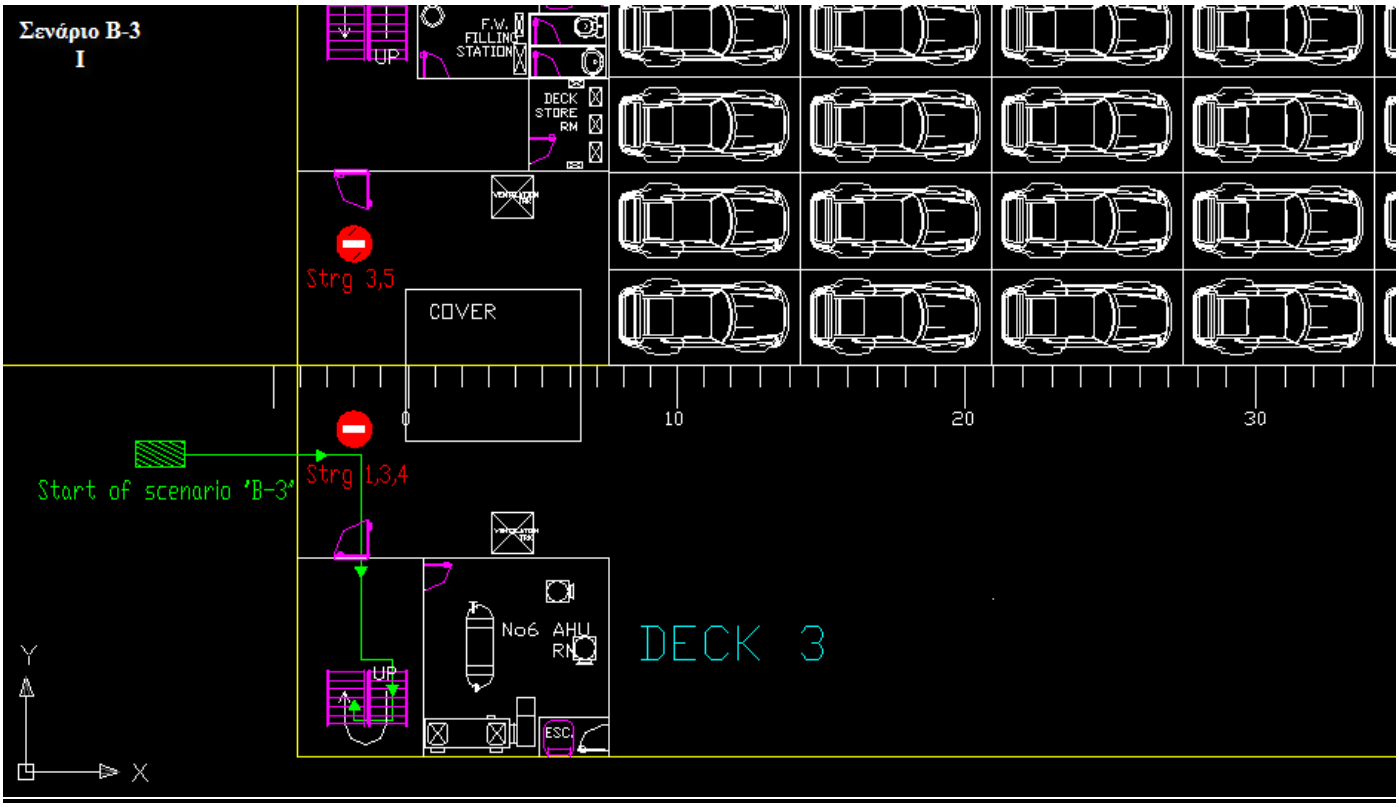


(Σχέδιο B_2-2)

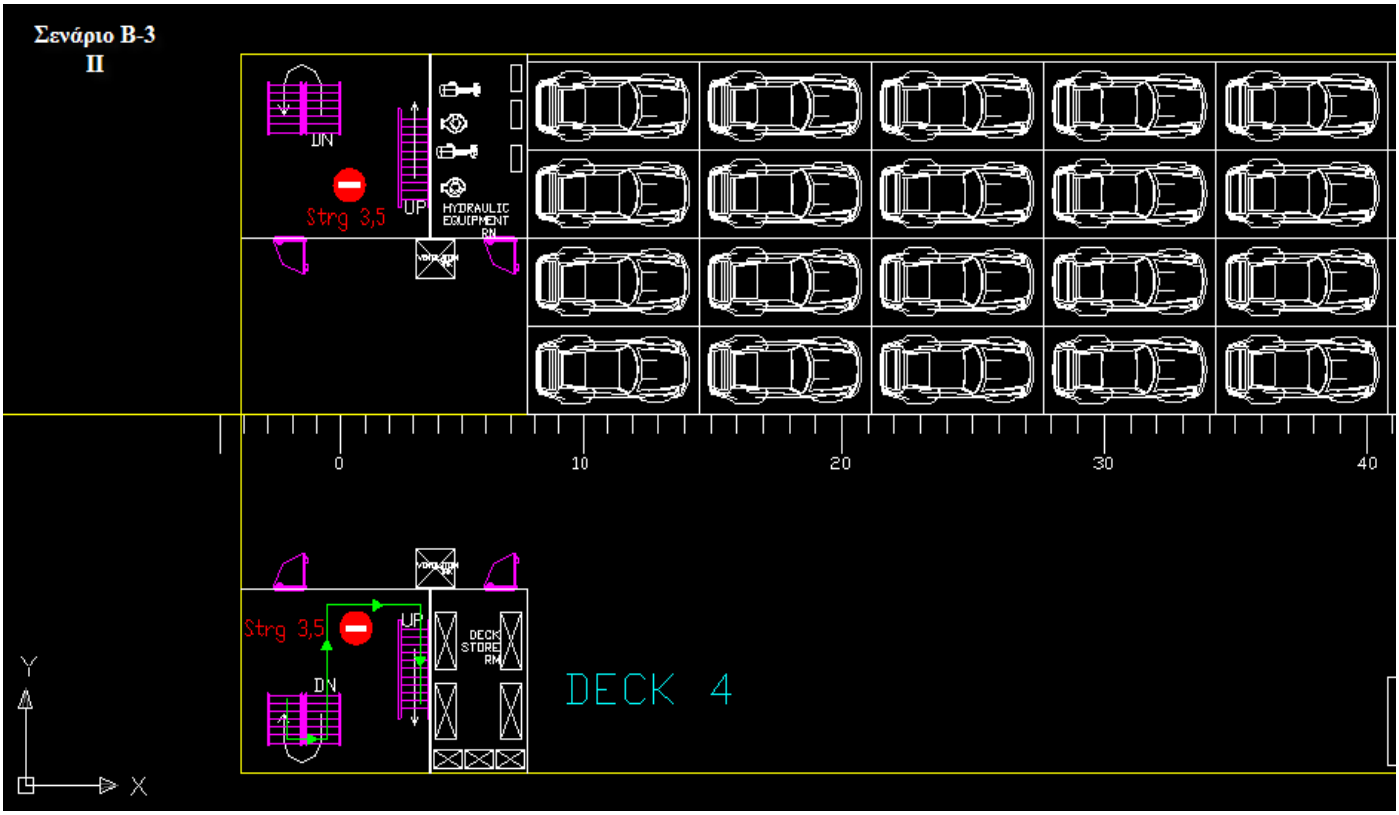

MOTORMAN
OILER
SAILORS
x2
SAILORS
x2
CONFERENCE RM
& SHIP'S OFFICE
CHARTS' DESK
PILOT
140
150
160
WHEELHOUSE
Target of scenario 'B-2'
UP
Strg 1
WAITERS
x2
STEWARD
MATE
x2
SAILORS
x2
UP
Strg 1
CAPTAIN
RADIO DESK
Strg 4
UP
Strg 2,5
DIN
Strg 2,5
Y
X
DECK 7
Σενάριο B-2
III

(Σχέδιο B_2-3)

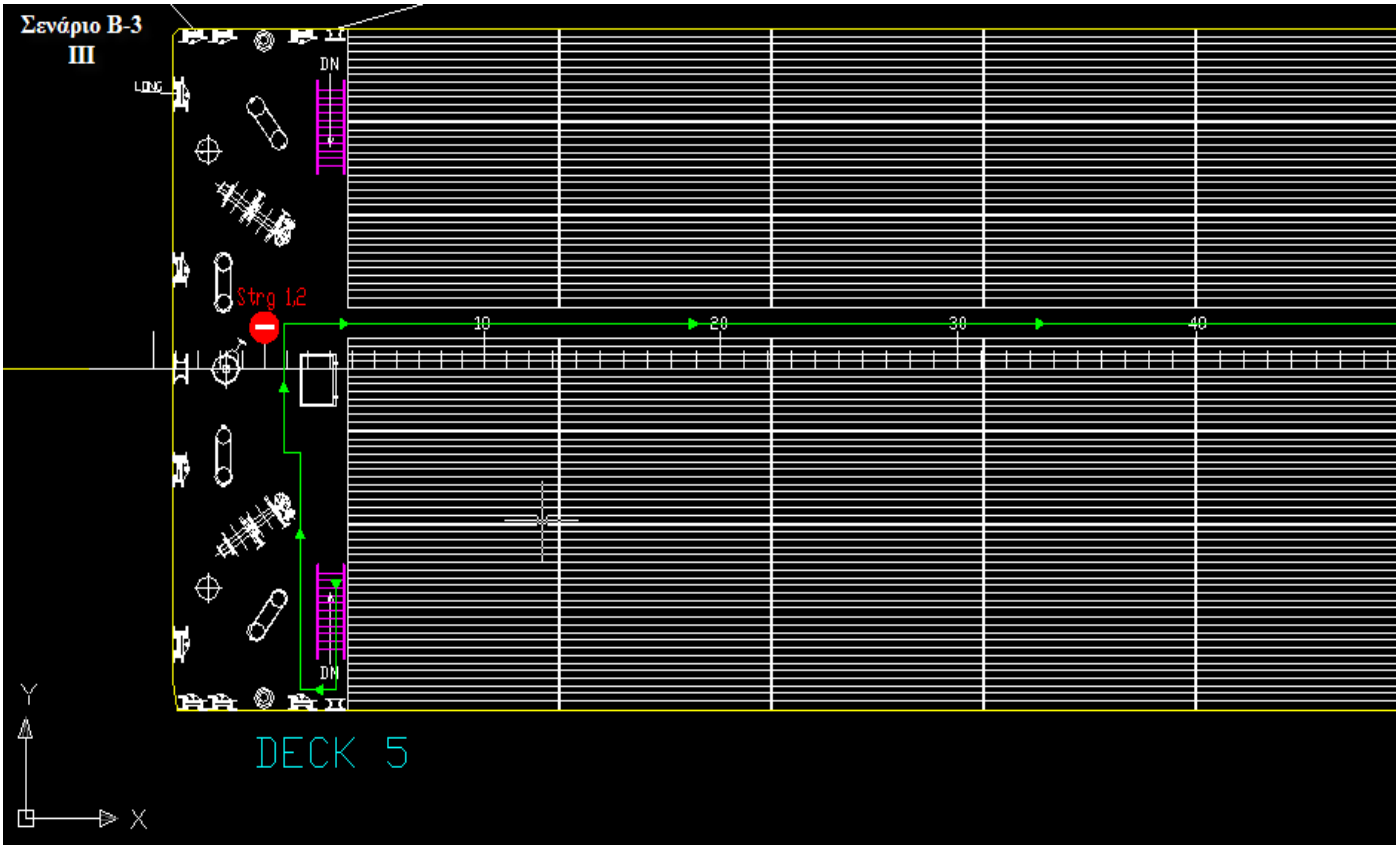
3.5.7.3 Στρατηγική B_3



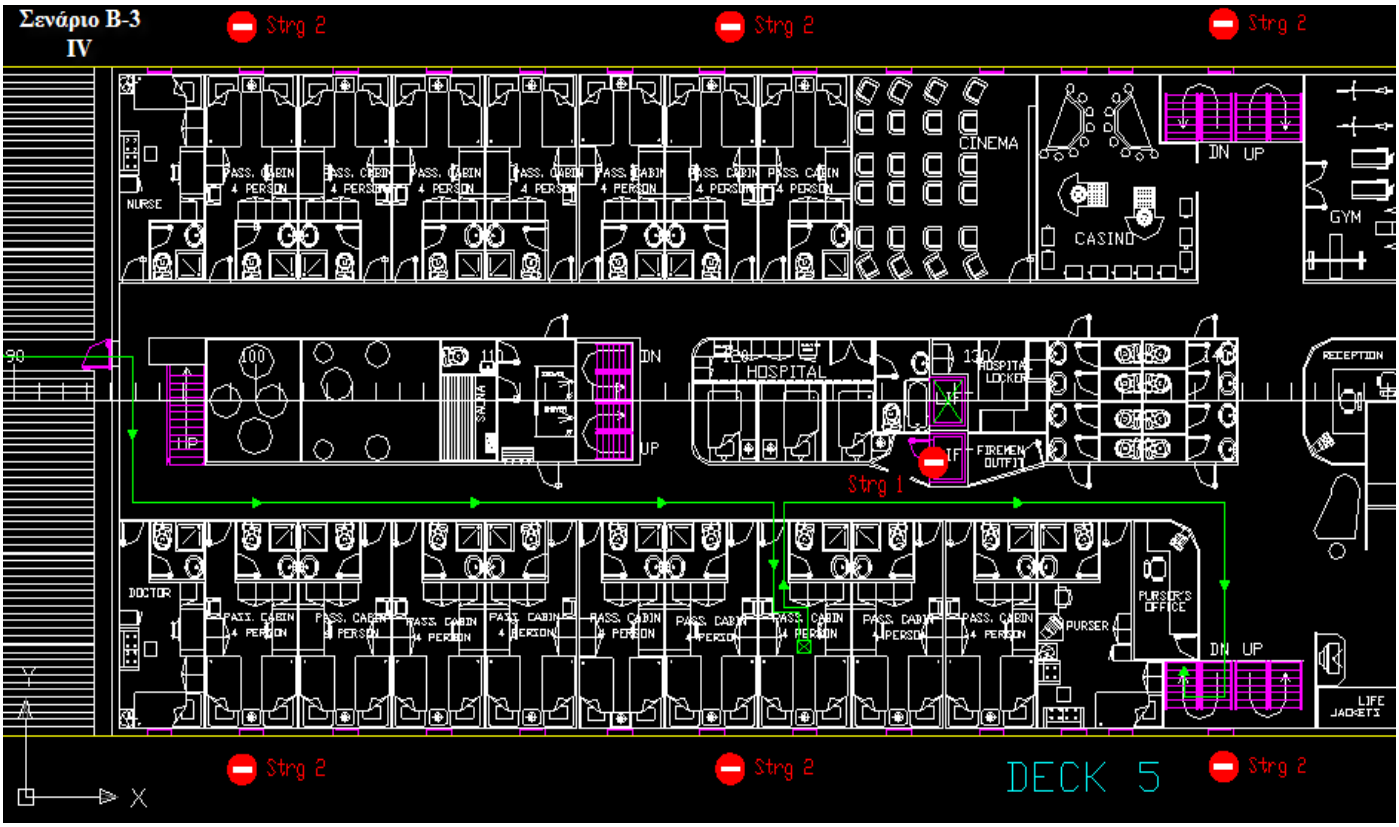
(Σχέδιο B_3-1)



(Σχέδιο B_3-2)



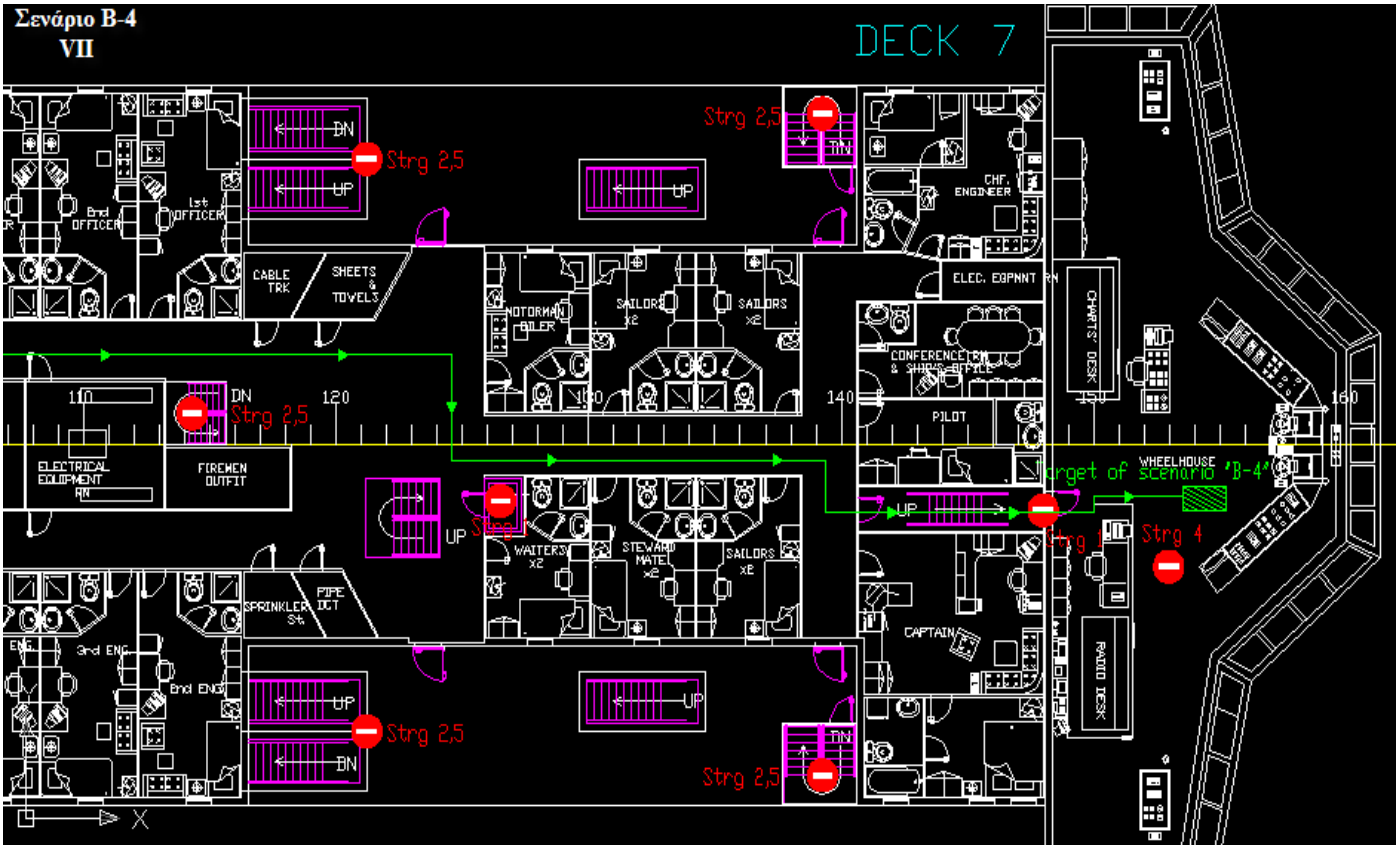
(Σχέδιο B_3-3)



(Σχέδιο B_3-4)

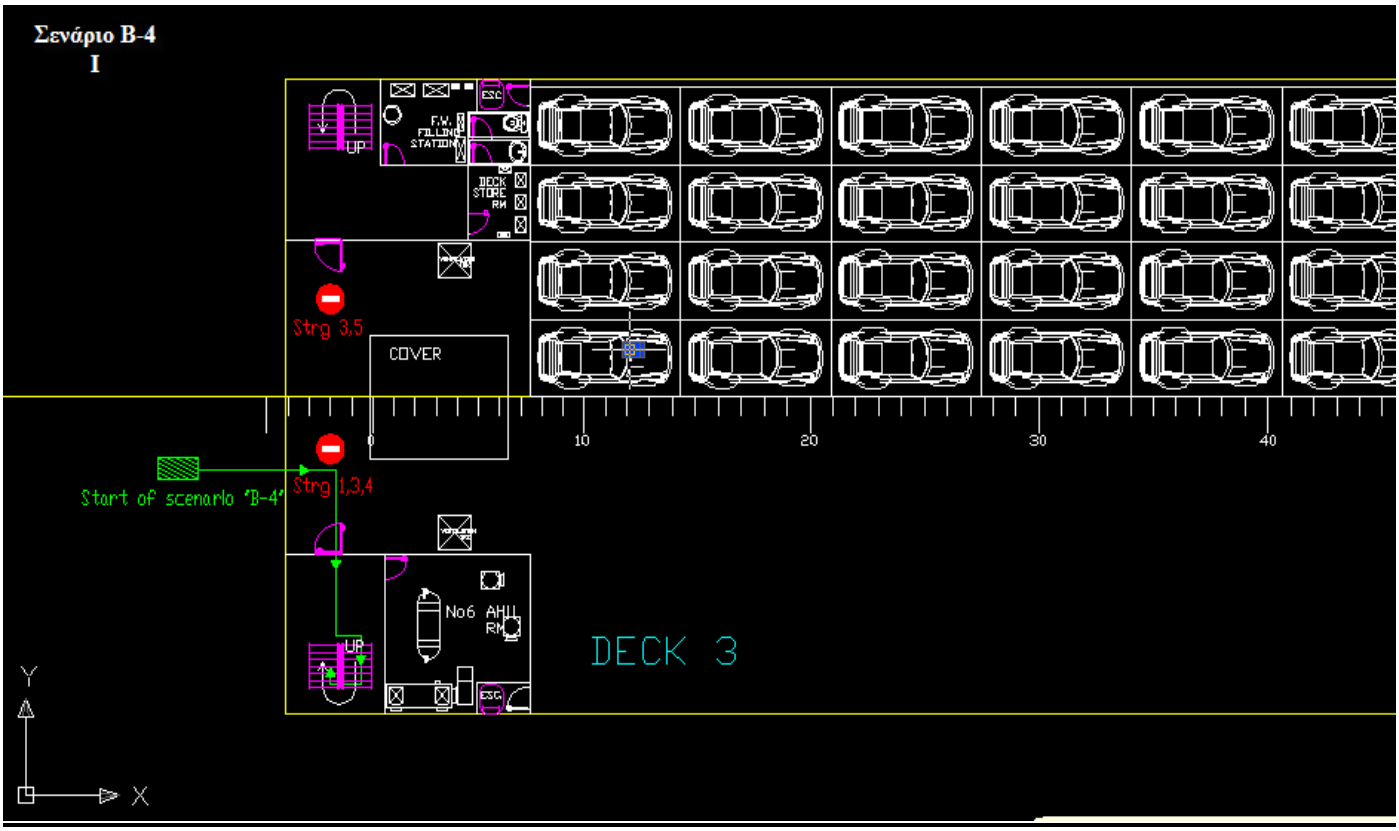
(Σχέδιο B_3-5)

(Σχέδιο B_3-6)

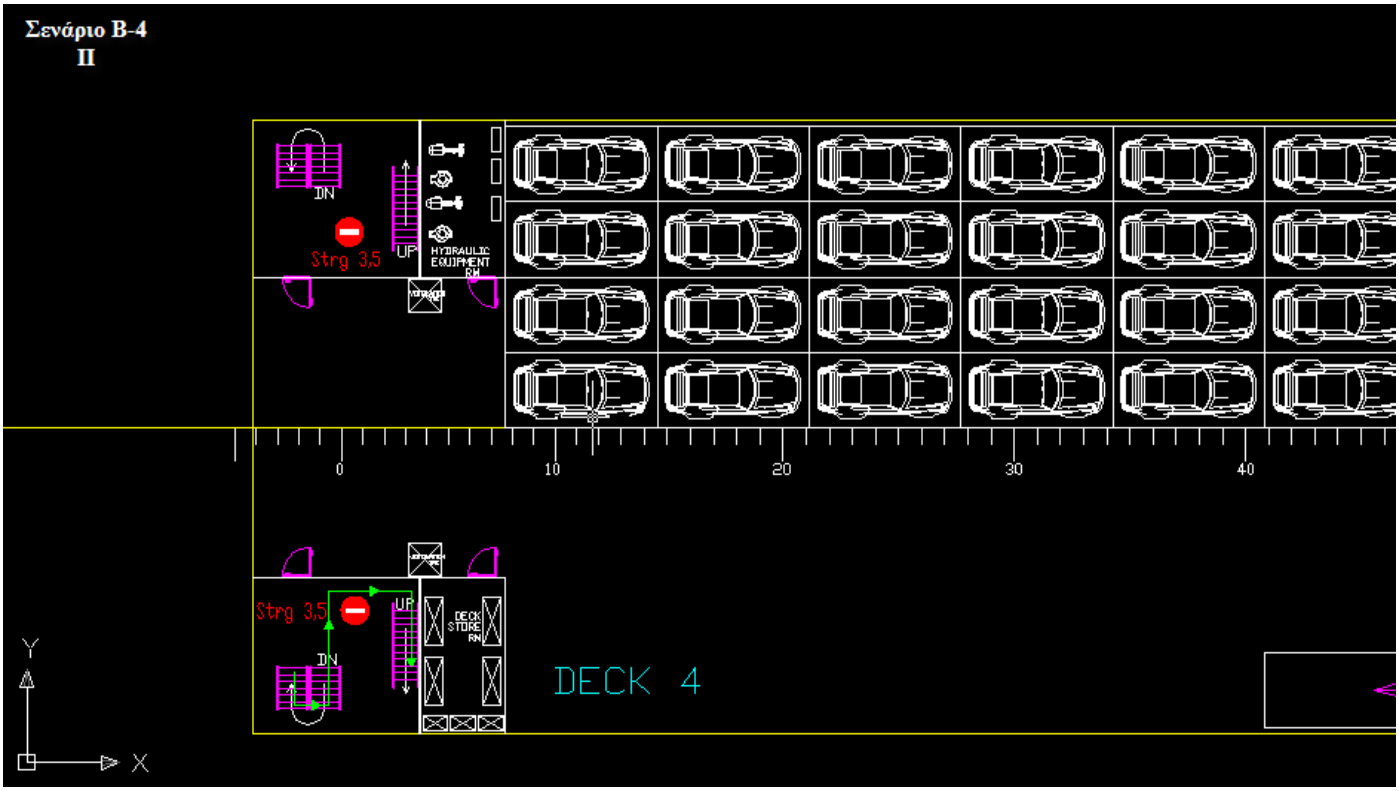

Σενάριο B-4
VII
DECK 7
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 4
DN
UP
2nd OFFICER
1st OFFICER
CABLE TRK
SHEETS & TOWELS
MOTORMAN OILER
SAILORS x2
SAILORS x2
CHF. ENGINEER
ELEC. EQPMNT RM
CHARTS' DESK
CONFERENCE RM & SHIPS OFFICE
PILOT
110
120
140
160
ELECTRICAL EQUIPMENT RM
FIREMEN OUTFIT
WAITERS x2
STEWARD MATE x2
SAILORS x2
WHEELHOUSE
Target of scenario 'B-4'
SPRINKLER SYS
PIPE DCT
CAPTAIN
RADIO DESK
3rd ENG
2nd ENG
X

(Σχέδιο B_3-7)

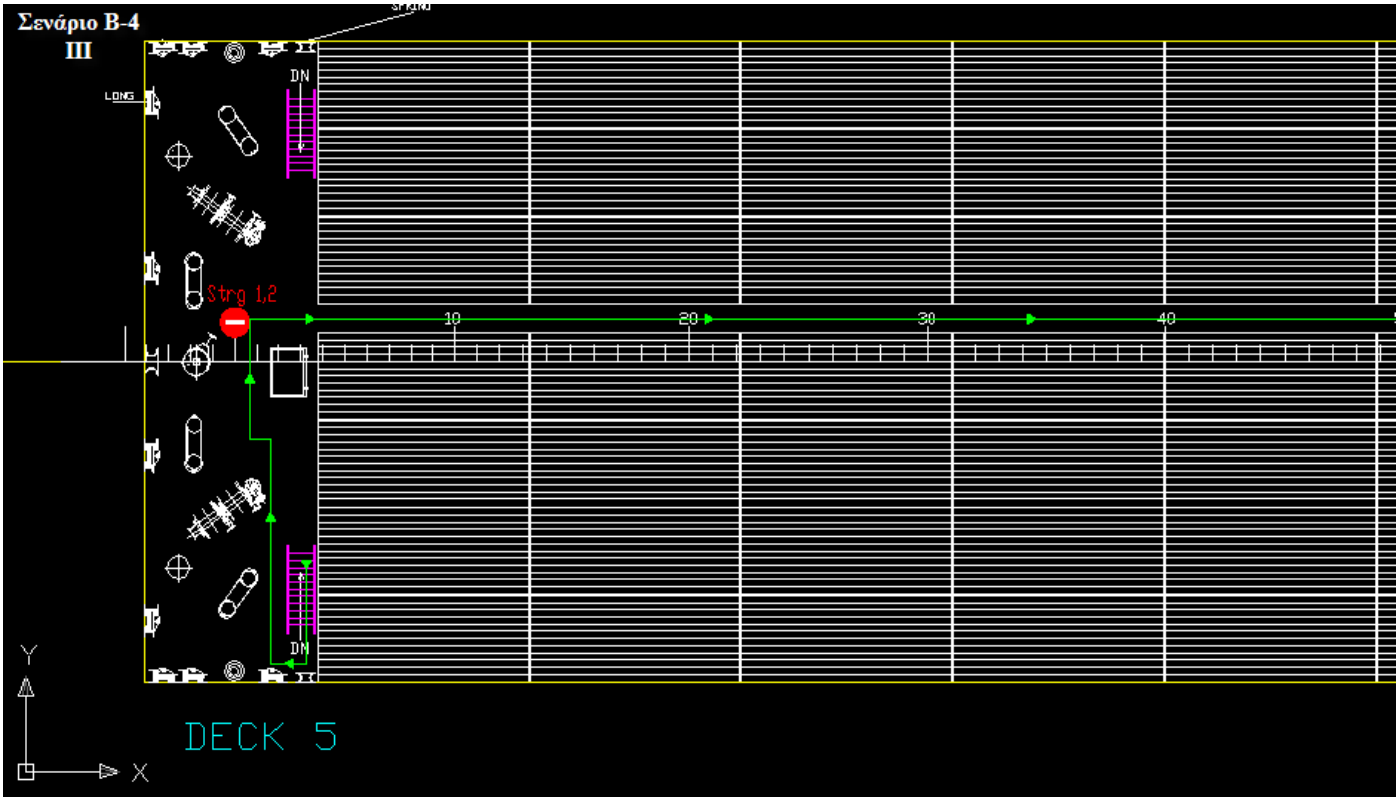
3.5.7.4 Στρατηγική B_4



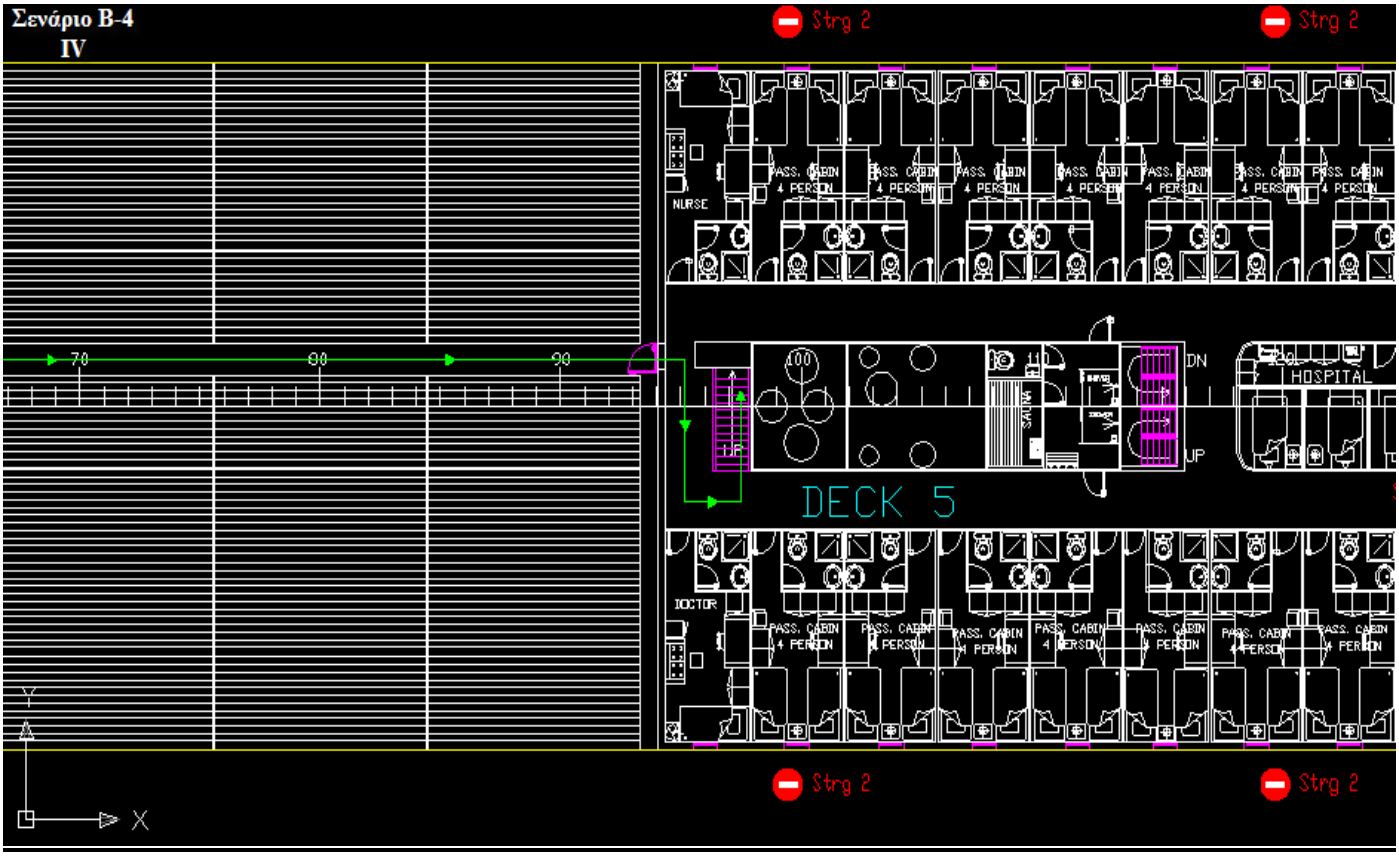
(Σχέδιο B_4-1)



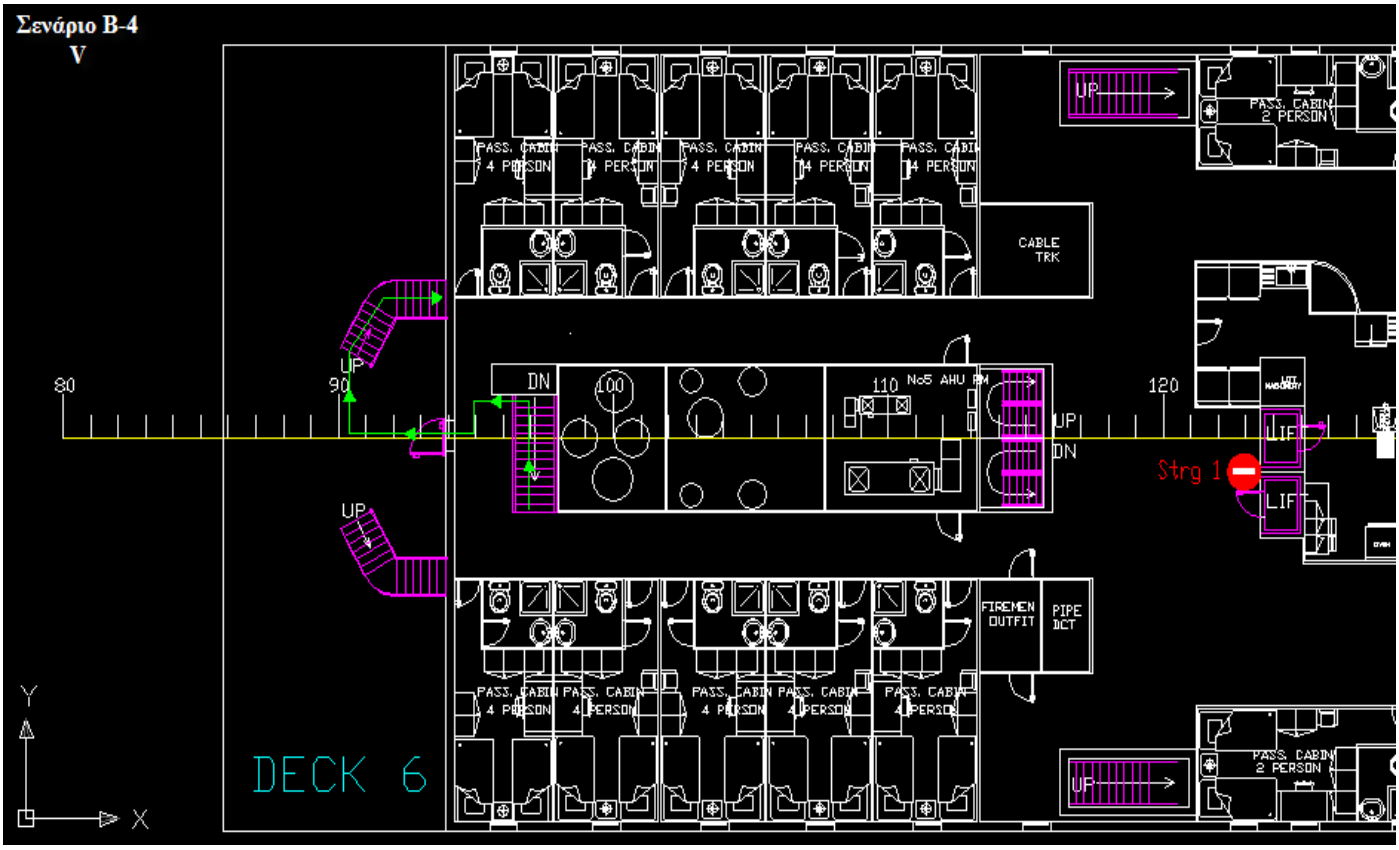
(Σχέδιο B_4-2)



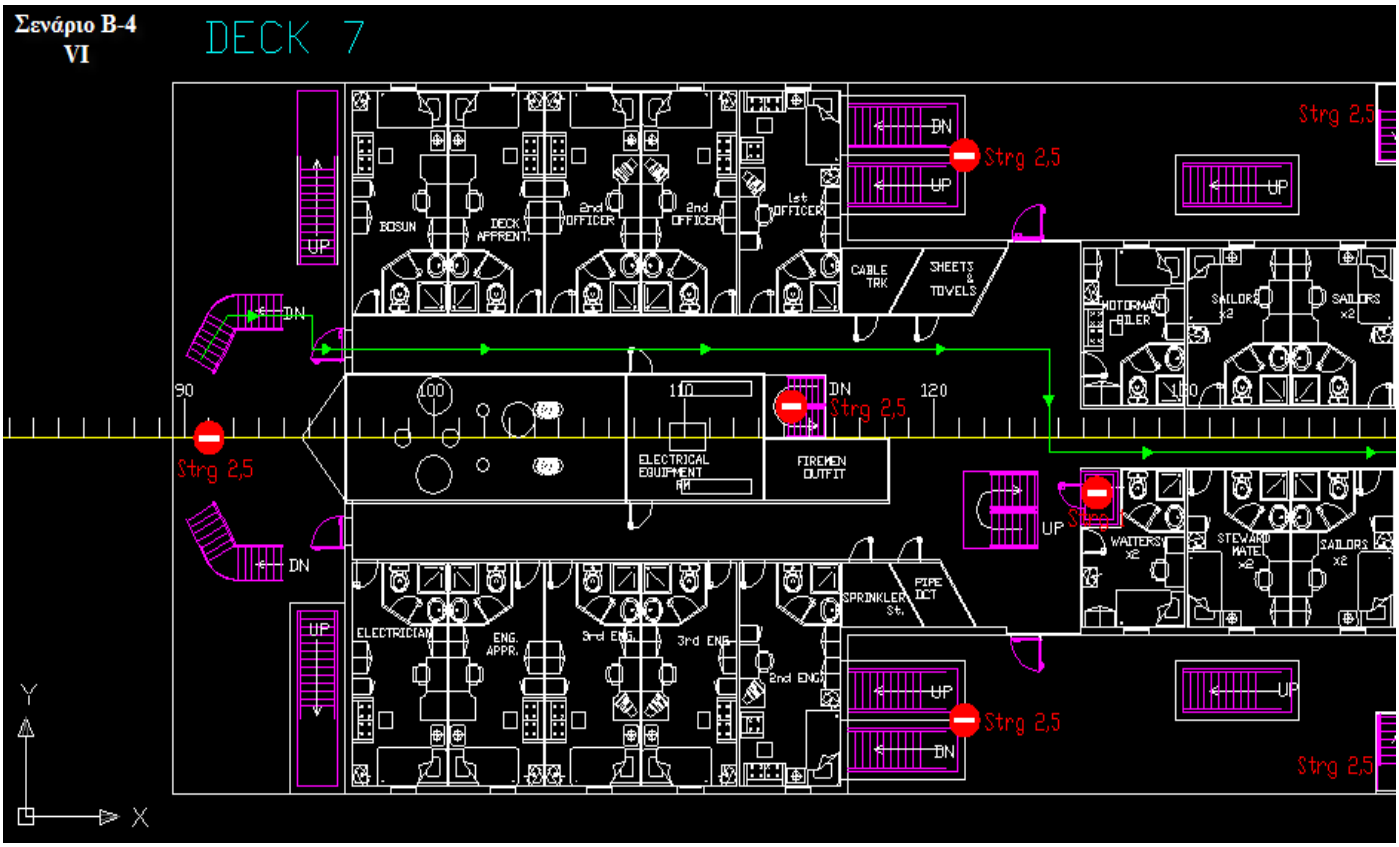
(Σχέδιο B_4-3)



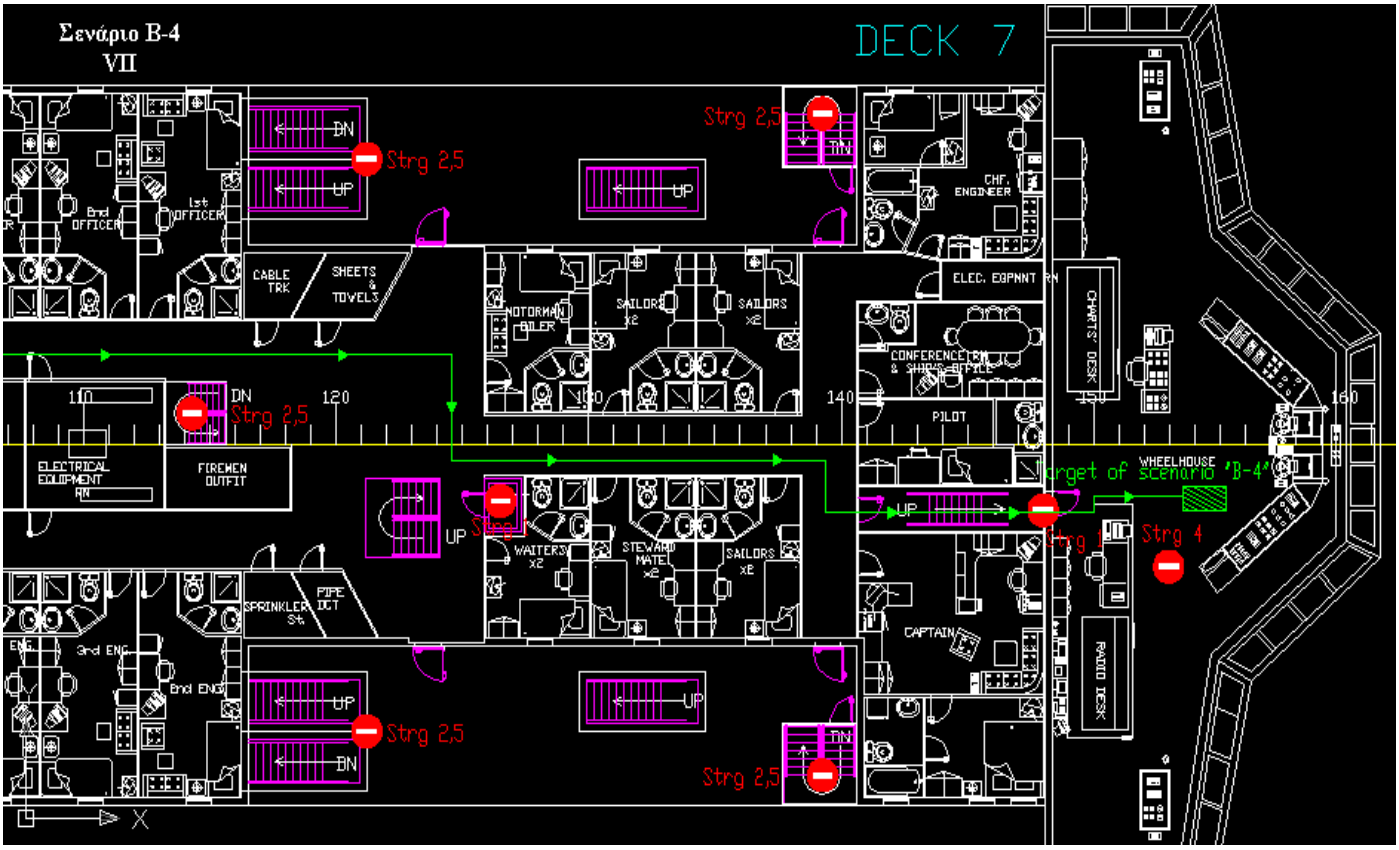
(Σχέδιο B_4-4)



(Σχέδιο B4-5)

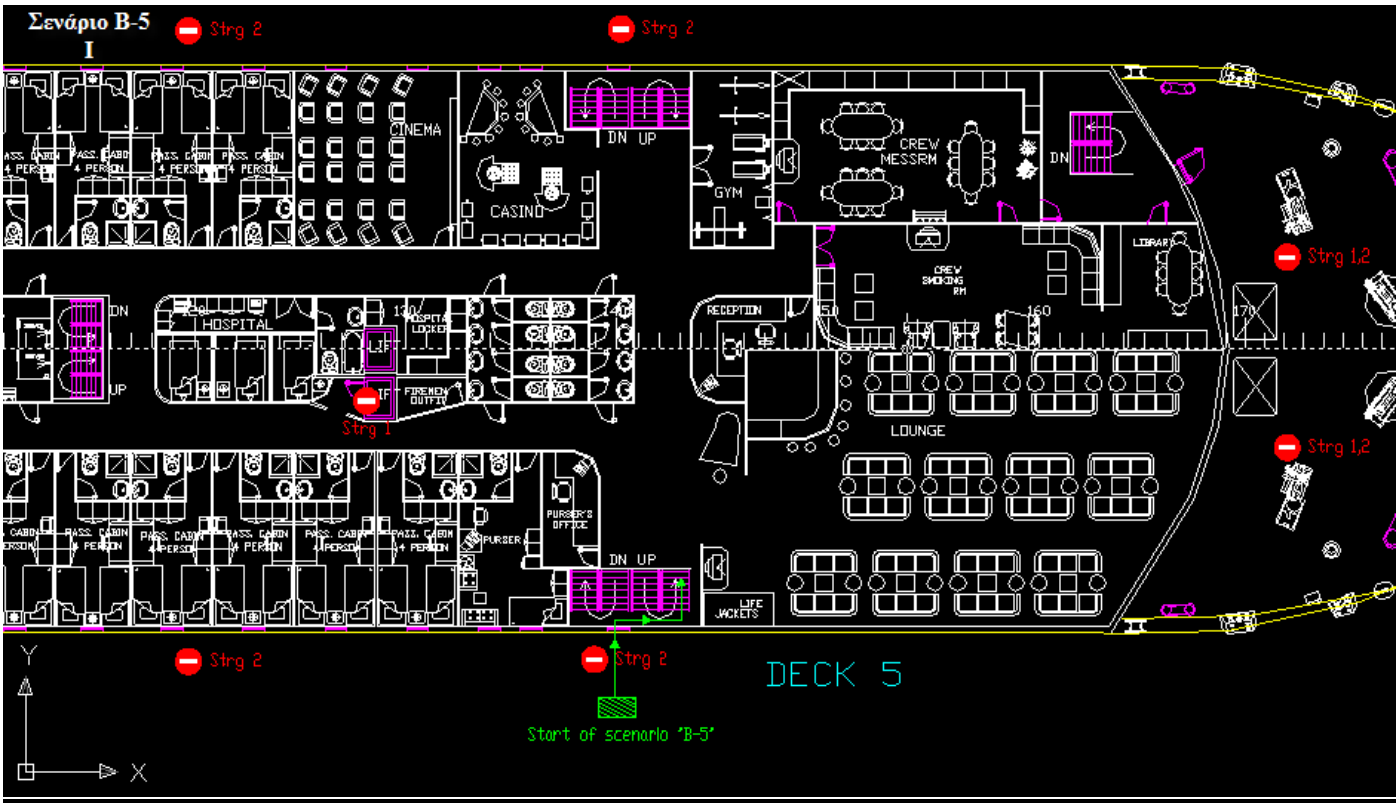


(Σχέδιο B4-6)


Σενάριο B-4
VII
DECK 7
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 2,5
Strg 4
DN
UP
CHF. ENGINEER
ELEC. EQPMNT RM
CHARTS' DESK
CONFERENCE RM & SHIPS OFFICE
PILOT
WHEELHOUSE
Target of scenario 'B-4'
CAPTAIN
RADIO DESK
2nd OFFICER
1st OFFICER
CABLE TRK
SHEETS & TOWELS
MOTORMAN OILER
SAILORS x2
WAITERS x2
STEWARD MATE x2
ELECTRICAL EQUIPMENT RM
FIREMEN OUTFIT
SPRINKLER SYS
PIPE DCT
2nd ENG
3rd ENG
110
120
140
160
X

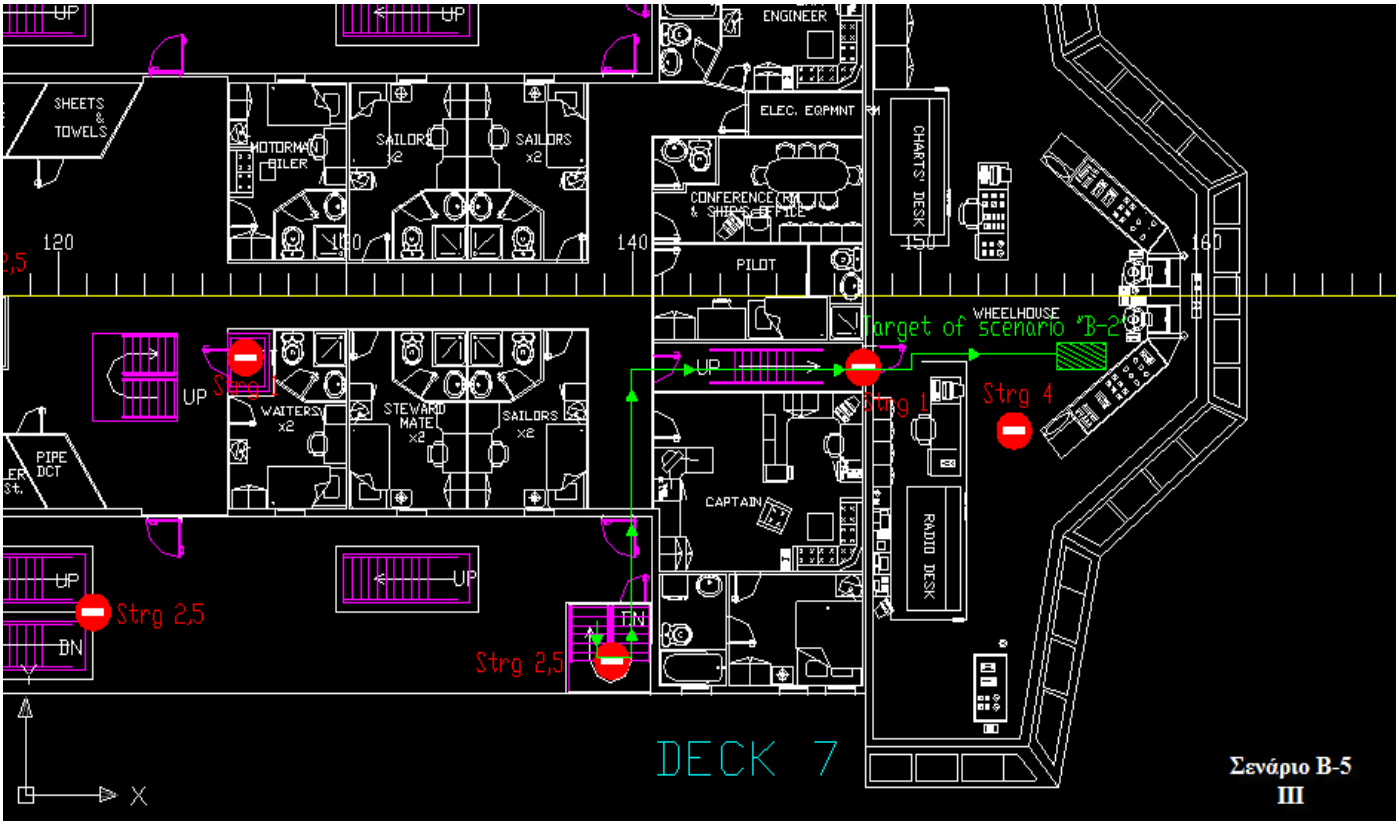
(Σχέδιο B_4-7)

3.5.7.5 Στρατηγική B_5



(Σχέδιο B_5-1)

(Σχέδιο B_5-2)


UP
UP
ENGINEER
SHEETS & TOWELS
MOTORMAN OILER
SAILORS x2
SAILORS x2
ELEC. EQPMNT RM
CHARTS' DESK
CONFERENCE RM & SHIPS OFFICE
120
140
160
PILOT
WHEELHOUSE
Target of scenario "B-2"
UP
Strg 1
Strg 1
Strg 4
WAITERS x2
STEWARD MATE x2
SAILORS x2
PIPE DCT
CAPTAIN
RADIO DESK
UP
UP
Strg 2,5
BN
BN
Strg 2,5
DECK 7
X
Σενάριο B-5
III

(Σχέδιο B_5-3)

3.6 ΣΕΝΑΡΙΟ Γ

Τρομοκράτες (Τ) που ανήκουν σε γνωστή παγκοσμίου δράσεως τρομοκρατική οργάνωση εισέρχονται στο πλοίο με ποσότητες εκρηκτικών. Τα εκρηκτικά θέλουν να τα τοποθετήσουν στις δεξαμενές καυσίμου του πλοίου ώστε να προκαλέσουν το δυνατόν μεγαλύτερη φθορά στο πλοίο, στο λιμάνι και στα παραπλέοντα σκάφη.

3.6.1 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ)

Στρατηγική Γ-1: Τρομοκράτες εισέρχονται στο πλοίο ως επιβάτες, έχοντας στις αποσκευές τους ποσότητες εκρηκτικών, τις οποίες και έχουν σκοπό να τοποθετήσουν στις δεξαμενές καυσίμου του πλοίου. Ο στόχος τους δηλαδή είναι να προξενήσουν φθορά στο πλοίο, στο λιμάνι και στα παραπλέοντα σκάφη.

Στρατηγική Γ-2: Τρομοκράτες εισέρχονται στο πλοίο αναρριχόμενοι από τις άγκυρες και τους κάβους του, και κουβαλώντας μαζί τους εκρηκτικά κατευθύνονται στις δεξαμενές καυσίμου.

Στρατηγική Γ-3: Τρομοκράτες εισέρχονται κανονικά στο πλοίο, έχοντας κρυμμένα εκρηκτικά σε κάποιο όχημα που και αυτό επιβιβάζεται. Σε ανύποπτη στιγμή οι τρομοκράτες επιστρέφουν στο όχημα και προσπαθούν να μεταφέρουν τα εκρηκτικά στις δεξαμενές καυσίμου του πλοίου.

Στρατηγική Γ-4: Τρομοκράτες εισέρχονται στο πλοίο μεταμφιεσμένοι σε συνεργείο μηχανικών με σκοπό να μεταφέρουν εκρηκτικά στις δεξαμενές καυσίμου.

Στρατηγική Γ-5: Τρομοκράτες προσεγγίζουν το πλοίο από την παράκτια πλευρά του, ενώ αυτό βρίσκεται στο λιμάνι, και εισέρχονται σε αυτό μέσα από κάποιο φιλιστρίνι κουβαλώντας ποσότητες εκρηκτικών. Τα εκρηκτικά θέλουν να τα τοποθετήσουν στις δεξαμενές καυσίμου του πλοίου ώστε να προκαλέσουν το δυνατόν μεγαλύτερη φθορά στο πλοίο, στο λιμάνι και στα παραπλέοντα σκάφη.

Το δρομολόγιο που σκοπεύουν να ακολουθήσουν οι τρομοκράτες πάνω στο πλοίο για να εκτελέσουν την κάθε στρατηγική εμφανίζεται στο αντίστοιχο φύλλο του προγράμματος AutoCAD σχεδιασμένο πάνω στη γενική διάταξη του πλοίου, καθώς και στο τέλος του σεναρίου (3.6.6).

3.6.2 Επιλογές Φυλάκων

29. Διαδικασίες ελέγχου ταυτοτήτων οποιουδήποτε ανεβαίνει στο σκάφος και ταυτοποίηση των στοιχείων τους σε περίπτωση συνεργείου.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
30. Δημιουργία ειδικών χώρων (σε συνεργασία με τις λιμενικές αρχές) για τον έλεγχο των επιβατών και των αποσκευών τους.
    (κόστος πραγματοποίησης: 600 €)
31. Έλεγχος οχημάτων που πρόκειται να επιβιβαστούν στο πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 440 €)
32. Σκανάρισμα (X-ray) και έλεγχος των ασυνόδευτων αποσκευών από το λιμάνι ή το πλοίο πριν φορτωθούν.
    (κόστος πραγματοποίησης: 230 €)
33. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 5^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 4^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
34. Περιπολίες στο κατάστρωμα κυρίως ώρες κοινής ησυχίας για την πρόληψη τυχόν ανεπιθύμητων επιβιβάσεων ή ύποπτων μετακινήσεων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 180 €)
35. Επικοινωνία με το λιμάνι για χαρακτηρισμό της παράκτιας πλευράς του πλοίου (όταν αυτό είναι δεμένο στο λιμάνι) ως « μη προσβάσιμη περιοχή » και περιφρούρηση αυτής, καθώς και περιπολίες με βάρκες γύρω από το πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 500 €)
36. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 6^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 7^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
37. Χρήση των ανελκυστήρων μόνο από εξουσιοδοτημένα πρόσωπα με τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος που λειτουργεί με κωδικό πρόσβασης.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)
38. Τοποθέτηση ειδικών φρουρών στην είσοδο αιθουσών του πλοίου που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την λειτουργία του και μπορούν εύκολα να προστατευτούν με ένα φρουρό, όπως η γέφυρα, το δωμάτιο ελέγχου (control room), το δωμάτιο των power supplies και το steering gear room.
    (κόστος πραγματοποίησης: 870 €)
39. Χρήση κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης ή συσκευές αυτόματης ανίχνευσης και ειδοποίησης σε περίπτωση εισβολέα στις περιοχές περιορισμένης πρόσβασης του πλοίου. (Navigation bridge, control stations, rooms with air-condition systems and ventilation, spaces with access to potable water tanks and pumps, power supplies, steering gear room)
    (κόστος πραγματοποίησης: 970 €)

40. Οι επισκέπτες του πλοίου συνοδεύονται.
    (κόστος πραγματοποίησης: 90 €)
41. Έλεγχος κατά την παραλαβή των προμηθειών του πλοίου ώστε να επιβεβαιώνεται ότι δεν υπάρχει τυχόν φθορά ή προσθήκη επικίνδυνων ουσιών, καθώς και ταυτοποίηση ότι δεν φορτώνεται στο πλοίο κάτι επιπλέον από αυτό που έχει παραγγελθεί.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
42. Επαρκής επιπρόσθετος φωτισμός πάνω και γύρω από το πλοίο για διευκόλυνση του έργου των φρουρών και των περιπόλων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)

Κάθε πιθανή επιλογή των φυλάκων του πλοίου συνοδεύεται από ένα κόστος πραγματοποίησης ανά ταξίδι. Η ποσότητα αυτή είναι μια συνάρτηση ανάλογη της δυσκολίας αλλά και του κόστους που εμφανίζει η υιοθέτηση του συγκεκριμένου μέτρου προστασίας. Τα μεγέθη που έχουν προκύψει για κάθε επιλογή φαίνονται αναλυτικότερα στο σενάριο Α.

Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι θεωρούμε ότι οι (Φ) δεν μπορούν καλύψουν όλα τα πιθανά σενάρια απειλής. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την άποψη του κόστους, της επιπλέον απασχόλησης ανθρώπινου δυναμικού αλλά και της σημαντικής πίεσης χρόνου που θα απαιτούσε η εφαρμογή όλων των παραπάνω επιλογών.

Όλες οι παραδοχές και οι συμβάσεις που υποτέθηκαν στο Α σενάριο ισχύουν και εδώ απλά δεν καταγράφονται.

3.6.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)

Οι Φύλακες έχουν το δικαίωμα να ακολουθήσουν όποια στρατηγική θέλουν, η οποία θα είναι συνδυασμός των προαναφερθέντων επιλογών. Στο σημείο όμως αυτό και βάση της παραδοχής που έγινε στην αρχή μπαίνει ο περιορισμός ότι η κάθε πιθανή στρατηγική δεν θα υπερβαίνει τα ‘‘1800 €/ταξίδι’’ κόστους πραγματοποίησης.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-5 όπου:

Φ-1 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+6+9+10+13 (1450 € κ.π.)
Φ-2 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 2+4+6+8+12+14 (1720 € κ.π.)
Φ-3 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+3+5+7+12 (1700 € κ.π.)
Φ-4 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+7+11+12 (1690 € κ.π.)
Φ-5 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 3+4+5+8+12 (1800 € κ.π.)

(Να σημειωθεί εδώ ότι θα μπορούσαμε να κάνουμε περισσότερους συνδυασμούς επιλογών και να προκύψουν επιπλέον στρατηγικές, ενδεικτικά όμως σταματάμε εδώ)

3.6.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης

Στο σενάριο Γ έχουμε την πρόθεση τρομοκρατών να επιβιβαστούν στο πλοίο και να τοποθετήσουν εκρηκτικά κοντά στις δεξαμενές καυσίμου με σκοπό να προκαλέσουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο υλικό κόστος και ανθρώπινες απώλειες. Για να το πετύχουν αυτό έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε πέντε διαθέσιμες στρατηγικές (T_1-T_5), τις οποίες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν με τις αντίστοιχες δικές τους στρατηγικές (Φ_1-Φ_5), οι φύλακες του πλοίου. Έχοντας λοιπόν τις διαθέσιμες στρατηγικές των (Τ) και (Φ), και υπολογίζοντας τις αποδόσεις των πιθανών εκβάσεων κάθε σεναρίου θα έχω:

3.6.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Γ:

Η θέση του πλοίου μας στο λιμάνι φαίνεται στη φωτογραφία που βρίσκεται στο τέλος του σεναρίου. Θεωρούμε, όπως και στα προηγούμενα σενάρια ότι σε αυτό επιβαίνουν τη στιγμή της απόπειρας 33 μέλη του πληρώματος, 270 επιβάτες και 240 αυτοκίνητα (το 80% της ολικής του χωρητικότητας), ενώ η κίνηση στο λιμάνι είναι όπως ακριβώς φαίνεται στη φωτογραφία.

- Επιτυγχάνοντας την αποστολή τους οι τρομοκράτες θα έχουν προκαλέσει ζημιές στο πλοίο μας, σε παραπλέοντα σκάφη, στο λιμάνι, στους δρόμους γύρω από το λιμάνι και στα γύρω κτίρια. Πιο συγκεκριμένα:

- <u>Στο πλοίο μας:</u> Συνολικό κόστος = υλικές ζημιές πλοίου + ανθρώπινες ζωές + απώλεια αυτοκινήτων προς μεταφορά. Θεωρούμε ότι το πλοίο θα έχει υποστεί ολική καταστροφή (ασύμφορο επισκευής), τα αυτοκίνητα θα έχουν καταστραφεί μαζί με το πλοίο (έχω θεωρήσει τη μέση αξία για κάθε αυτοκίνητο τα 12000 €), ενώ μόλις το 10% των επιβαινόντων θα έχει καταφέρει να επιζήσει της έκρηξης. Οπότε:

$$\text{Συν. Κόστ.}_1 = 30\times10^6+(240\times12000)+[0{,}9\times(33+270)\times1{,}4\times10^6)] = 414{,}660\ \text{εκ.€}$$

- <u>Στα παραπλέοντα σκάφη:</u> Συνολικό κόστος = υλικές ζημιές + ανθρώπινες ζωές. Παρατηρώντας τη φωτογραφία στο τέλος του σεναρίου βλέπω ότι τα πλοία που επηρεαστούν από την έκρηξη θα είναι δύο. Αυτό που βρίσκεται πιο κοντά (αξία 20 εκ. €) θα υποστεί ζημιές της τάξεως του 40%, ενώ το πιο απομακρυσμένο (αξία 25 εκ. €) θα υποστεί ζημιές της τάξεως του 10%. Συνολικά και από τα δύο πλοία υποθέτουμε ότι θα χάσουν τη ζωή τους 10 άτομα (θεωρούμε ότι τη στιγμή της έκρηξης δεν γίνεται επιβίβαση ή αποβίβαση στα πλοία αυτά). Οπότε:

$$\text{Συν. Κόστ.}_2 = (0{,}4\times20\times10^6)+(0{,}1\times25\times10^6)+(10\times1{,}4\times10^6) = 24{,}500\ \text{εκ.€}$$

- <u>Στο λιμάνι:</u> Συνολικό κόστος = υλικές ζημιές εγκαταστάσεων + παρκαρισμένων αυτοκινήτων + ανθρώπινες ζωές. Στις υλικές ζημιές του λιμένα περιλαμβάνεται και το κλείσιμο του συγκεκριμένου κομματιού για τις αναγκαίες επισκευές και τις αναμενόμενες έρευνες για το συμβάν, γεγονός που θα μειώσει τα κέρδη του λιμανιού (έστω συνολικά ότι το κόστος θα αγγίξει τα 5 εκ. €). Επιπλέον παρατηρώντας τη φωτογραφία στο τέλος του σεναρίου βλέπω ότι μέσα στην κόκκινη ακτίνα έκρηξης βρίσκονται περίπου 10 αυτοκίνητα (ζημιές της τάξεως του 50%), ενώ μέσα στην κίτρινη κοντά στα 20 (ζημιές της τάξεως του 20%). Θεωρούμε ότι τα ανθρώπινα θύματα (εργαζόμενοι στα εκδοτήρια εισιτηρίων, λιμενεργάτες, επιβάτες) θα είναι 5. Οπότε:

$$\text{Συν. Κόστ.}_{3} = 5\times10^{6}+[(10\times0{,}5+20\times0{,}2)\times12000]+(5\times1{,}4\times10^{6}) = 14{,}084 \text{ εκ.€}$$

- <u>Στο περιβάλλον γύρω από το λιμάνι:</u> Συνολικό κόστος = υλικές ζημιές + ανθρώπινες ζωές. Λέγοντας υλικές ζημίες αναφερόμαστε στο κόστος επιδιόρθωσης του οδικού δικτύου και την παρακώλυση της συγκοινωνίας που θα προκαλέσει το κλείσιμο του κεντρικού αυτού δρόμου (1 εκ. €), τις ζημιές στα κτίρια γύρω από το δρόμο (15 έστω πενταόροφα κτίρια, με ζημία μέσο όρο κοντά στις 5000 € ανά όροφο), στα παρκαρισμένα αυτοκίνητα και στα οχήματα που κινούνται εκείνη τη στιγμή στο οδόστρωμα (συνολικά γύρω στα 60, με ζημιά της τάξεως του 10%). Επιπλέον υποθέτουμε 10 ανθρώπινα θύματα. Οπότε:

$$\text{Συν. Κόστ.}_{4} = 10^{6}+(15\times5\times5000)+(60\times0{,}1\times12000)+(10\times1{,}4\times10^{6}) = 15{,}45 \text{ εκ.€}$$

<u>Άρα</u>

$$\text{Συν. Κόστ.}_{\text{ολ.}} = \text{Συν. Κόστ.}_{1} + \text{Συν. Κόστ.}_{2} + \text{Συν. Κόστ.}_{3} + \text{Συν. Κόστ.}_{4} \Rightarrow$$

$$\text{Συν. Κόστ.}_{\text{ολ.}} \approx +468{,}7 \text{ εκ. €}$$

- Αν η απόπειρα των τρομοκρατών αποτύχει και οι ίδιοι συλληφθούν, τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος των εκρηκτικών υλών που απώλεσαν, το μέλλον της ίδιας τους τη ζωής, αλλά και το μέλλον της ίδιας τους της οργάνωσης καθώς υποθέτουμε ότι η πλειονότητα των μελλών της είναι επικυρηγμένοι. Έστω, λοιπόν, ότι αυτή η εκδοχή έχει κόστος -20 εκ. €

- Αν η απόπειρα των τρομοκρατών αποτύχει και οι ίδιοι αποφύγουν τη σύλληψη τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος αποτυχίας της αποστολής και το πλήγμα στο κύρος της οργάνωσης. Έστω -5 εκ. €

- Αν η προσπάθεια εγκαταλειφθεί εξαρχής θεωρούμε πως δεν υπάρχει κόστος.

Συνοψίζοντας:

- Επιτυχία αποστολής: +468,7 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής και σύλληψη: -20 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής χωρίς σύλληψη: -5 εκ. €.
- Εγκατάλειψη της προσπάθειας εξ αρχής: 0 εκ. €.

Οπότε βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ο πίνακας απόδοσης (payoff table) των τρομοκρατών (Τ):

Φύλακες (Φ)

Τρομοκράτες (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	-5	-20	468,7	-20	468,7
2	-20	-20	0	0	-5
3	-5	468,7	-20	-20	-20
4	-20	468,7	-20	-20	468,7
5	468,7	-20	0	0	-5

(Πίνακας $Γ_1$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ)

Μπορούμε τώρα με την μέθοδο των **κυρίαρχων στρατηγικών** (dominant strategies) να φτάσουμε σε μια πρώτη προσέγγισης της λύσης του σεναρίου.

Έτσι λοιπόν έχουμε πάλι τον πίνακα απόδοσης των **(Τ)** και παρατηρούμε ότι από την μεριά των τρομοκρατών η στρατηγική **5** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι της **2** (κάθε τιμή της δηλαδή είναι μεγαλύτερη ή ίση από την αντίστοιχη τιμή των στρατηγικών στις οποίες επικρατεί), κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική **2** αυτομάτως φεύγει από τον πίνακα και έχουμε έναν νέο πίνακα απόδοσης:

Φύλακες (Φ)

Τρομοκράτες (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	-5	-20	468,7	-20	468,7
3	-5	468,7	-20	-20	-20
4	-20	468,7	-20	-20	468,7
5	468,7	-20	0	0	-5

(Πίνακας $Γ_2$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ μετά την πρώτη απαλοιφή)

Παρατηρώντας τον νέο πίνακα βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **4** επικρατεί έναντι των στρατηγικών **1** και **3,** κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές αυτές απορρίπτονται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	***4***	***5***
Τρομοκράτες (Τ)	***1***	-20	-20	468,7
	3	468,7	-20	-20
	4	468,7	-20	468,7
	5	-20	0	-5

(Πίνακας $Γ_3$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ μετά τη δεύτερη απαλοιφή)

Για τον νέο πίνακα τώρα βλέπω ότι για τους **(Τ)** η στρατηγική **4** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι των **1** και **3,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	***4***	***5***
Τρομοκράτες (Τ)	***4***	468,7	-20	468,7
	5	-20	0	-5

(Πίνακας $Γ_4$: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ μετά την τρίτη απαλοιφή)

Για τον πίνακα που προέκυψε βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **2** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι της **5,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο πίνακας απόδοσης πλέον γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		2	***4***
Τρομοκράτες (Τ)	***4***	468,7	-20
	5	-20	0

(Πίνακας $Γ_5$: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ)

Στο σημείο αυτό βλέπω ότι έχω φτάσει σε αδιέξοδο καθώς καμία εκ των εναπομεινάντων στρατηγικών δεν επικρατεί σε κάποια από τις άλλες ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Άρα δεν έχουμε σταθερή λύση (unstable solution).

Εφόσον το σενάριο μου δεν εμφανίζει σταθερή λύση προσφεύγω στην λύση που μπορούν να μου προσφέρουν οι μεικτές στρατηγικές (mixed strategies).

Εδώ να επισημάνουμε ότι οι μεικτές στρατηγικές που θα προκύψουν παρακάτω δεν θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τις 4&5 για τους (Τ) και 2&4 για τους (Φ), οπότε τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας επιπλέον περιορισμός που θα διευκολύνει τη λύση του προβλήματος.

3.6.4.2 Linear programming

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο λύσης μπορούμε να υπολογίσουμε τις βέλτιστες πιθανότητες επιλογής κάθε στρατηγικής, καθώς και τη βέλτιστη λύση (payoff), και για τις δύο πλευρές.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής:

Αν χ_i = η πιθανότητα οι (Τ) να επιλέξουν την στρατηγική i (i= 1, 2,…, 5)

και y_j = η πιθανότητα οι (Φ) να επιλέξουν την στρατηγική j (j= 1, 2,…, 5)

τότε η αναμενόμενη απόδοση για τους (Τ) = $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j$ και είναι βέλτιστο εάν ισχύει: $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j \geq \underline{u} = u$ όπου $\underline{u}$ η maximin τιμή για τους (Τ) και u η βέλτιστη λύση.

(u: βέλτιστο payoff και για τις 2 πλευρές)

($\underline{u}$: maximin τιμή, για τους (Τ) και δίνει το μεγαλύτερο από κάθε minimum κέρδος που μπορούν να έχουν)

Εάν τώρα υποθέσουμε ότι για τις καθαρές στρατηγικές των (Φ) ισχύει ότι κάποια εξ αυτών έχει $y_j = 1$ (j=1, 2,…, 5), τότε για τις υπόλοιπες θα ισχύει ότι $y_j = 0$, οπότε ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u$ και αν εκφράσω το $u = x_{m+1} = x_6$ τότε:

$$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq x_6 \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i - x_6 \geq 0$$

Αντικαθιστώντας στην τελευταία μου σχέση τα δεδομένα του προβλήματος μου θα έχω να λύσω το πρόβλημα :

βελτιστοποίηση του χ_6 , όταν

$$p_{11}x_1 + p_{21}x_2 + p_{31}x_3 + p_{41}x_4 + p_{51}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{12}x_1 + p_{22}x_2 + p_{32}x_3 + p_{42}x_4 + p_{52}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{13}x_1 + p_{23}x_2 + p_{33}x_3 + p_{43}x_4 + p_{53}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{14}x_1 + p_{24}x_2 + p_{34}x_3 + p_{44}x_4 + p_{54}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{15}x_1 + p_{25}x_2 + p_{35}x_3 + p_{45}x_4 + p_{55}x_5 - x_6 \geq 0$$

με $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

$x_i \geq 0,$ για $i = 1, 2, ..., 5$

και $x_6 \geq 0$.

Όπου το payoff table είναι το γνωστό από πριν:

Φύλακες (Φ)

		1	***2***	***3***	***4***	***5***
Τρομοκράτες (Τ)	***1***	-5	-20	468,7	-20	468,7
	2	-20	-20	0	0	-5
	3	-5	468,7	-20	-20	-20
	4	-20	468,7	-20	-20	468,7
	5	468,7	-20	0	0	-5

(Πίνακας Γ_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ)

Επειδή όμως εμείς δεν μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι το $x_6 \geq 0$ (δηλαδή ότι το τελικό payoff δεν θα είναι αρνητικό), καθώς στον πίνακα αποδόσεων μου έχω και αρνητικές τιμές, δημιουργώ ένα νέο πίνακα αποδόσεων. Στον νέο αυτό πίνακα έχω προσθέσει ξεχωριστά σε κάθε τιμή το «+20», το οποίο και ισούται με την απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής αξίας του αρχικού μου πίνακα. Έτσι προκύπτει:

Φύλακες (Φ)

		1	*2*	*3*	*4*	*5*
Τρομοκράτες (Τ)	*1*	15	0	488,7	0	488,7
	2	0	0	20	20	15
	3	15	488,7	0	0	0
	4	0	488,7	0	0	488,7
	5	488,7	0	20	20	15

(Πίνακας $Γ_6$: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Γ για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό)

Έχοντας το νέο πίνακα αποδόσεων και γνωρίζοντας ότι για να βρω το τελικό payoff θα πρέπει να αφαιρέσω από $χ_6$ την τιμή 20 προσθέτω τους επιπλέον περιορισμούς που προέκυψαν από την μέθοδο των κυρίαρχων στρατηγικών και λύνω το σύστημα των εξισώσεων μου με το πρόγραμμα solver του excel. Έτσι προκύπτει:

$$x_1 = 0,0000$$
$$x_2 = 0,0000$$
$$x_3 = 0,0000$$
$$x_4 = 0,0393$$
$$x_5 = 0,9607$$
$$x_6 = 19,214$$

Δηλαδή οι (Τ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **4 & 5** με τις παραπάνω προκύπτουσες πιθανότητες ,και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με $χ_6 - 20$ = u = **-0,7863 εκ. €.**

<u>Εαναλαμβάνοντας τώρα την ίδια διαδικασία για τους (Φ) προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:</u>

ελαχιστοποίηση του y_6 , όταν

$$p_{11}y_1 + p_{12}y_2 + p_{13}y_3 + p_{14}y_4 + p_{15}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{21}y_1 + p_{22}y_2 + p_{23}y_3 + p_{24}y_4 + p_{25}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{31}y_1 + p_{32}y_2 + p_{33}y_3 + p_{34}y_4 + p_{35}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{41}y_1 + p_{42}y_2 + p_{43}y_3 + p_{44}y_4 + p_{45}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{51}y_1 + p_{52}y_2 + p_{53}y_3 + p_{54}y_4 + p_{55}y_5 - y_6 \le 0$$

με $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 = 1$

$y_i \geq 0$, για $j = 1, 2, ..., n$

και $y_6 \geq 0$.

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων μου, αφού έχω προσθέσει και τους περιορισμούς της μεθόδου κυρίαρχων στρατηγικών, με το πρόγραμμα solver του excel προκύπτει:

$$y_1 = 0,0000$$
$$y_2 = 0,0393$$
$$y_3 = 0,0000$$
$$y_4 = 0,9607$$
$$y_5 = 0,0000$$
$$y_6 = 19,214$$

Δηλαδή οι (Φ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **2 & 4** με τις πιθανότητες που προέκυψαν παραπάνω και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με **0,7863 εκ. €**. Έχω δηλαδή το ίδιο αποτέλεσμα.

3.6.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

Είναι πλέον εμφανές από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι για το συγκεκριμένο σενάριο, με τις συγκεκριμένες αποδόσεις, αν το παίγνιο μας επαναληφθεί αρκετές φορές τότε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν (payoff του παιγνίου ή value of the game) θα είναι ίσος με **0,7863 εκ. €**. Το αποτέλεσμα αυτό μας δηλώνει ότι σενάριο μας τείνει προς την πλευρά των φυλάκων του πλοίου, ενώ επιπλέον μπορούμε να γνωρίζουμε ποιες στρατηγικές διατίθενται να χρησιμοποιήσουν οι δύο πλευρές και με τι πιθανότητες.

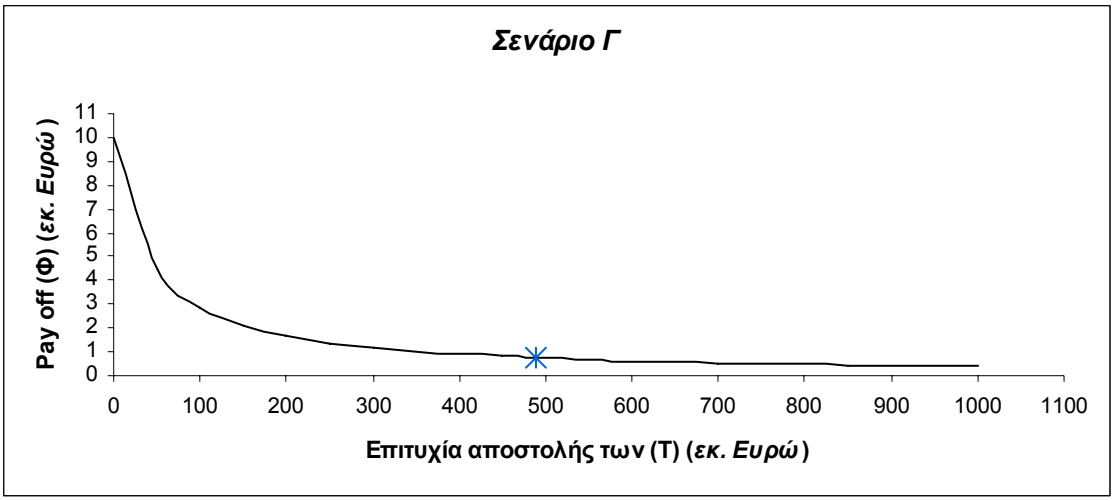
Στόχος μας στο κομμάτι αυτό της εργασίας είναι να κρατήσουμε σταθερά όλα τα δεδομένα επίλυσης του σεναρίου και μεταβάλλοντας (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω) το κέρδος που θα έχει η πιθανή επικράτηση των (Τ) να μελετήσουμε το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου τόσο ως προς το "value of the game" όσο και ως προς την μεταβολή των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών. Έτσι βάση της διαδικασίας που περιγράψαμε, "τρέχουμε" στο excel τη μέθοδο "linear programming" και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Επιτυχία (Τ) - εκ.€	**Payoff (Φ) - εκ.€**	**Πιθανότητες στρατ. των (Φ) %**					**Πιθανότητες στρατ. των (Τ) %**				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1000	0,3846	0,00	1,92	0,00	98,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	98,08
950	0,4040	0,00	2,02	0,00	97,98	0,00	0,00	0,00	0,00	2,02	97,98
900	0,4255	0,00	2,13	0,00	97,87	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	97,87
850	0,4494	0,00	2,25	0,00	97,75	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25	97,75
800	0,4762	0,00	2,38	0,00	97,62	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38	97,62

750	0,5063	0,00	2,53	0,00	97,47	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	97,47
700	0,5405	0,00	2,70	0,00	97,30	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	97,30
650	0,5797	0,00	2,90	0,00	97,10	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	97,10
600	0,6250	0,00	3,13	0,00	96,87	0,00	0,00	0,00	0,00	3,13	96,87
550	0,6780	0,00	3,39	0,00	96,61	0,00	0,00	0,00	0,00	3,39	96,61
488,7	0,7863	0,00	3,93	0,00	96,07	0,00	0,00	0,00	0,00	3,93	96,07
450	0,8163	0,00	4,08	0,00	95,92	0,00	0,00	0,00	0,00	4,08	95,92
400	0,9091	0,00	4,55	0,00	95,45	0,00	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
350	1,0256	0,00	5,13	0,00	94,87	0,00	0,00	0,00	0,00	5,13	94,87
300	1,1765	0,00	5,88	0,00	94,12	0,00	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
250	1,3793	0,00	6,90	0,00	93,10	0,00	0,00	0,00	0,00	6,90	93,10
200	1,6667	0,00	8,33	0,00	91,67	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
150	2,1053	0,00	10,53	0,00	89,47	0,00	0,00	0,00	0,00	10,53	89,47
100	2,8571	0,00	14,29	0,00	85,71	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	85,71
50	4,4444	0,00	22,22	0,00	77,78	0,00	0,00	0,00	0,00	22,22	77,78
0	10,0000	0,00	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00

(Πίνακας $Γ_7$: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας)

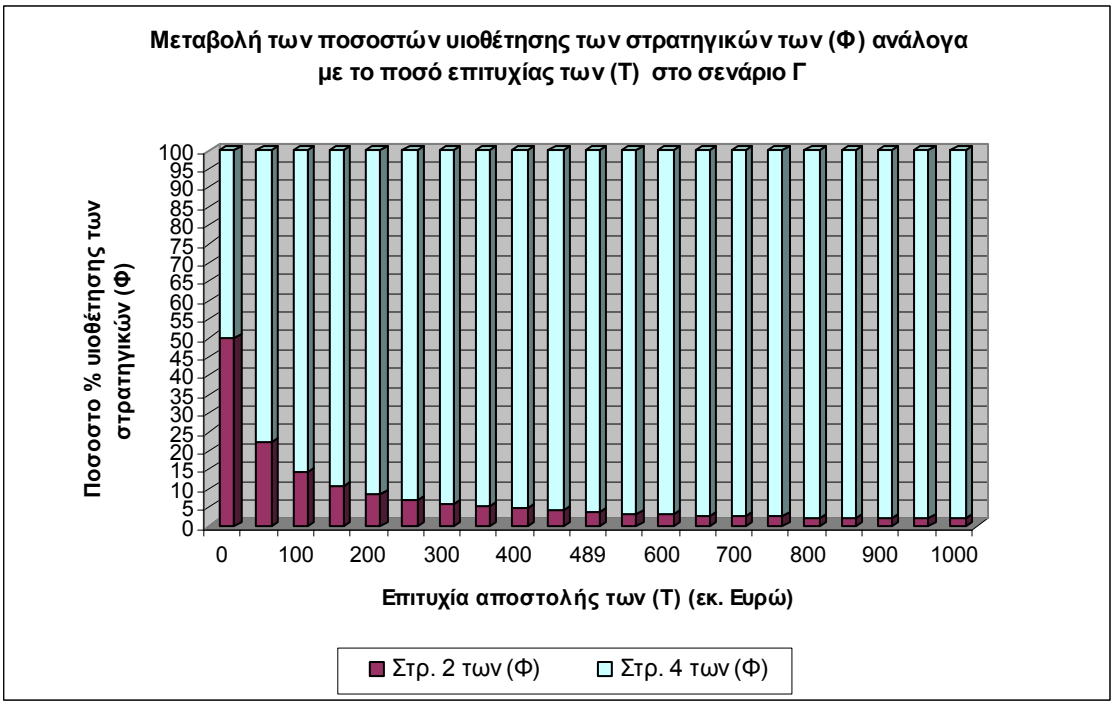
Και από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



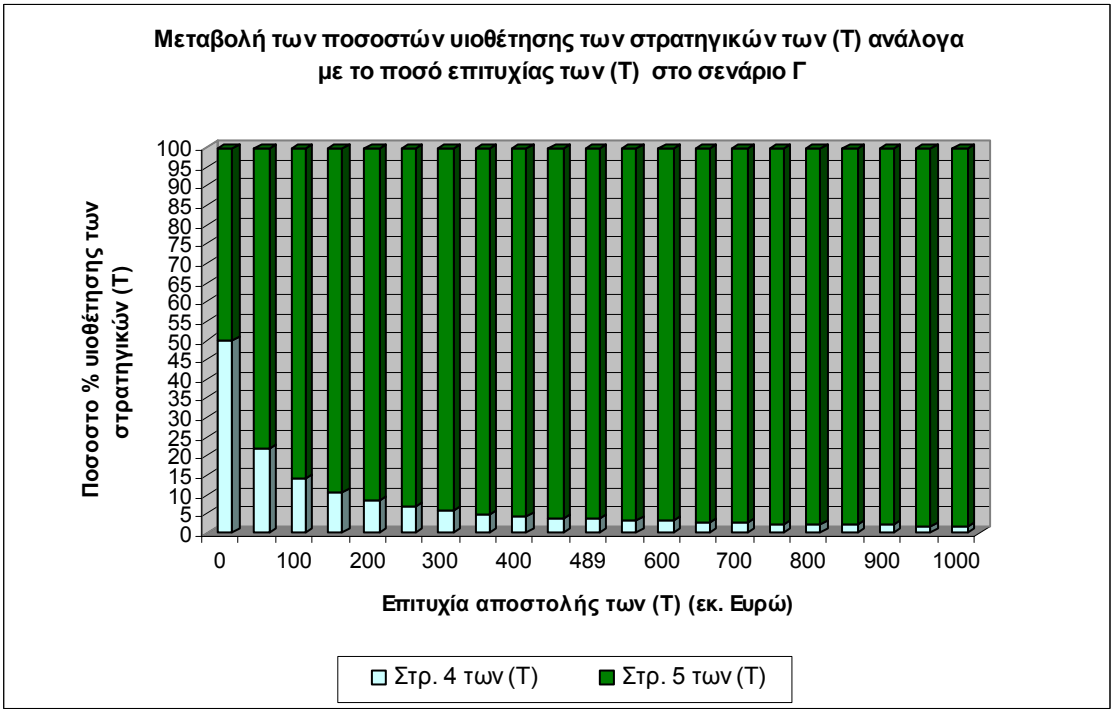
(Γράφημα $Γ_1$: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Όπως αναμενόταν παρατηρούμε στο Γράφημα $Γ_1$ ότι το τελικό payoff του σεναρίου μας μειώνεται με την αύξηση του ποσού επιτυχίας των (Τ) και αντίστροφα αυξάνεται με την μείωση του τελευταίου (το σημείο που εμφανίζεται επάνω στην καμπύλη με γαλάζιο χρώμα είναι η τιμή που αντιστοιχεί στις αρχικές εκτιμήσεις του σεναρίου). Παρότι όμως αυξάνουμε σημαντικά το κόστος των καταστροφών από την απόπειρα των (Τ) παρατηρούμε ότι το "value of the game" δεν γίνεται ποτέ αρνητικό (νίκη των τρομοκρατών). Η εξήγηση του φαινόμενου αυτού βρίσκεται στον Πίνακα $Γ_5$. Ο απομένων πίνακας από την διαδικασία της απαλοιφής των επικρατουσών στρατηγικών μας δείχνει ότι οι (Φ) με την επιλογή της στρατηγικής 4 δεν θα βρεθούν ποτέ να χάνουν το παίγνιο ανεξάρτητα από την επιλογή των (Τ), επομένως το

Γράφημα $Γ_1$ μας επιβεβαιώνει αυτό το συμπέρασμα. Ας δούμε όμως τι συμβαίνει και με τις στρατηγικές των δύο παικτών:



(Γράφημα $Γ_2$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνόμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)



(Γράφημα $Γ_3$: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Από τα γραφήματα των στρατηγικών των δύο παικτών παρατηρούμε καταρχήν ότι είναι ισοπίθανη η επιλογή ανάμεσα στις 4 των (Φ) και 5 των (Τ), όσο και των 2 των (Φ) και 4 των (Τ), επίσης είναι εμφανές ότι όσο μειώνεται το ποσό απόδοσης της επιτυχίας των (Τ) τόσο αυξάνει η πιθανότητα χρησιμοποίησης των στρατηγικών 2 των (Φ) και 4 των (Τ).

Η πρώτη παρατήρηση μπορεί να εξηγηθεί και πάλι από την δομή του πίνακα $Γ_5$, είναι λογικό ο παίκτης (Φ) να χρησιμοποιήσει με μεγάλο ποσοστό τη στρατηγική του 4, αφού στην περίπτωση αυτή δεν χάνει ποτέ· αναμένοντας την λογική αυτή επιλογή ο (Τ) ανταπαντά με την ίδια πιθανότητα στην 5 στρατηγική του που θα του επιτρέψει να αποχωρήσει χωρίς κόστος (η βέλτιστη επιλογή αν οι φύλακες καταλήξουν στην 4 στρατηγική τους). Επιστρέφοντας όμως στον παίκτη (Φ), ο οποίος σαν ορθολογιστής έχει τη δυνατότητα να φανταστεί το πως θα αντιδράσει ο (Τ), θα άφηνε μια μικρότερη πιθανότητα να επιλέξει την 2 στρατηγική του και να αποκομίσει κέρδος (αφού πιστεύει ότι ο (Τ) έχει επιλέξει την 5), αλλά με την ίδια πιθανότητα τότε ο επίσης ορθολογικά σκεπτόμενος (Τ) θα επέλεγε σαν ανταπάντηση την 4 επιλογή του με στόχο να αποκομίσει αυτός κέρδος.

(Φ)

(Τ)	2	4
4	468,7	-20
5	-20	0

(Πίνακας $Γ_5$)

→

(Φ)

(Τ)	2	4
4	0	-20
5	-20	0

(Πίνακας $Γ_8$)

(Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης σεναρίου Γ)

Ως προς τη δεύτερη παρατήρηση τώρα, μας φαίνεται παράλογο ότι με τη μείωση του ποσού επιτυχίας των (Τ) αυξάνει το ποσοστό επιλογής της στρατηγικής 4 από τους τρομοκράτες, και σε αυτό το σημείο όμως υπάρχει λογική εξήγηση. Όσο μειώνεται το πιθανό κέρδος των (Τ) πλησιάζοντας τη μονάδα, οι (Φ) που αρχικά απέφευγαν να επιλέξουν την στρατηγική τους 2, λόγω του μεγάλου κόστους που θα έχει πιθανή ήττα, βλέποντας πλέον ότι οι ενδεχόμενες απώλειες μειώνονται σημαντικά δίνουν περισσότερες πιθανότητες προς το σενάριο αυτό. Αντίστοιχα οι (Τ) βλέποντας ότι οι αντίπαλοι τους έχουν μια επιπλέον κλίση προς την 2 στρατηγική τους ανταπαντούν αυξάνοντας με τη σειρά τους την πιθανότητα να επιλέξουν την δική τους 4.

(Σχήμα 15: Απεικόνιση του πλοίου του σεναρίου μας στο λιμάνι του Πειραιά)

Το πλοίο του σεναρίου μας στο λιμάνι του Πειραιά. Θεωρούμε ότι η έκρηξη που θα προκληθεί θα έχει μεγάλη δραστικότητα σε μια ακτίνα 80 μέτρων, ενώ σε μια επιπλέον ακτίνα 80 μέτρων θα προκαλέσει ζημιές αλλά μικρότερης έκτασης. Η εκρηκτική ύλη που χρησιμοποιείται από τους τρομοκράτες είναι η ANFO, σε ποσότητα 5 κιλών που σε συνδυασμό με το πετρέλαιο που περιέχει το πλοίο θα έχει την προαναφερόμενη ακτίνα δράσης.

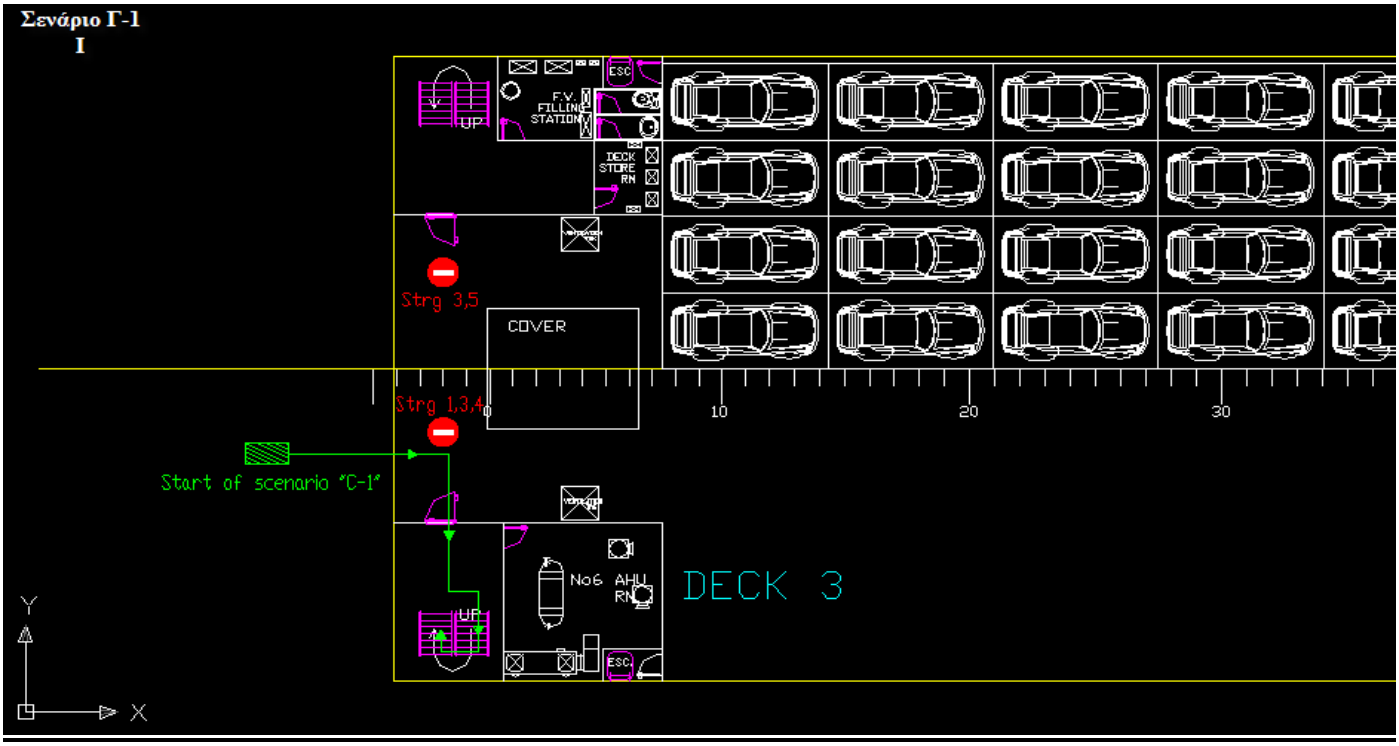
Πληροφοριακά, το όνομα ANFO προέρχεται από τα αρχικά γράμματα των λέξεων Ammonium Nitrate Fuel Oil. Πρόκειται για τη διασημότερη και λίαν οικονομική- μη στρατιωτική εκρηκτική ύλη και χρησιμοποιείται ευρύτατα στα λατομεία και στα δημόσια έργα. Το κυριότερο συστατικό της ANFO είναι η νιτρική αμμωνία, το γνωστότερο δηλαδή λίπασμα γεωργικής χρήσης. Παρότι μπορεί να καταστεί

θανατηφόρα αν αναμειχθεί με άλλα συστατικά, η νιτρική αμμωνία πωλείται σε όλους τους αγροτικούς συνεταιρισμούς, αλλά και στα γεωπονικά καταστήματα της χώρας. Τη δεκαετία του 1950 ομάδα Αμερικανών ερευνητών δημιούργησε το ANFO, το οποίο ετέθη και παραμένει σε μαζική παραγωγή. Αρκετά χρόνια αργότερα το υλικό άρχισε να γνωρίζει ευρύτατη χρήση από τρομοκρατικές οργανώσεις, αφού τα συστατικά του βρίσκονται παντού και είναι ιδιαίτερα οικονομικά. Υπό προϋποθέσεις, ένα κιλό μείγμα νιτρικής αμμωνίας με υδρογονάνθρακα μπορεί να επιτύχει εκρηκτικό αποτέλεσμα μιάμιση φορά ισχυρότερο από ότι το TNT.

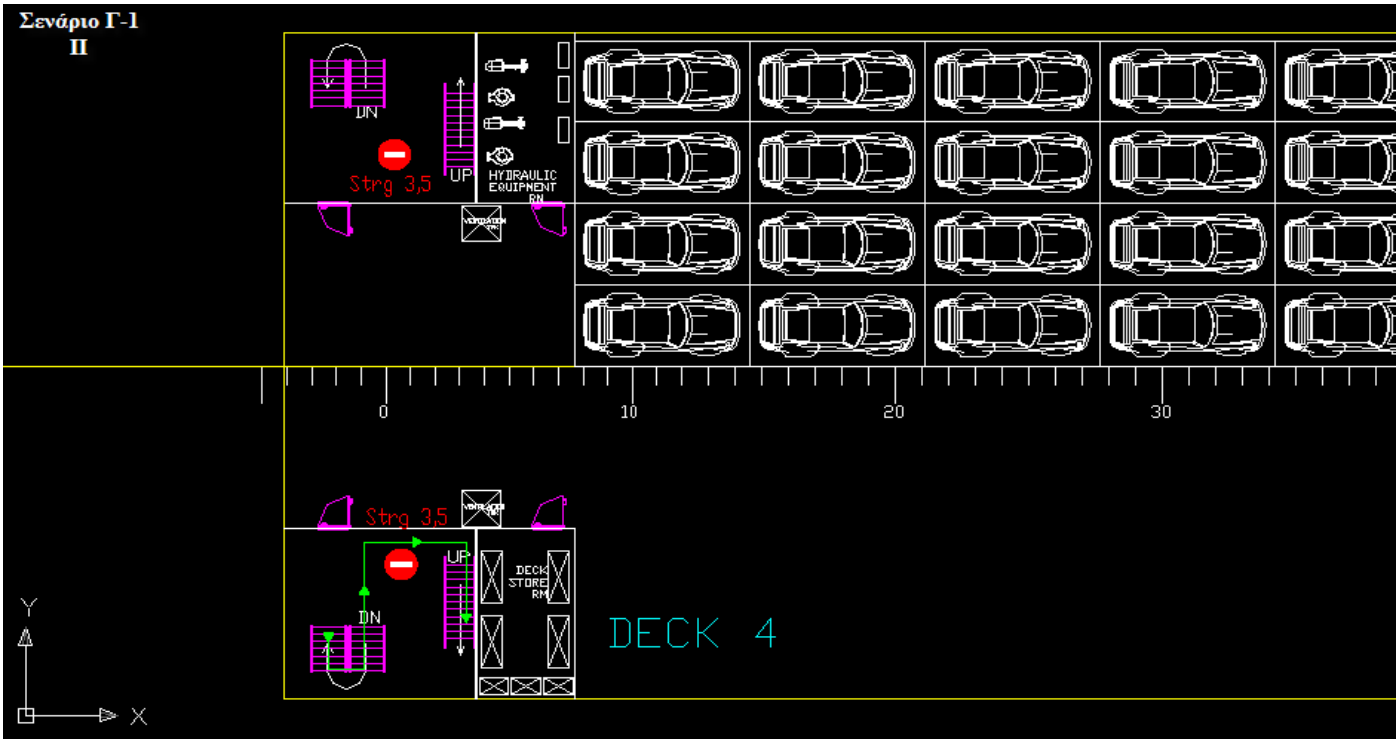
Ακολουθούν τα δρομολόγια των στρατηγικών των (Τ) σε μορφή φωτογραφιών από τη διαδρομή που έχει χαραχτεί στο πρόγραμμα AutoCAD. Με πράσινο χρώμα εμφανίζεται η διαδρομή των (Τ), με κόκκινο χρώμα όσα σημεία φύλαξης από τους (Φ) ήταν δυνατόν να απεικονιστούν και με μοβ οι πιθανοί δίοδοι μετακίνησης των επιτιθεμένων.

3.6.6 Δρομολόγια Στρατηγικών των Τρομοκρατών.

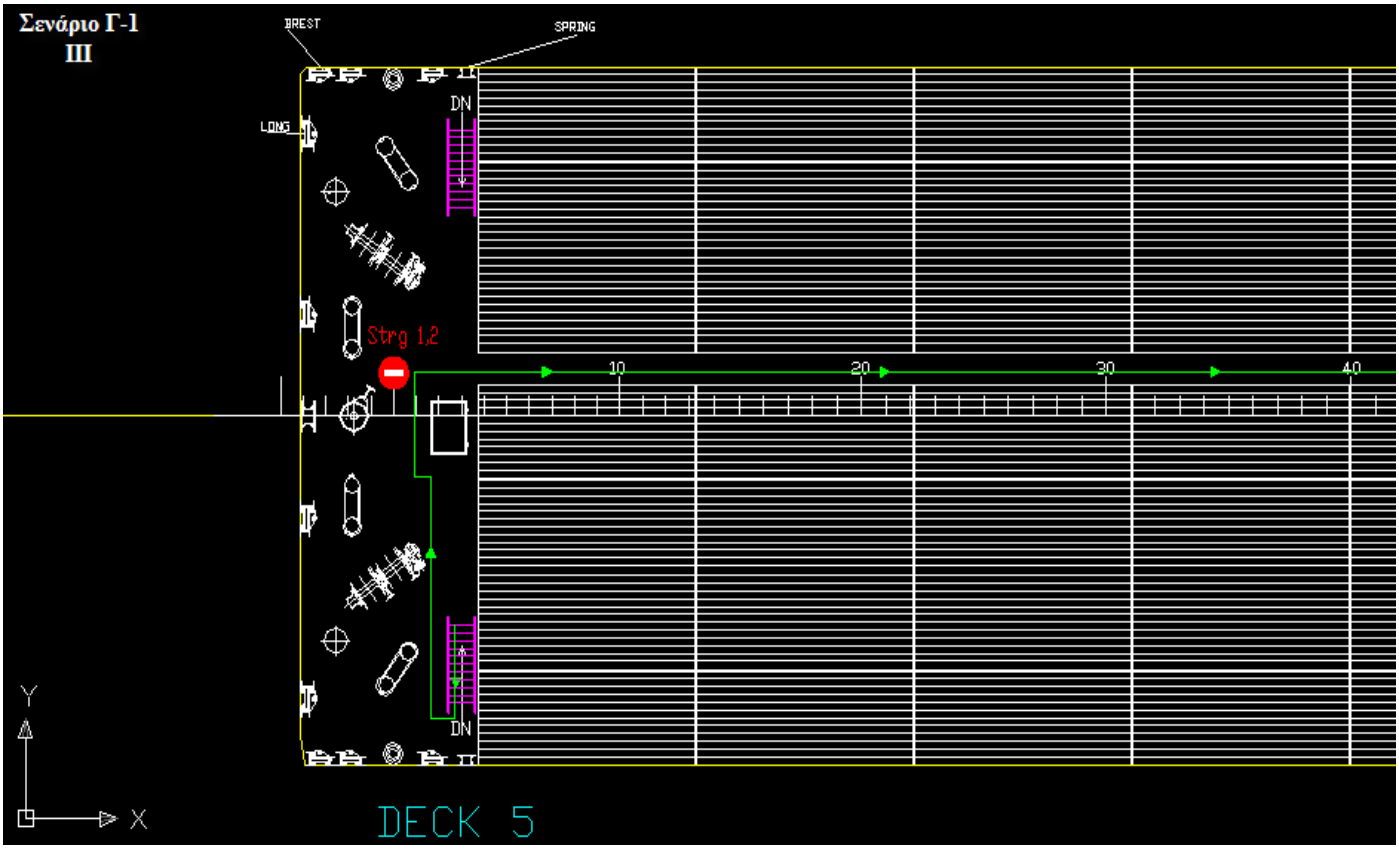
3.6.6.1 Στρατηγική $Γ_1$



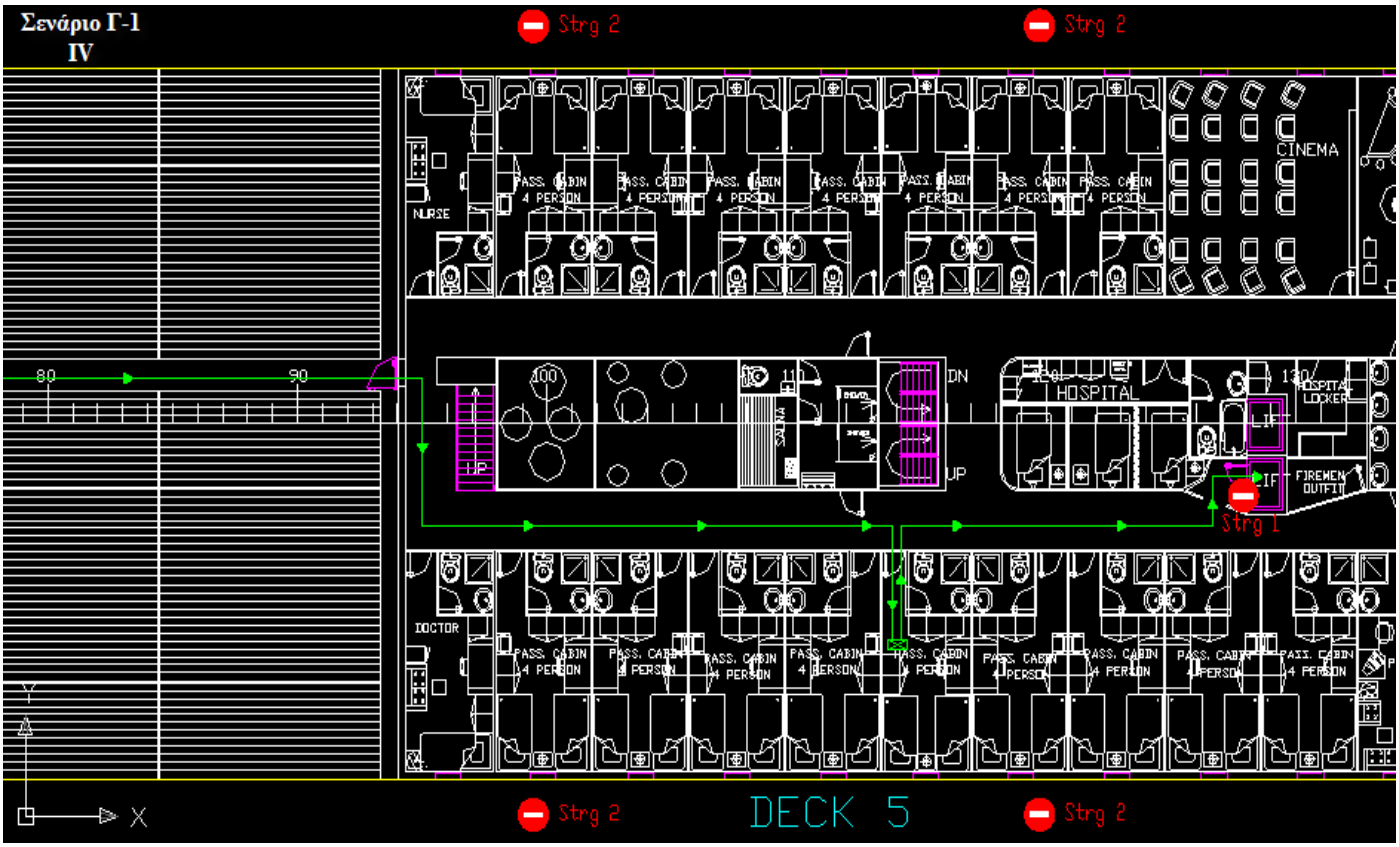
(Σχέδιο $Γ_1$-1)



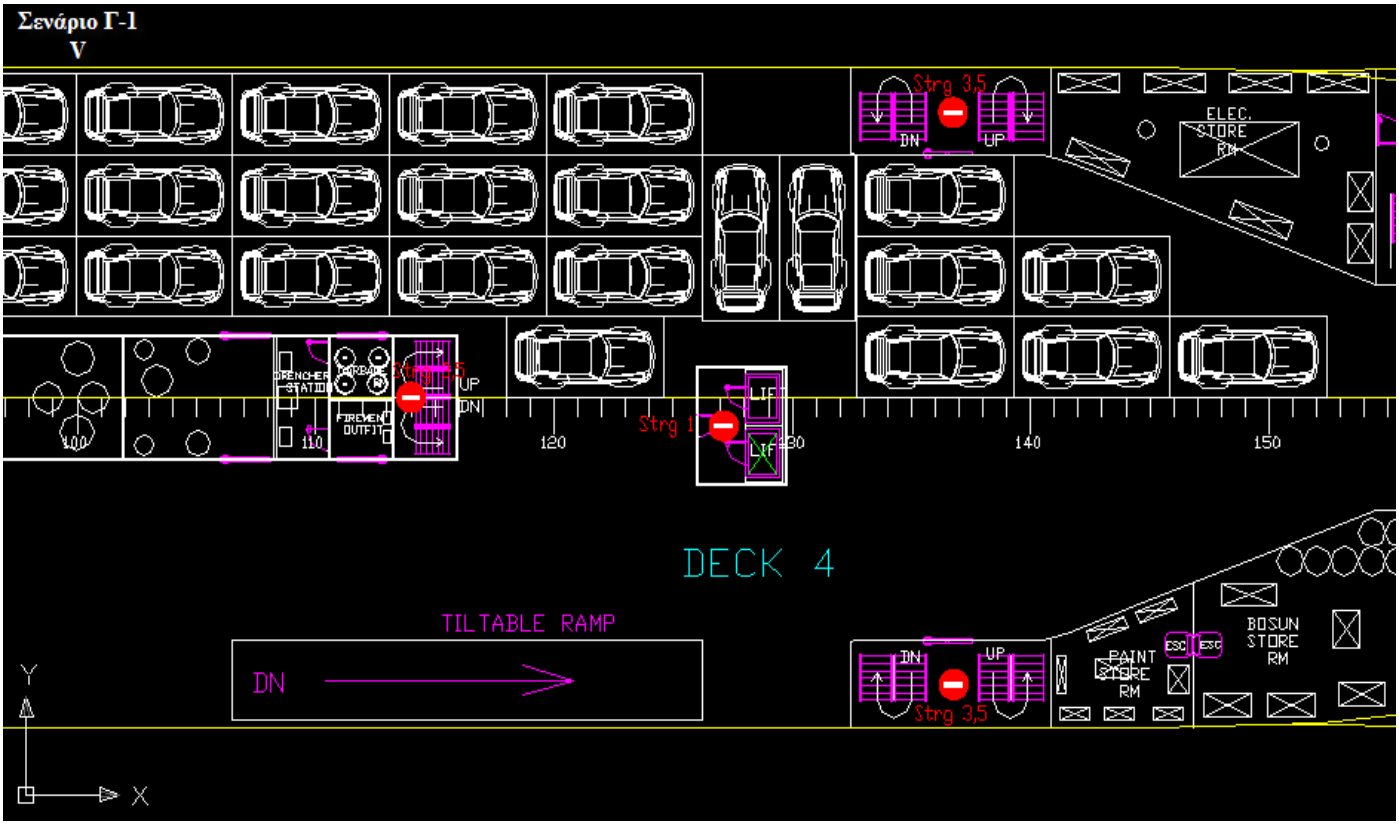
(Σχέδιο $Γ_1$-2)



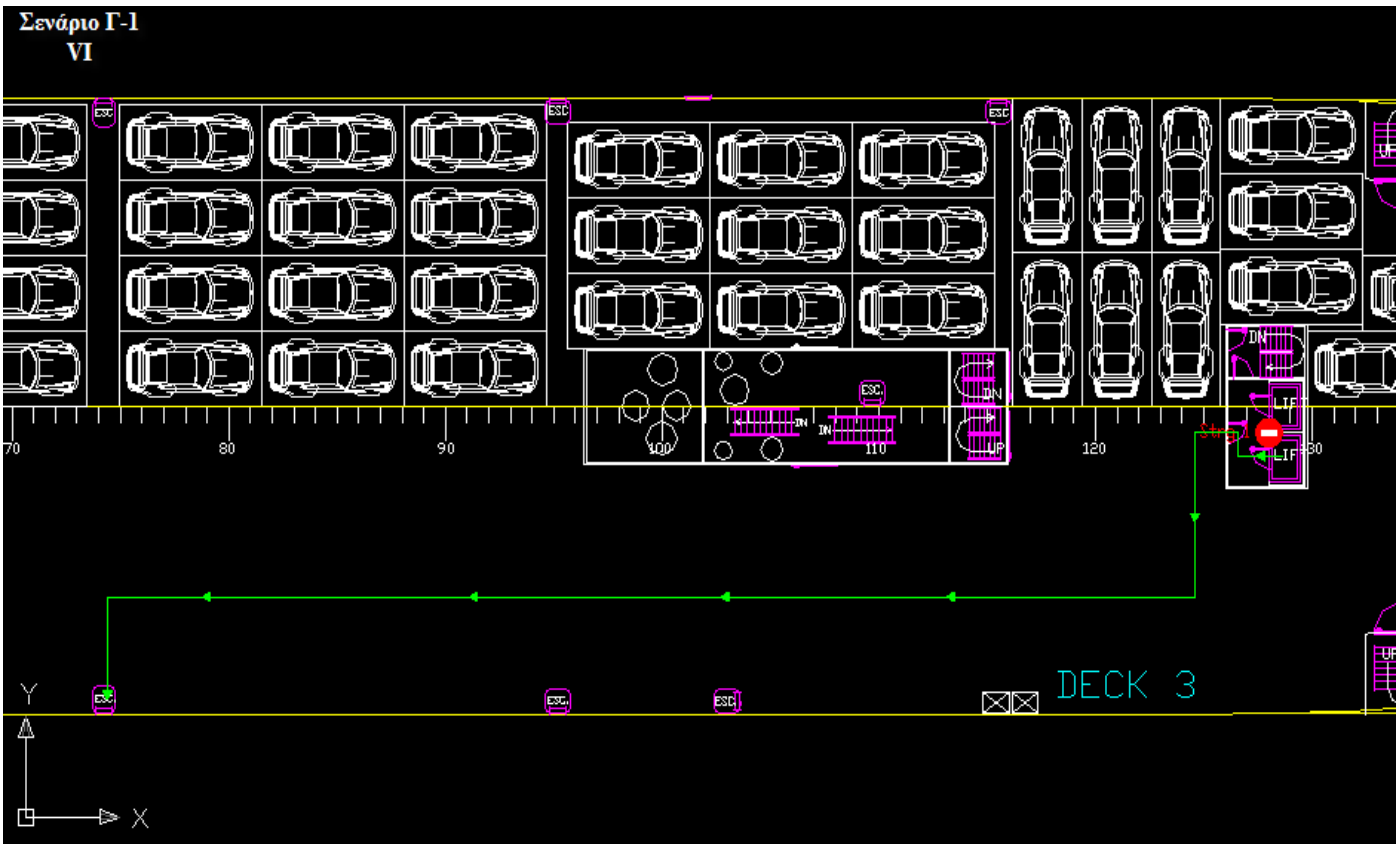
(Σχέδιο $Γ_1$-3)



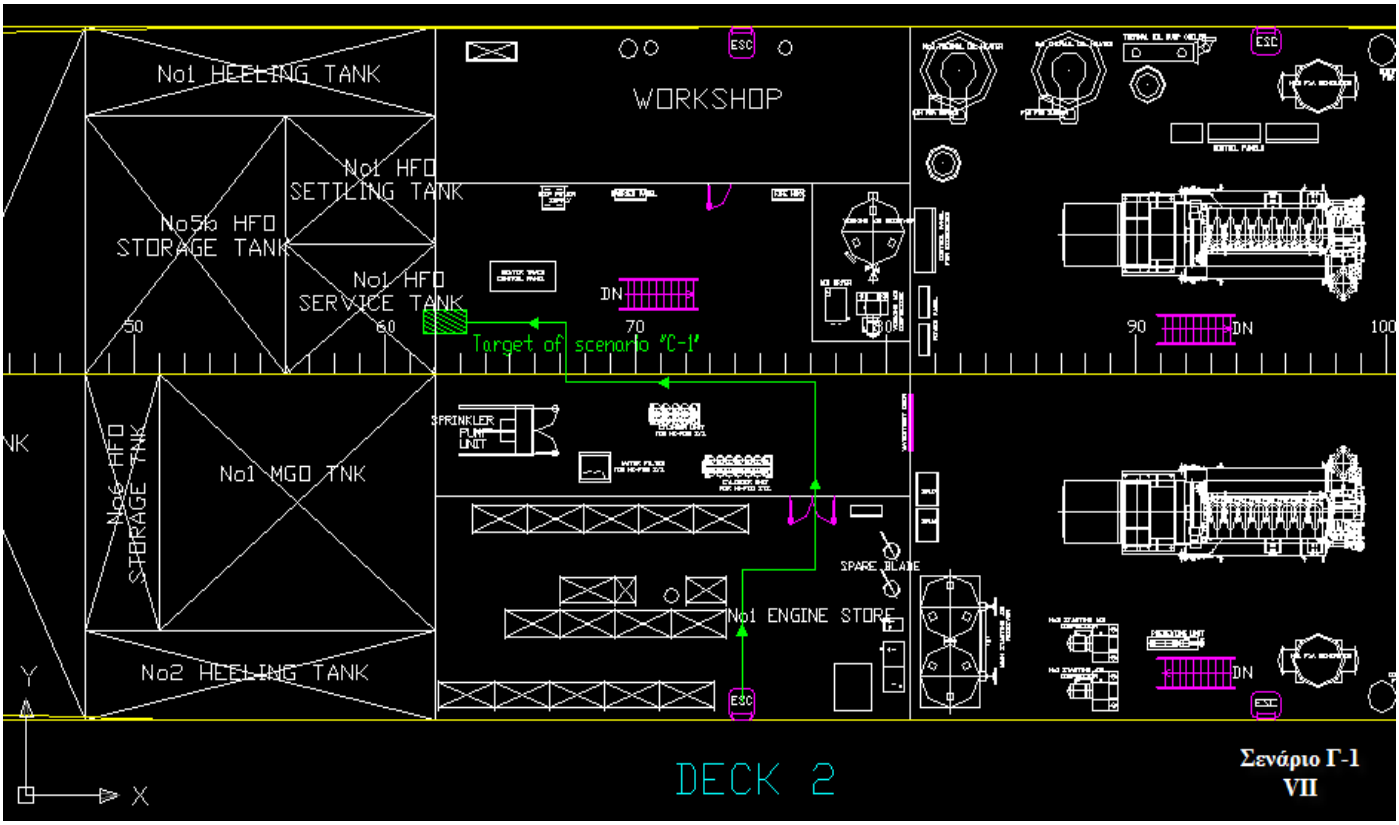
(Σχέδιο $Γ_1$-4)



(Σχέδιο $Γ_1$-5)

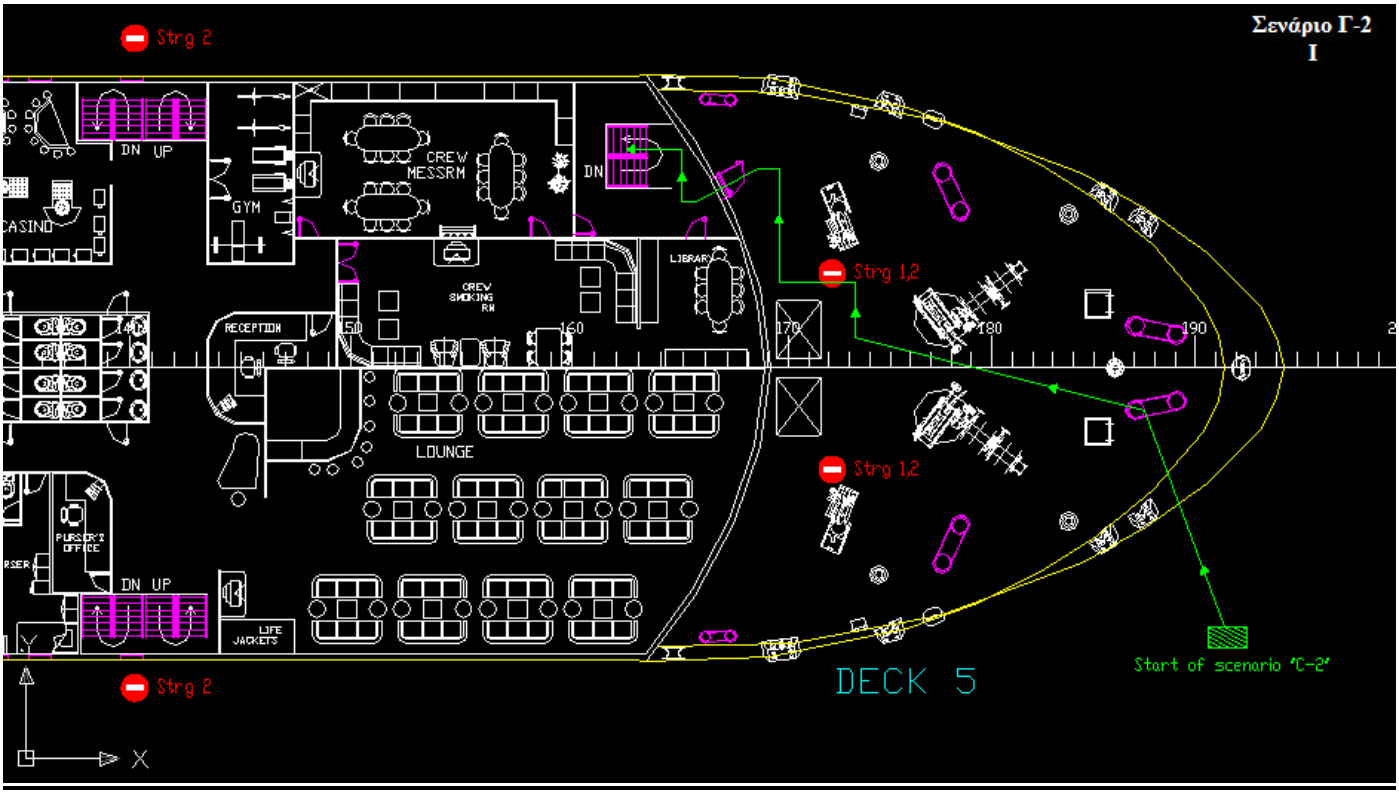


(Σχέδιο $Γ_1$-6)

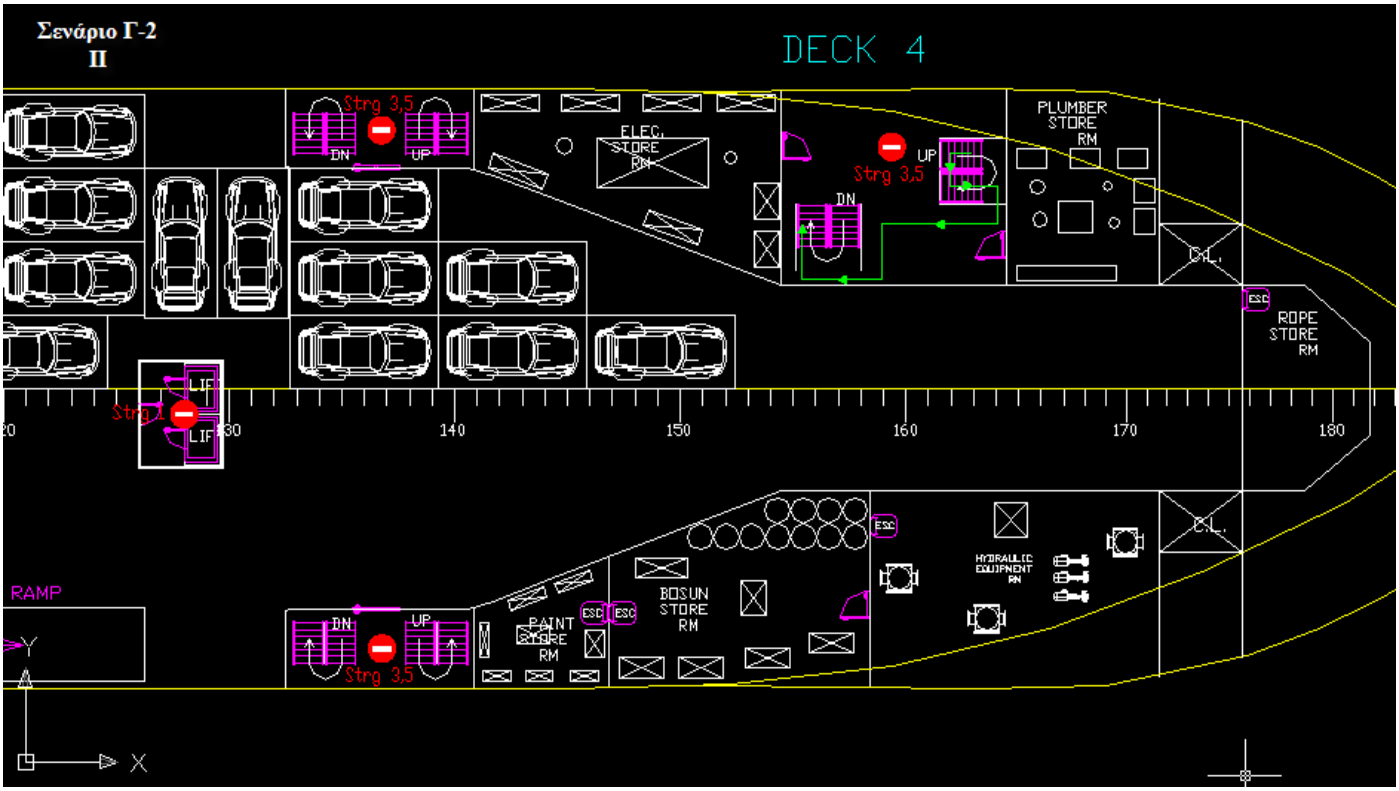

No1 HEELING TANK
WORKSHOP
No1 HFO
SETTLING TANK
No5&6 HFO
STORAGE TANK
No1 HFO
SERVICE TANK
Target of scenario "C-1"
No1 MGO TNK
No6 HFO
STORAGE TNK
No1 ENGINE STORE
No2 HEELING TANK
DECK 2
Σενάριο Γ-1
VII

(Σχέδιο $Γ_1$-7)

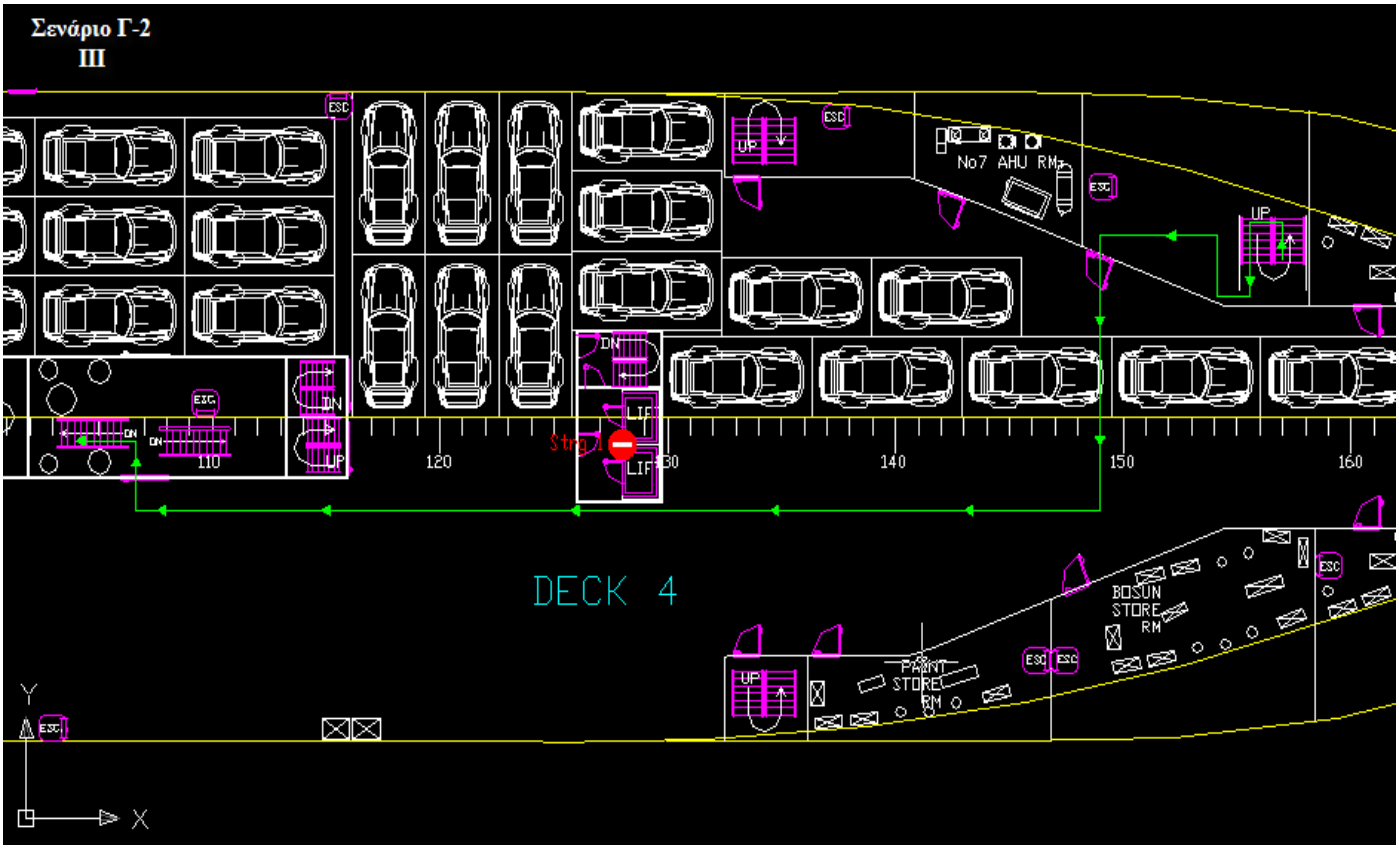
3.6.6.2 Στρατηγική $Γ_2$



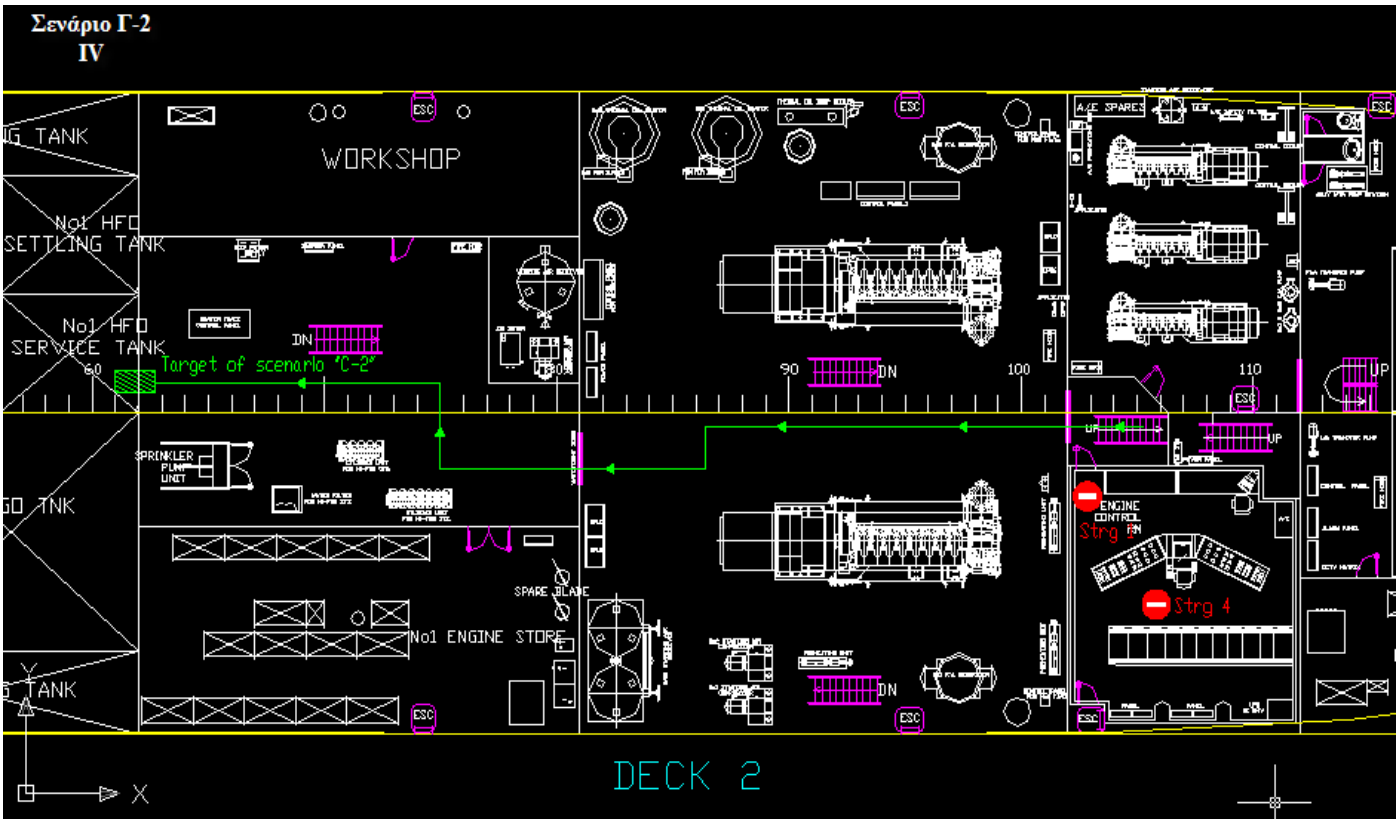
(Σχέδιο $Γ_2$-1)



(Σχέδιο $Γ_2$-2)

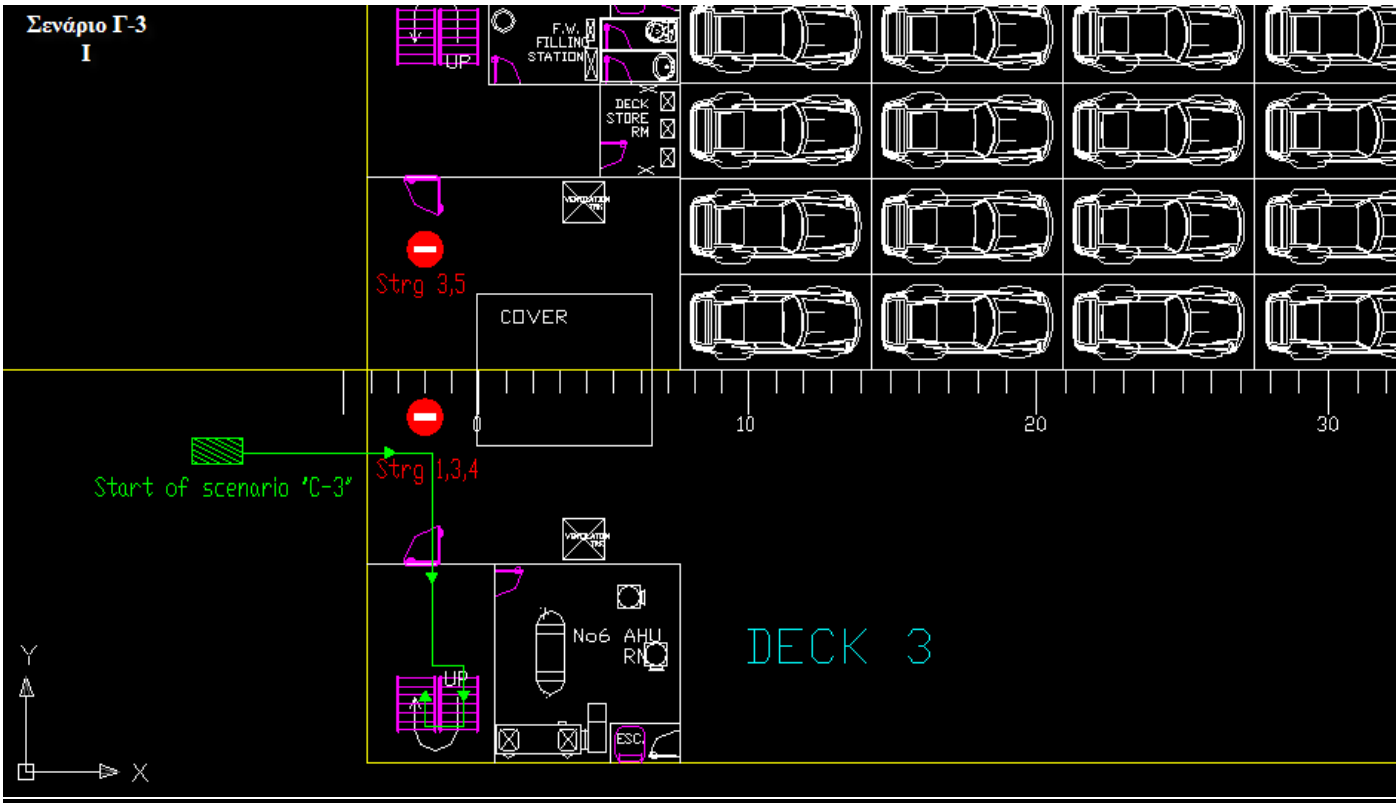


(Σχέδιο $Γ_2$-3)

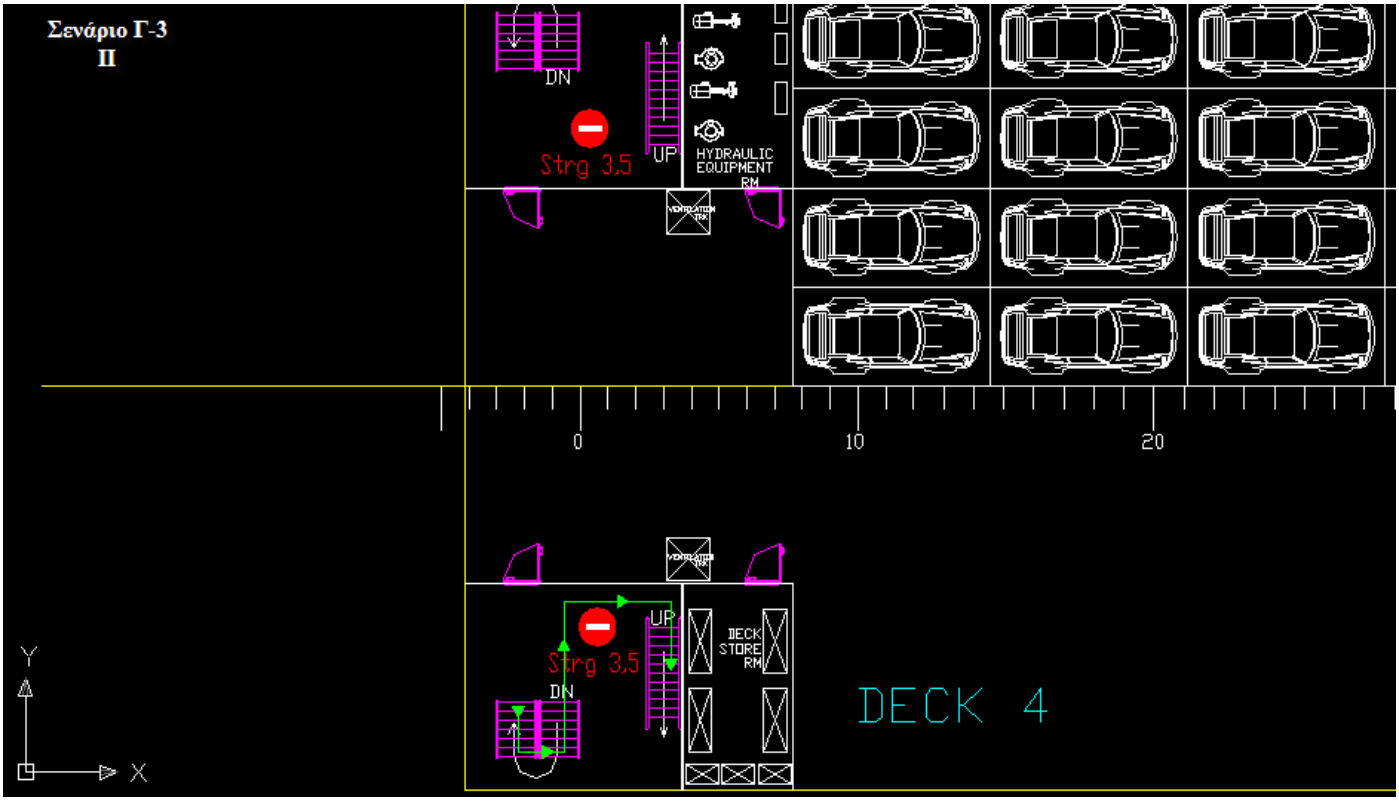


(Σχέδιο $Γ_2$-4)

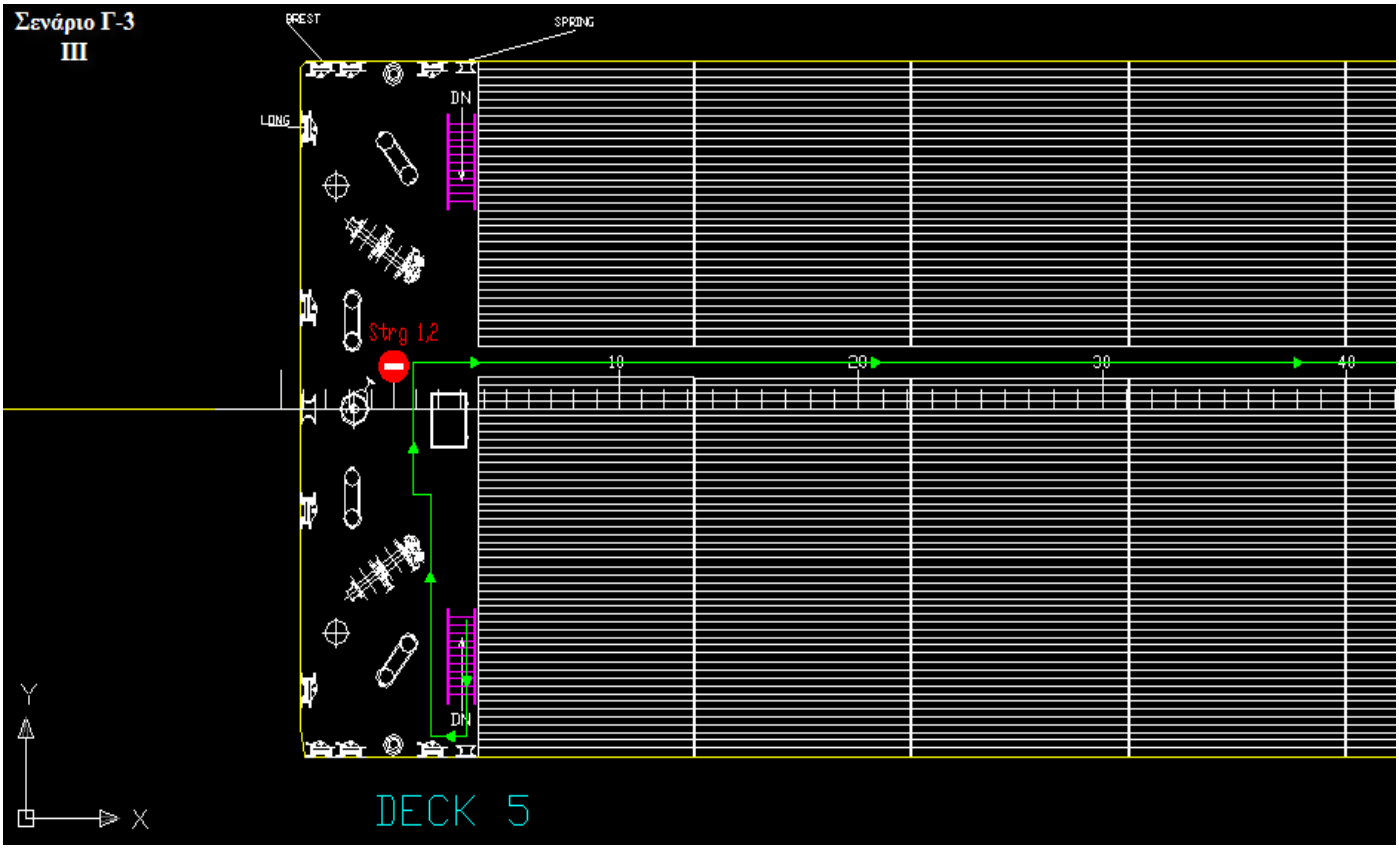
3.6.6.3 Στρατηγική $Γ_3$



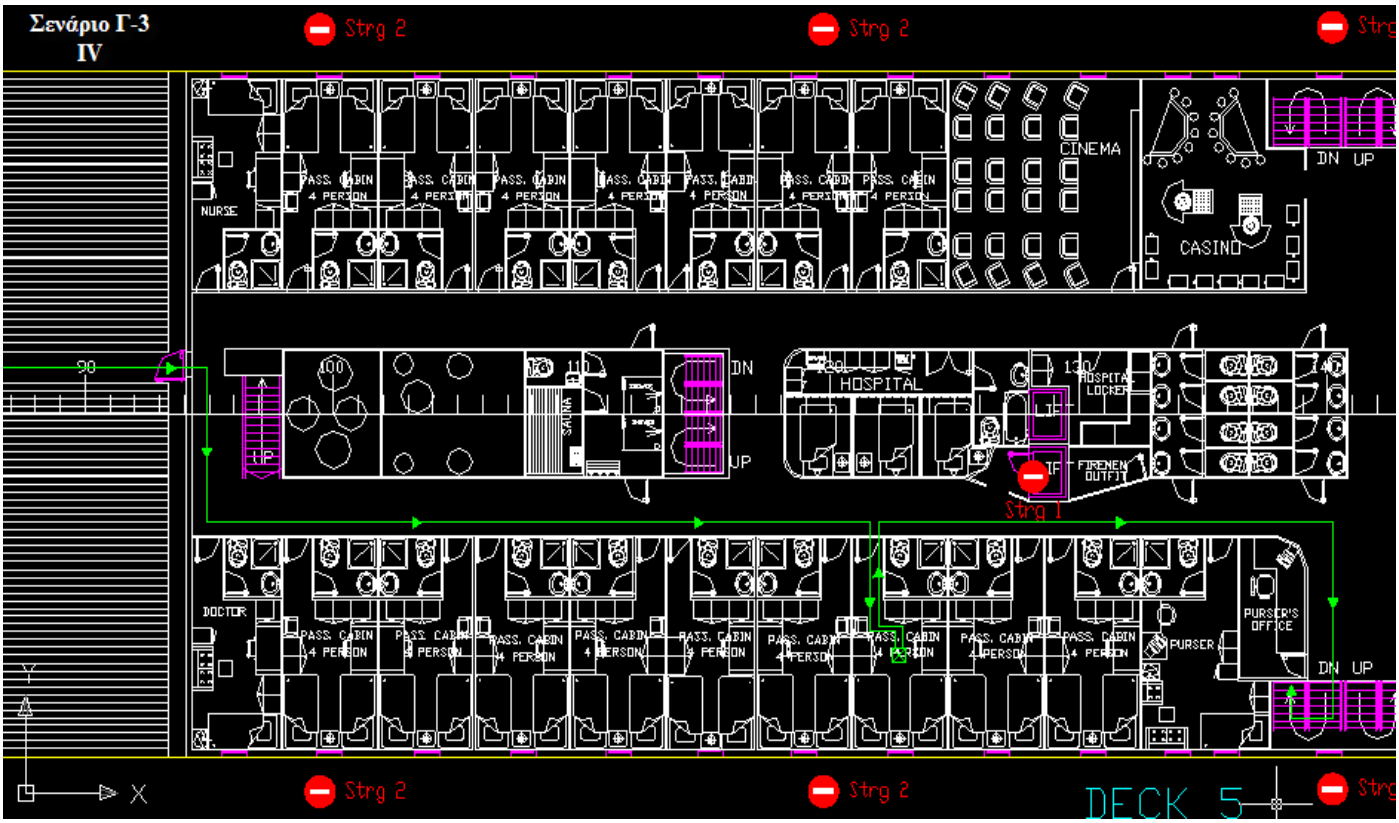
(Σχέδιο $Γ_3$-1)



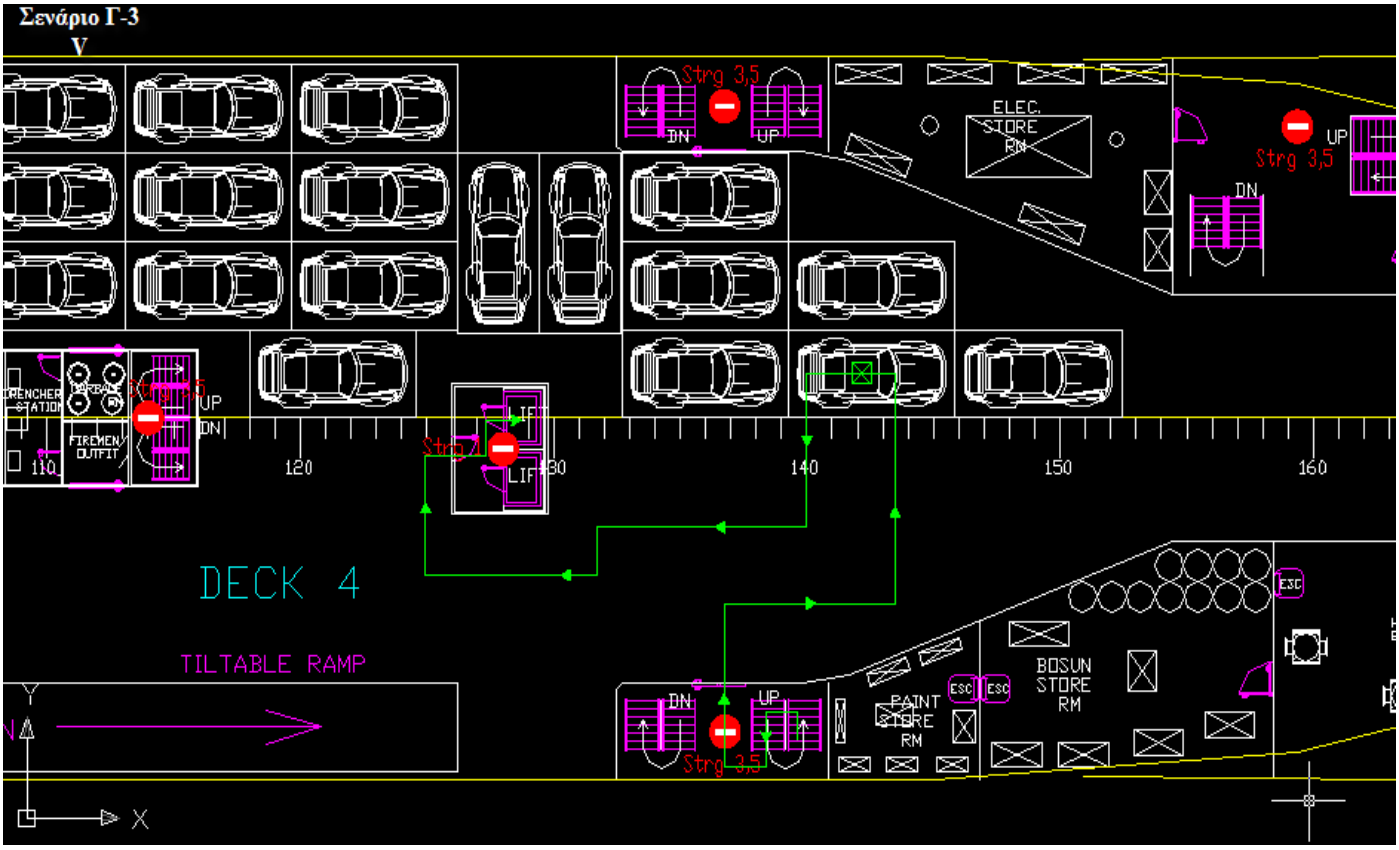
(Σχέδιο $Γ_3$-2)



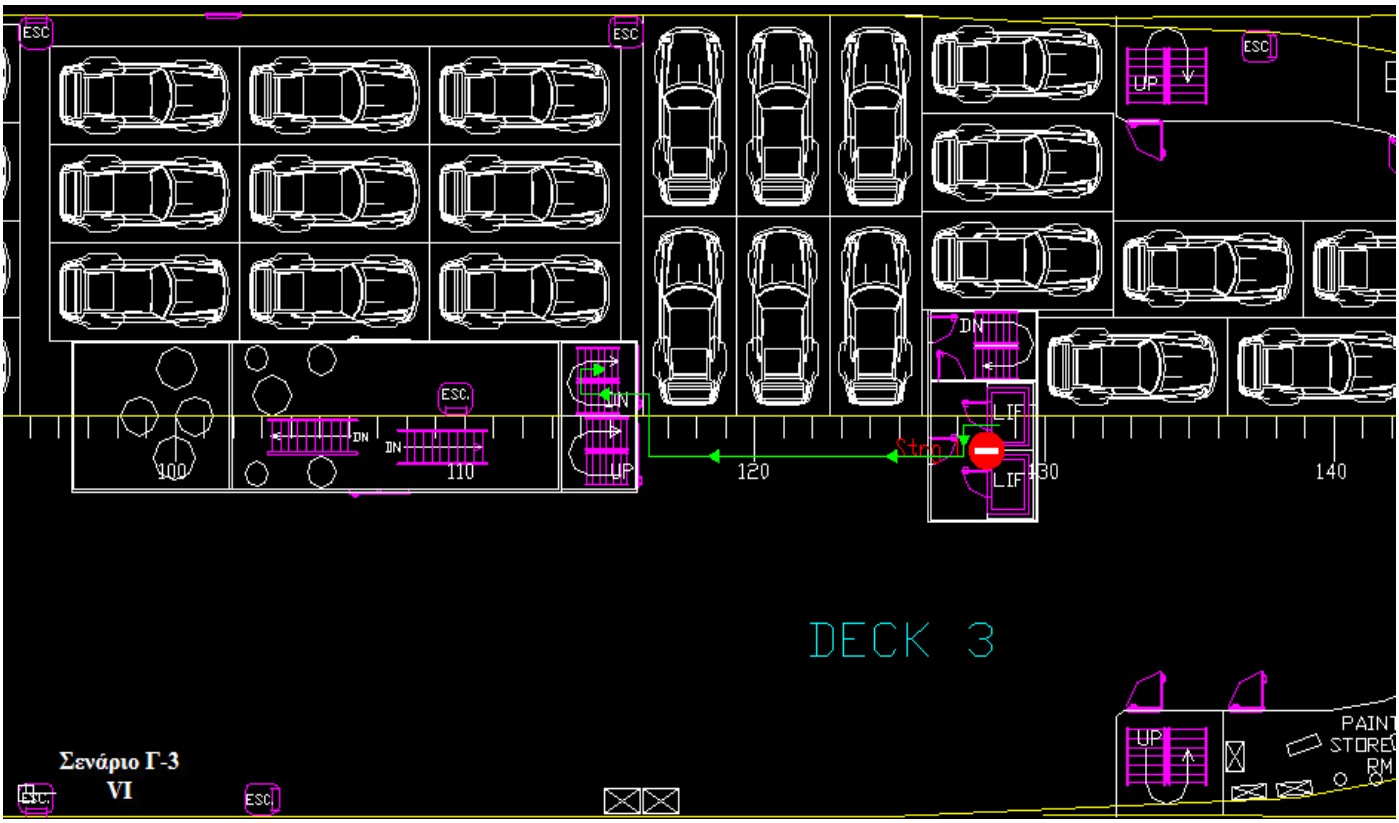
(Σχέδιο $Γ_3$-3)



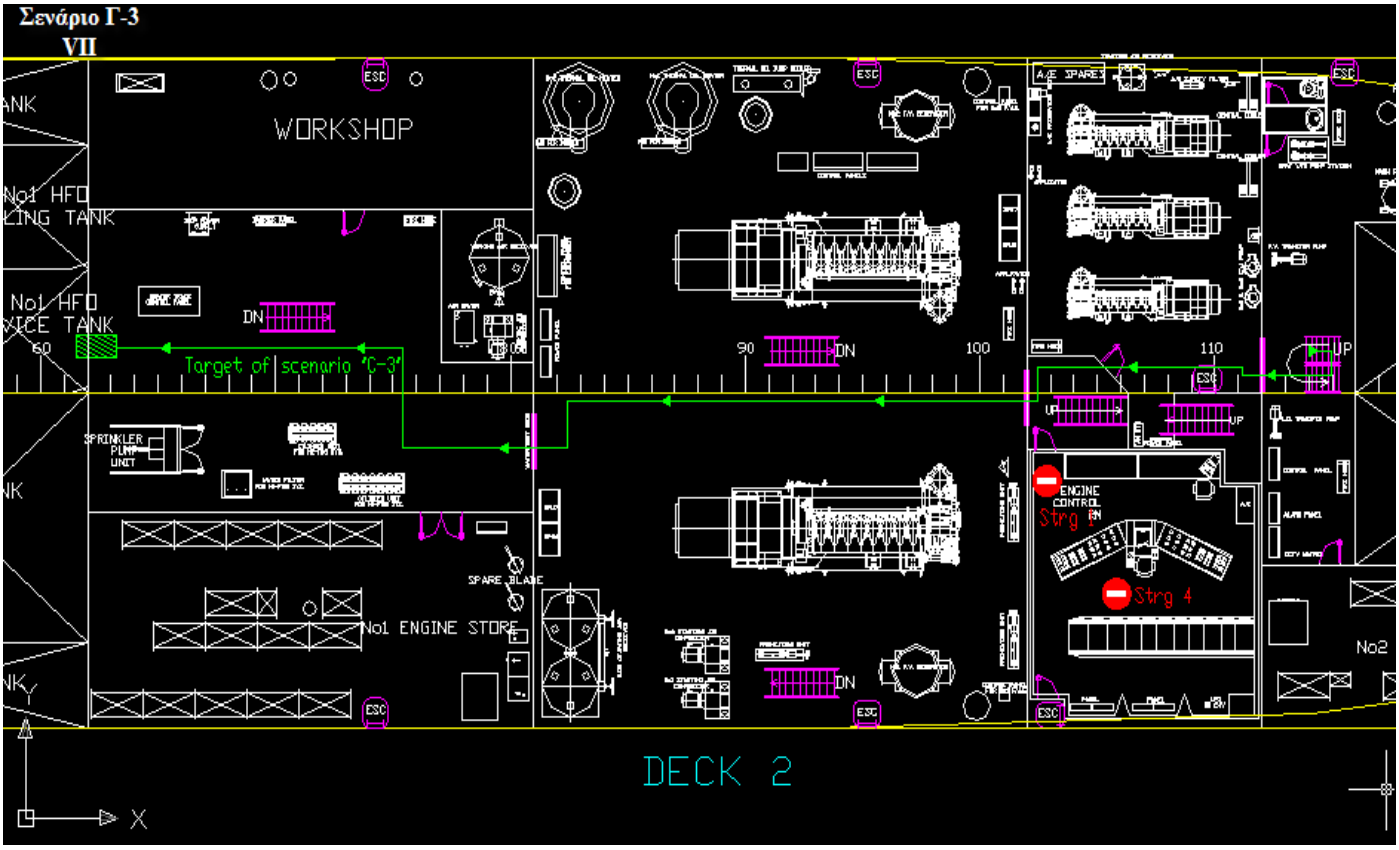
(Σχέδιο $Γ_3$-4)



(Σχέδιο $Γ_3$-5)

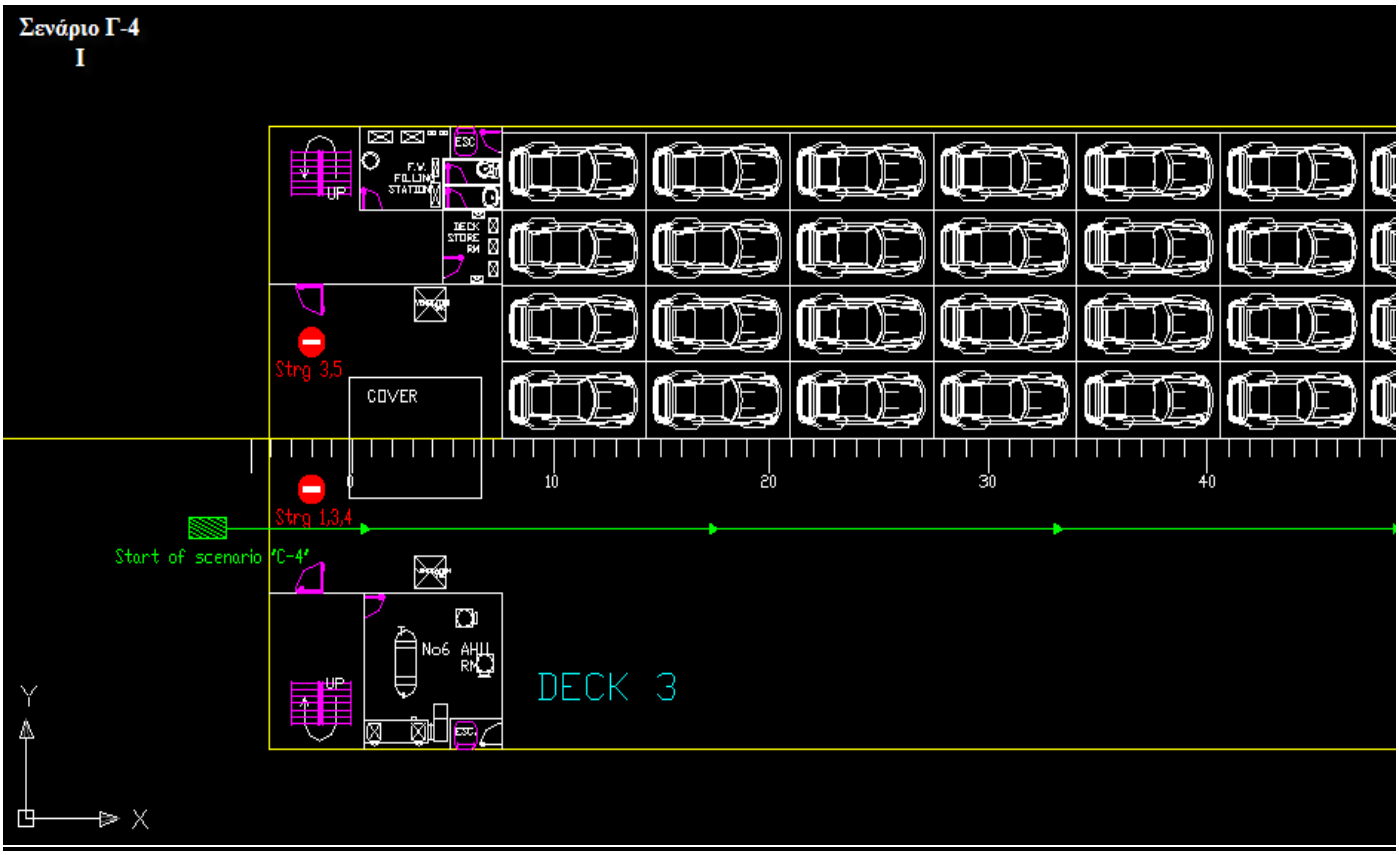


(Σχέδιο $Γ_3$-6)

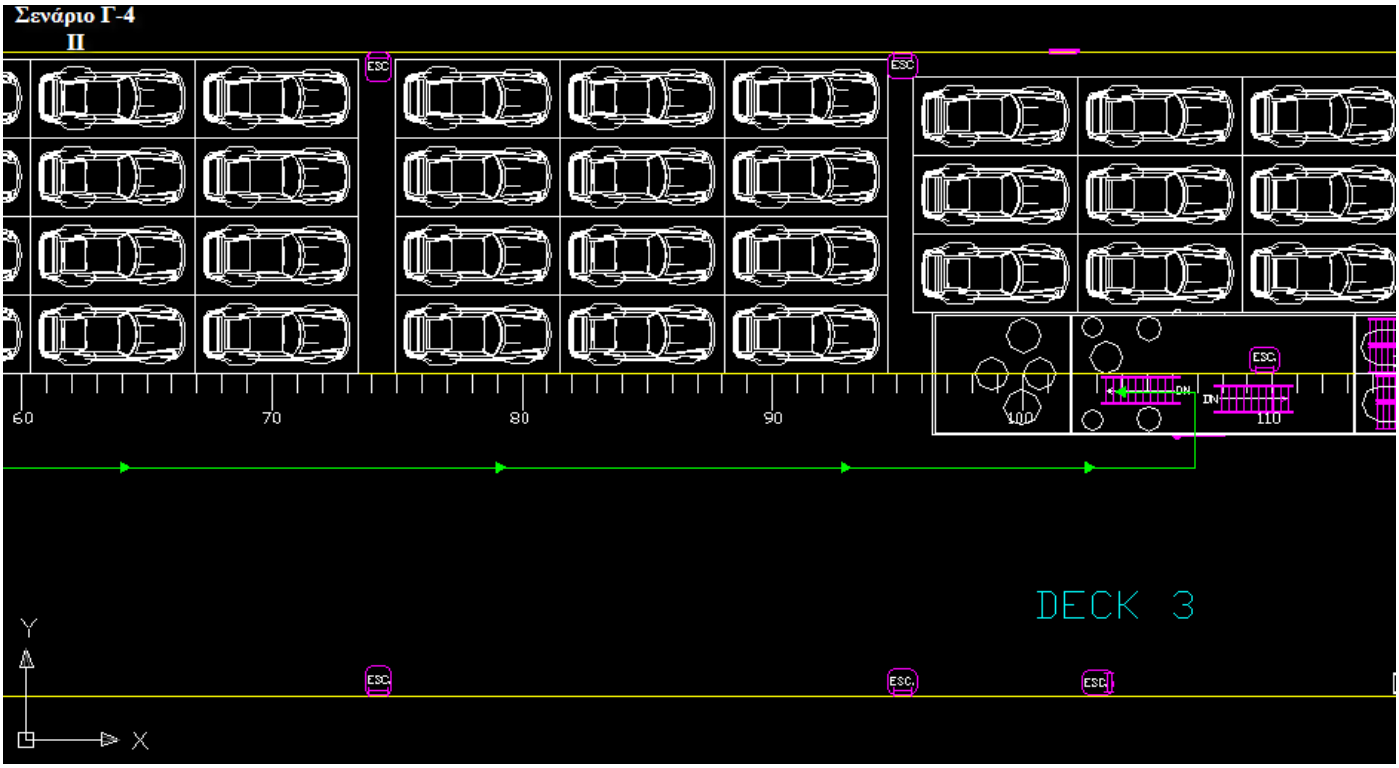

Σενάριο Γ-3
VII
WORKSHOP
No1 HFO
No1 HFO
Target of scenario 'C-3'
SPRINKLER PUMP UNIT
SPARE BLADE
No1 ENGINE STORE
ENGINE CONTROL
Strg 4
No2
DECK 2
X

(Σχέδιο $Γ_3$-7)

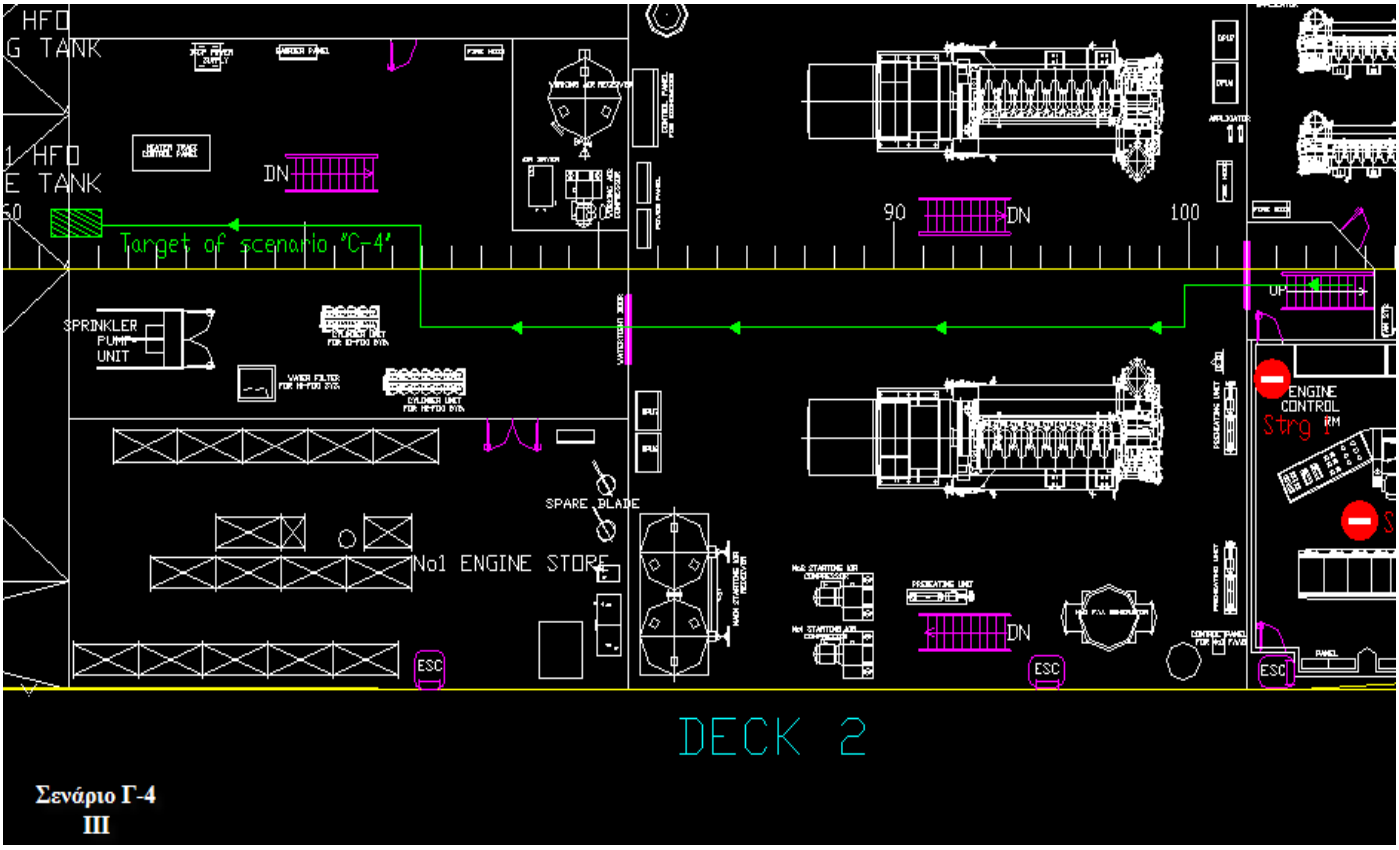
3.6.6.4 Στρατηγική $Γ_4$



(Σχέδιο $Γ_4$-1)

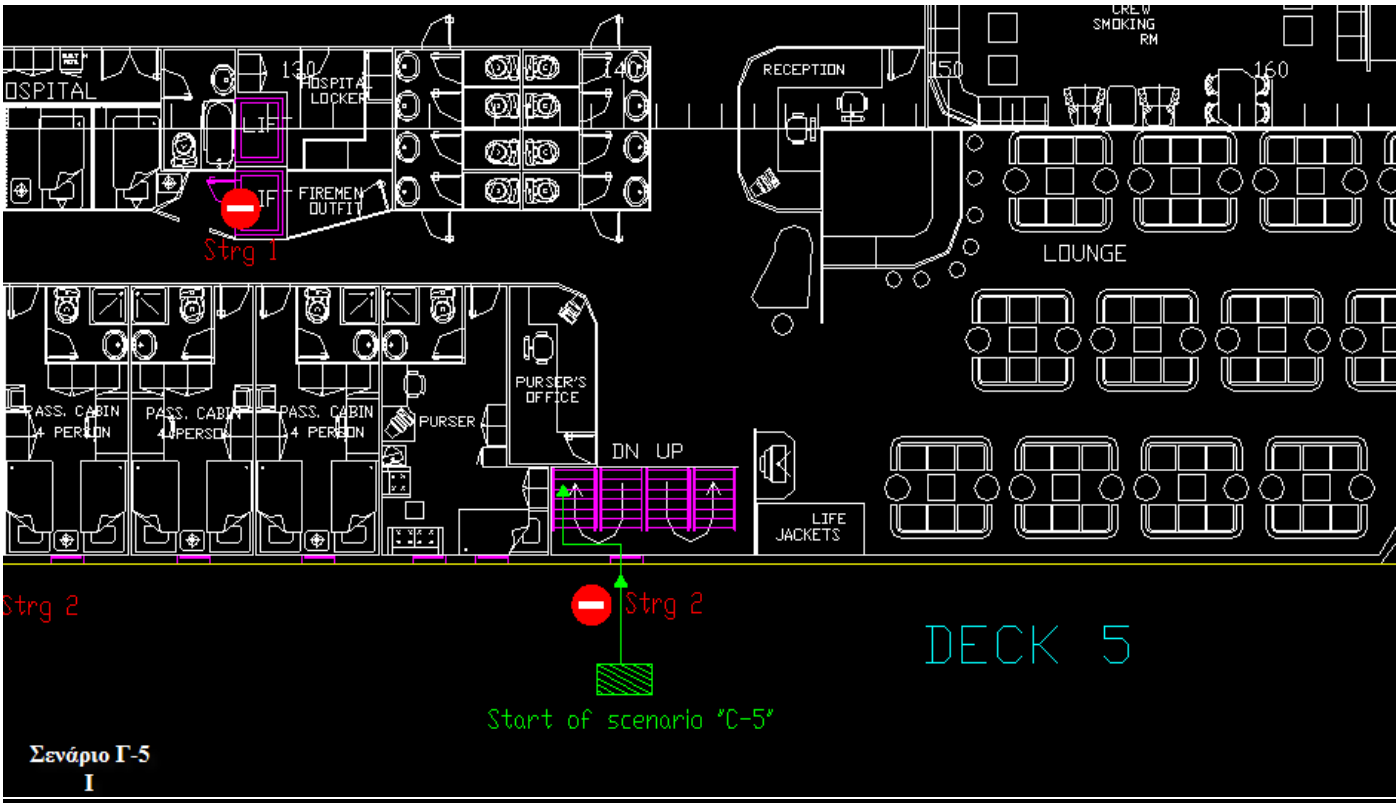


(Σχέδιο $Γ_4$-2)

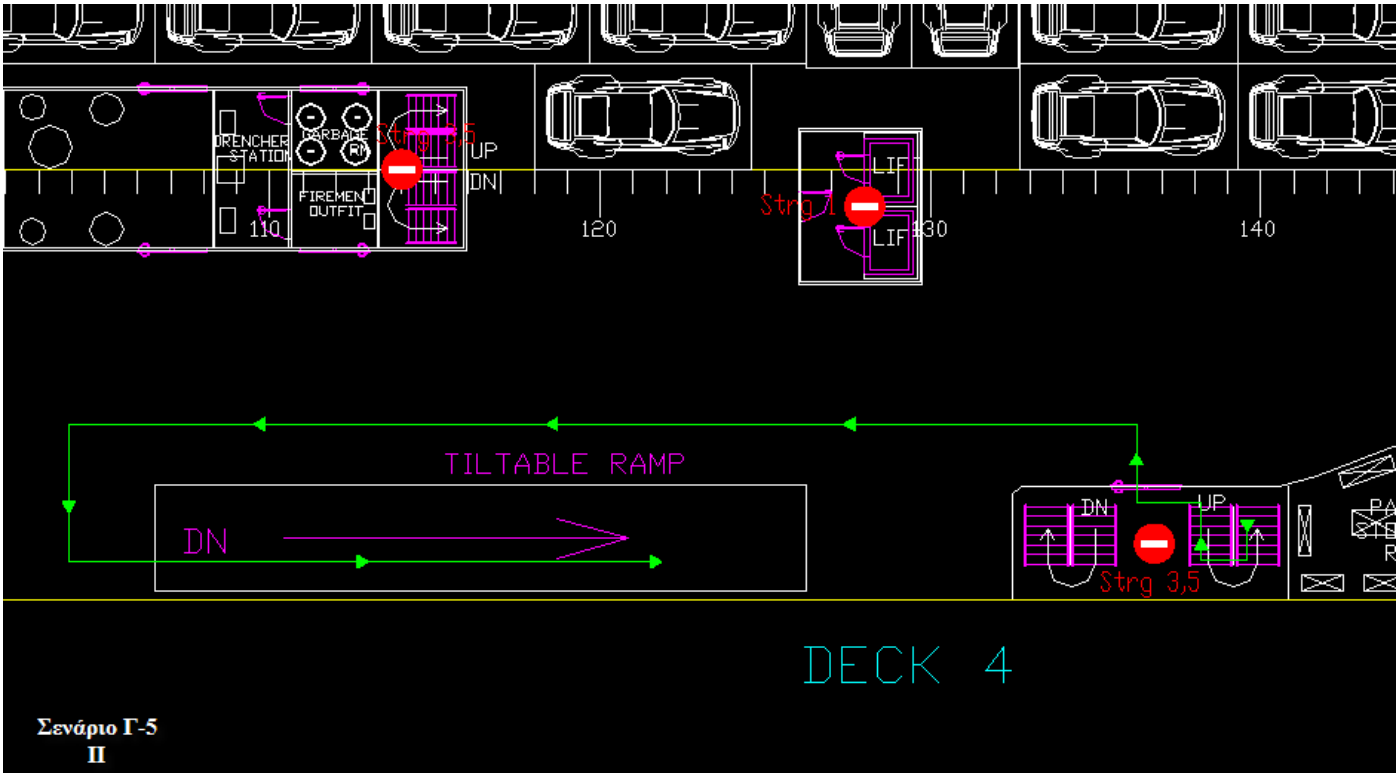

HFO
G TANK
1 HFO
E TANK
DN
Target of scenario "C-4"
90
DN
100
SPRINKLER
PUMP
UNIT
UP
ENGINE
CONTROL
SPARE BLADE
No1 ENGINE STORE
DN
ESC
ESC
ESC
DECK 2
Σενάριο Γ-4
III

(Σχέδιο $Γ_4$-3)

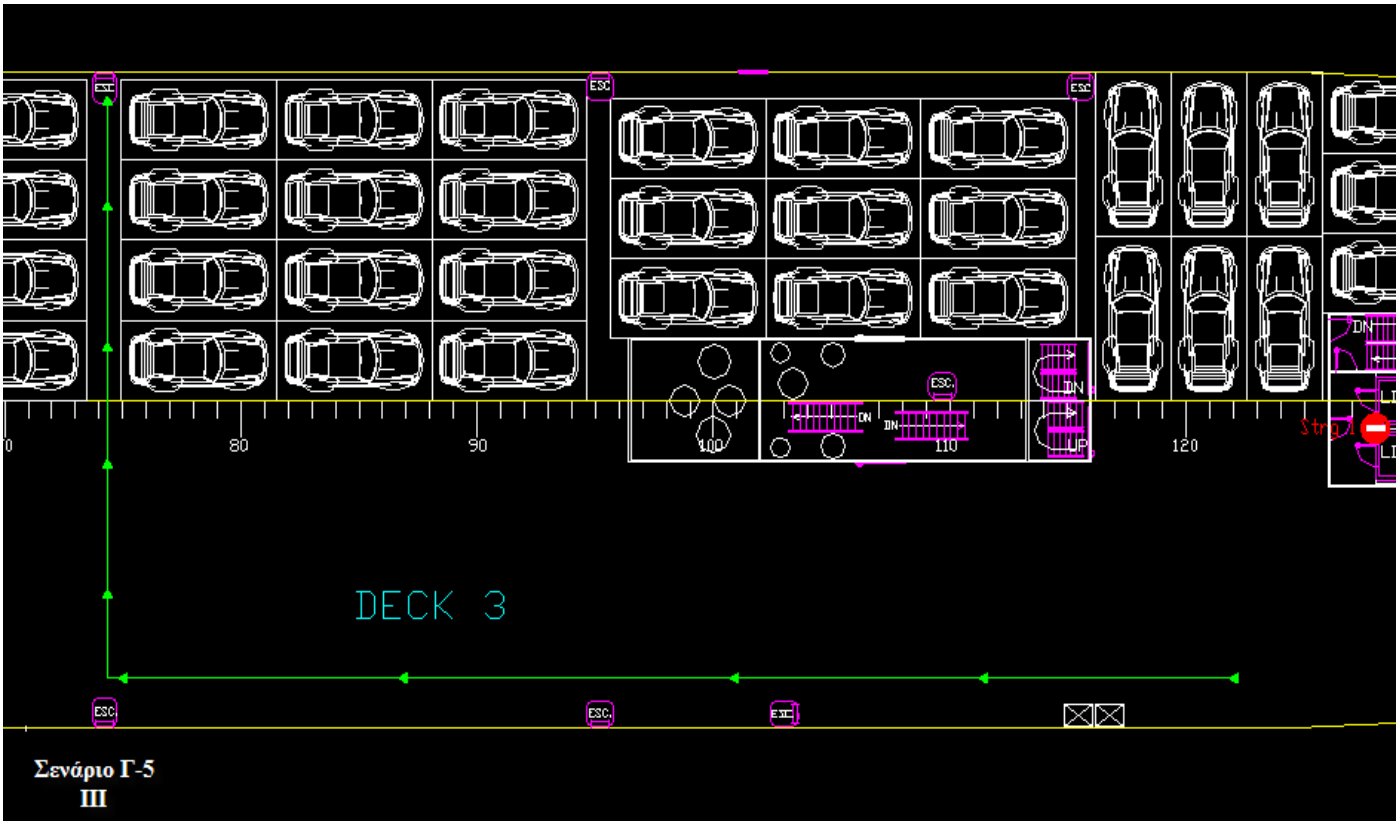
3.6.6.5 Στρατηγική $Γ_5$



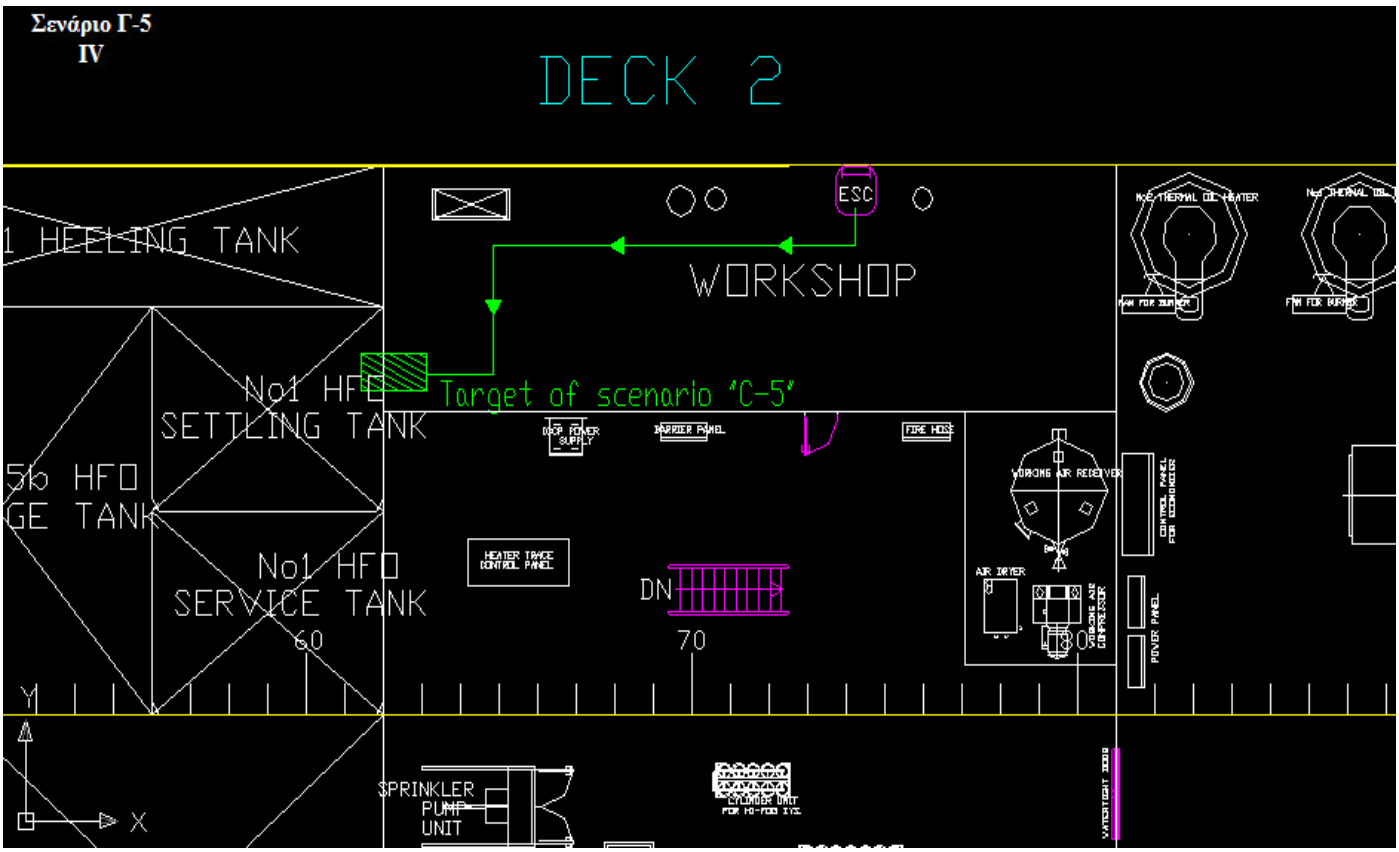
(Σχέδιο $Γ_5$-1)



(Σχέδιο $Γ_5$-2)



(Σχέδιο $Γ_5$-3)



(Σχέδιο $Γ_5$-4)

3.7 ΣΕΝΑΡΙΟ Δ

Ληστές (Τ) εισέρχονται στο πλοίο με σκοπό να ληστέψουν το καζίνο που βρίσκεται σε αυτό.

3.7.1 Στρατηγικές επίθεσης των Ληστών (Τ)

Στρατηγική Δ-1: Ληστές εισέρχονται στο πλοίο ως επιβάτες, έχοντας στις αποσκευές τους κρυμμένα όπλα. Ο στόχος τους είναι κατά τη διάρκεια του ταξιδιού να προκαλέσουν βλάβη στο ηλεκτρικό σύστημα του σκάφους και επωφελούμενοι από το σκοτάδι και τον πανικό να ληστέψουν το καζίνο που βρίσκεται στο πλοίο.

Στρατηγική Δ-2: Ληστές εισέρχονται στο πλοίο αναρριχόμενοι από τις άγκυρες και τους κάβους του, και κουβαλώντας μαζί τους όπλα κατευθύνονται να ληστέψουν το καζίνο που βρίσκεται στο πλοίο.

Στρατηγική Δ-3: Ληστές εισέρχονται κανονικά στο πλοίο, έχοντας κρυμμένα όπλα σε κάποιο όχημα που και αυτό επιβιβάζεται. Κατά το τέλος του ταξιδιού οι ληστές επιστρέφουν στο όχημα και προσπαθούν οπλισμένοι πλέον να κατευθυνθούν στο καζίνο με σκοπό να το ληστέψουν.

Στρατηγική Δ-4: Ληστές εισέρχονται στο πλοίο μεταμφιεσμένοι σε συνεργείο μηχανικών με σκοπό να προκαλέσουν βλάβη στο ηλεκτρικό σύστημα του σκάφους και επωφελούμενοι από το σκοτάδι και τον πανικό να ληστέψουν το καζίνο που βρίσκεται στο πλοίο.

Στρατηγική Δ-5: Ληστές προσεγγίζουν το πλοίο από την παράκτια πλευρά του κατά την περίοδο της νύχτας, ενώ αυτό βρίσκεται στο λιμάνι, και εισέρχονται σε αυτό μέσα από κάποιο φιλιστρίνι οπλισμένοι. Σκοπός τους είναι να ληστέψουν το καζίνο του πλοίου.

Το δρομολόγιο που σκοπεύουν να ακολουθήσουν οι ληστές πάνω στο πλοίο για να εκτελέσουν την κάθε στρατηγική εμφανίζεται στο αντίστοιχο φύλλο του προγράμματος AutoCAD σχεδιασμένο πάνω στη γενική διάταξη του πλοίου, καθώς και στο τέλος του σεναρίου (3.7.7).

3.7.2 Επιλογές Φυλάκων

43. Διαδικασίες ελέγχου ταυτοτήτων οποιουδήποτε ανεβαίνει στο σκάφος και ταυτοποίηση των στοιχείων τους σε περίπτωση συνεργείου.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
44. Δημιουργία ειδικών χώρων (σε συνεργασία με τις λιμενικές αρχές) για τον έλεγχο των επιβατών και των αποσκευών τους.
    (κόστος πραγματοποίησης: 600 €)
45. Έλεγχος οχημάτων που πρόκειται να επιβιβαστούν στο πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 440 €)
46. Σκανάρισμα (x-ray) και έλεγχος των ασυνόδευτων αποσκευών από το λιμάνι ή το πλοίο πριν φορτωθούν.
    (κόστος πραγματοποίησης: 230 €)
47. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 5^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 4^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
48. Περιπολίες στο κατάστρωμα κυρίως ώρες κοινής ησυχίας για την πρόληψη τυχόν ανεπιθύμητων επιβιβάσεων ή ύποπτων μετακινήσεων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 180 €)
49. Επικοινωνία με το λιμάνι για χαρακτηρισμό της παράκτιας πλευράς του πλοίου (όταν αυτό είναι δεμένο στο λιμάνι) ως « μη προσβάσιμη περιοχή » και περιφρούρηση αυτής, καθώς και περιπολίες με βάρκες γύρω από το πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 500 €)
50. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 6^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 7^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
51. Χρήση των ανελκυστήρων μόνο από εξουσιοδοτημένα πρόσωπα με τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος που λειτουργεί με κωδικό πρόσβασης.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)
52. Τοποθέτηση ειδικών φρουρών στην είσοδο αιθουσών του πλοίου που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την λειτουργία του και μπορούν εύκολα να προστατευτούν με ένα φρουρό, όπως η γέφυρα, το δωμάτιο ελέγχου (control room), το δωμάτιο των power supplies και το steering gear room.
    (κόστος πραγματοποίησης: 870 €)
53. Χρήση κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης ή συσκευές αυτόματης ανίχνευσης και ειδοποίησης σε περίπτωση εισβολέα στις περιοχές περιορισμένης πρόσβασης του πλοίου. (Navigation bridge, control stations, rooms with air-condition systems and ventilation, spaces with access to potable water tanks and pumps, power supplies, steering gear room)
    (κόστος πραγματοποίησης: 970 €)

54. Οι επισκέπτες του πλοίου συνοδεύονται.
    (κόστος πραγματοποίησης: 90 €)
55. Έλεγχος κατά την παραλαβή των προμηθειών του πλοίου ώστε να επιβεβαιώνεται ότι δεν υπάρχει τυχόν φθορά ή προσθήκη επικίνδυνων ουσιών, καθώς και ταυτοποίηση ότι δεν φορτώνεται στο πλοίο κάτι επιπλέον από αυτό που έχει παραγγελθεί.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
56. Επαρκής επιπρόσθετος φωτισμός πάνω και γύρω από το πλοίο για διευκόλυνση του έργου των φρουρών και των περιπόλων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)

Κάθε πιθανή επιλογή των φυλάκων του πλοίου συνοδεύεται από ένα κόστος πραγματοποίησης ανά ταξίδι. Η ποσότητα αυτή είναι μια συνάρτηση ανάλογη της δυσκολίας αλλά και του κόστους που εμφανίζει η υιοθέτηση του συγκεκριμένου μέτρου προστασίας. Τα μεγέθη που έχουν προκύψει για κάθε επιλογή φαίνονται αναλυτικότερα στο σενάριο Α.

Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι θεωρούμε ότι οι (Φ) δεν μπορούν καλύψουν όλα τα πιθανά σενάρια απειλής. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την άποψη του κόστους, της επιπλέον απασχόλησης ανθρώπινου δυναμικού αλλά και της σημαντικής πίεσης χρόνου που θα απαιτούσε η εφαρμογή όλων των παραπάνω επιλογών.

Όλες οι παραδοχές και οι συμβάσεις που υποτέθηκαν στο Α σενάριο ισχύουν και εδώ απλά δεν καταγράφονται.

3.7.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)

Οι Φύλακες έχουν το δικαίωμα να ακολουθήσουν όποια στρατηγική θέλουν, η οποία θα είναι συνδυασμός των προαναφερθέντων επιλογών. Στο σημείο όμως αυτό και βάση της παραδοχής που έγινε στην αρχή μπαίνει ο περιορισμός ότι η κάθε πιθανή στρατηγική δεν θα υπερβαίνει τα ‘‘1800 €/ταξίδι’’ κόστους πραγματοποίησης.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-5 όπου:

Φ-1 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+6+9+10+13 (1450 € κ.π.)
Φ-2 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 2+4+6+8+12+14 (1720 € κ.π.)
Φ-3 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+3+5+7+12 (1700 € κ.π.)
Φ-4 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+7+11+12 (1690 € κ.π.)
Φ-5 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 3+4+5+8+12 (1800 € κ.π.)

(*Να σημειωθεί εδώ ότι θα μπορούσαμε να κάνουμε περισσότερους συνδυασμούς επιλογών και να προκύψουν επιπλέον στρατηγικές, ενδεικτικά όμως σταματάμε εδώ*)

3.7.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης

Στο σενάριο Δ έχουμε την πρόθεση ληστών να επιβιβαστούν στο πλοίο και να ληστέψουν το καζίνο που λειτουργεί σε αυτό. Για να το πετύχουν έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε πέντε διαθέσιμες στρατηγικές (T_1-T_5), τις οποίες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν με τις αντίστοιχες δικές τους στρατηγικές ($Φ_1$-$Φ_5$) οι φύλακες του πλοίου. Έχοντας λοιπόν τις διαθέσιμες στρατηγικές των (Τ) και (Φ), και υπολογίζοντας τις αποδόσεις των πιθανών εκβάσεων κάθε σεναρίου θα έχω:

3.7.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Δ:

- Έστω ότι επιτυγχάνοντας την αποστολή τους οι ληστές παίρνουν από το καζίνο του πλοίου και τους επιβάτες που βρίσκονται σε αυτό +0,5 εκ. €.
- Αν η απόπειρα των ληστών αποτύχει και οι ίδιοι συλληφθούν, τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος του οπλισμού που απώλεσαν και το μέλλον της ίδιας τους τη ζωής. Έστω, λοιπόν, ότι αυτή η εκδοχή έχει κόστος -0,2 εκ. €
- Αν η απόπειρα των ληστών αποτύχει και οι ίδιοι αποφύγουν τη σύλληψη τότε θα έχουν επωμιστεί το κόστος αποτυχίας της αποστολής. Έστω -0,05 εκ. €
- Αν η προσπάθεια εγκαταλειφθεί εξαρχής θεωρούμε πως δεν υπάρχει κόστος

Συνοψίζοντας:

- Επιτυχία αποστολής: +0,5 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής και σύλληψη: -0,2 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής χωρίς σύλληψη: -0,05 εκ. €.
- Εγκατάλειψη της προσπάθειας εξ αρχής: 0 εκ. €.

Οπότε βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ο πίνακας απόδοσης (payoff table) των τρομοκρατών (Τ):

Φύλακες (Φ)

Ληστές (Τ)	1	2	3	4	5
1	-0,2	-0,2	0,5	-0,2	-0,05
2	-0,2	-0,2	0	0	0,5
3	0,5	0,5	-0,2	0,5	-0,2
4	-0,2	0,5	-0,2	-0,2	0,5
5	0,5	-0,2	0	0	0,5

(Πίνακας Δ_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ)

Μπορούμε τώρα με την μέθοδο των **κυρίαρχων στρατηγικών** (dominant strategies) να φτάσουμε σε μια πρώτη προσέγγισης της λύσης του σεναρίου μας.

Έτσι λοιπόν έχουμε πάλι τον πίνακα απόδοσης των **(Τ)** και από την μεριά των τρομοκρατών η στρατηγική **5** επικρατεί έναντι της **2**. Κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική **2** φεύγει από τον πίνακα και έχουμε έναν νέο πίνακα απόδοσης:

Φύλακες (Φ)

Ληστές (Τ)	1	2	3	4	5
1	-0,2	-0,2	0,5	-0,2	-0,05
3	0,5	0,5	-0,2	0,5	-0,2
4	-0,2	0,5	-0,2	-0,2	0,5
5	0,5	-0,2	0	0	0,5

(Πίνακας Δ_2: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ μετά την πρώτη απαλοιφή)

Παρατηρώντας τον νέο πίνακα βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **4** επικρατεί έναντι της στρατηγικής **1** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο νέος πίνακας γίνεται :

Φύλακες (Φ)

Ληστές (Τ)	2	3	4	5
1	-0,2	0,5	-0,2	-0,05
3	0,5	-0,2	0,5	-0,2
4	0,5	-0,2	-0,2	0,5
5	-0,2	0	0	0,5

(Πίνακας Δ_3: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ)

Στο σημείο αυτό βλέπω ότι έχω φτάσει σε αδιέξοδο καθώς καμία εκ των εναπομεινάντων στρατηγικών δεν επικρατεί σε κάποια από τις άλλες ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Άρα δεν έχουμε σταθερή λύση (unstable solution).

Εφόσον το σενάριο μου δεν εμφανίζει σταθερή λύση προσφεύγω στην λύση που μπορούν να μου προσφέρουν οι μεικτές στρατηγικές (mixed strategies).

Εδώ να επισημάνουμε ότι οι μεικτές στρατηγικές που θα προκύψουν παρακάτω δεν θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τις 1,3,4&5 για τους (Τ) και 2,3,4&5 για τους (Φ), οπότε τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας επιπλέον περιορισμός που θα διευκολύνει τη λύση του προβλήματος.

3.7.4.2 Linear programming

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο λύσης μπορούμε να υπολογίσουμε τις βέλτιστες πιθανότητες επιλογής κάθε στρατηγικής, καθώς και τη βέλτιστη λύση (payoff), και για τις δύο πλευρές.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής:

Αν χ_i = η πιθανότητα οι (Τ) να επιλέξουν την στρατηγική i (i= 1, 2,…, 5)

και y_j = η πιθανότητα οι (Φ) να επιλέξουν την στρατηγική j (j= 1, 2,…, 5)

τότε η αναμενόμενη απόδοση για τους (Τ) = $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j$ και είναι βέλτιστο εάν ισχύει: $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j \geq \underline{u} = u$ όπου $\underline{u}$ η maximin τιμή για τους (Τ) και u η βέλτιστη λύση.

(u: βέλτιστο payoff και για τις 2 πλευρές)

($\underline{u}$: maximin τιμή, για τους (Τ) και δίνει το μεγαλύτερο από κάθε minimum κέρδος που μπορούν να έχουν)

Εάν τώρα υποθέσουμε ότι για τις καθαρές στρατηγικές των (Φ) ισχύει ότι κάποια εξ αυτών έχει $y_j = 1$ (j=1, 2,…, 5), τότε για τις υπόλοιπες θα ισχύει ότι $y_j = 0$, οπότε ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u$ και αν εκφράσω το $u = x_{m+1} = x_6$ τότε:

$$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq x_6 \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i - x_6 \geq 0$$

Αντικαθιστώντας στην τελευταία μου σχέση τα δεδομένα του προβλήματος μου θα έχω να λύσω το πρόβλημα:

βελτιστοποίηση του χ_6 , όταν

$$p_{11}x_1 + p_{21}x_2 + p_{31}x_3 + p_{41}x_4 + p_{51}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{12}x_1 + p_{22}x_2 + p_{32}x_3 + p_{42}x_4 + p_{52}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{13}x_1 + p_{23}x_2 + p_{33}x_3 + p_{43}x_4 + p_{53}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{14}x_1 + p_{24}x_2 + p_{34}x_3 + p_{44}x_4 + p_{54}x_5 - x_6 \geq 0$$
$$p_{15}x_1 + p_{25}x_2 + p_{35}x_3 + p_{45}x_4 + p_{55}x_5 - x_6 \geq 0$$

με $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

$x_i \geq 0$, για $i = 1, 2, ..., 5$

και $x_6 \geq 0$.

Όπου το payoff table είναι το γνωστό από πριν:

Φύλακες (Φ)

Ληστές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	-0,2	-0,2	0,5	-0,2	-0,05
2	-0,2	-0,2	0	0	0,5
3	0,5	0,5	-0,2	0,5	-0,2
4	-0,2	0,5	-0,2	-0,2	0,5
5	0,5	-0,2	0	0	0,5

(Πίνακας Δ_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ)

Επειδή όμως δεν μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι το $x_6 \geq 0$, καθώς στον πίνακα αποδόσεων μου έχω και αρνητικές τιμές, δημιουργώ ένα νέο πίνακα αποδόσεων, στον οποίο έχω προσθέσει ξεχωριστά σε κάθε τιμή το «+0,2». Έτσι προκύπτει:

Φύλακες (Φ)

		1	*2*	*3*	*4*	*5*
Ληστές (Τ)	*1*	0	0	0,7	0	0,15
	2	0	0	0,2	0,2	0,7
	3	0,7	0,7	0	0,7	0
	4	0	0,7	0	0	0,7
	5	0,7	0	0,2	0,2	0,7

(Πίνακας Δ_4: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό)

Έχοντας το νέο πίνακα αποδόσεων και γνωρίζοντας ότι για να βρω το τελικό payoff θα πρέπει να αφαιρέσω από χ_6 την τιμή 0,2 προσθέτω τους επιπλέον περιορισμούς που προέκυψαν από την μέθοδο των κυρίαρχων στρατηγικών και λύνω το σύστημα των εξισώσεων μου με το πρόγραμμα solver του excel. Έτσι προκύπτει:

$$x_1 = 0,3322$$
$$x_2 = 0,0000$$
$$x_3 = 0,3322$$
$$x_4 = 0,0746$$
$$x_5 = 0,2610$$
$$x_6 = 0,2847$$

Δηλαδή οι (Τ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **1, 3, 4 & 5** με τις παραπάνω προκύπτουσες πιθανότητες ,και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με $\chi_6 - 0,2 = u =$ **0,0847 εκ. €**.

<u>Εαναλαμβάνοντας τώρα την ίδια διαδικασία για τους (Φ) προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:</u>

ελαχιστοποίηση του y_6 , όταν

$$p_{11}y_1 + p_{12}y_2 + p_{13}y_3 + p_{14}y_4 + p_{15}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{21}y_1 + p_{22}y_2 + p_{23}y_3 + p_{24}y_4 + p_{25}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{31}y_1 + p_{32}y_2 + p_{33}y_3 + p_{34}y_4 + p_{35}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{41}y_1 + p_{42}y_2 + p_{43}y_3 + p_{44}y_4 + p_{45}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{51}y_1 + p_{52}y_2 + p_{53}y_3 + p_{54}y_4 + p_{55}y_5 - y_6 \le 0$$

με $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 = 1$

$y_i \geq 0$, για $j = 1, 2, ..., n$

και $y_6 \geq 0$.

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων μου, αφού έχω προσθέσει και τους περιορισμούς της μεθόδου κυρίαρχων στρατηγικών, με το πρόγραμμα solver του excel προκύπτει:

$$y_1 = 0,0000$$
$$y_2 = 0,1695$$
$$y_3 = 0,3559$$
$$y_4 = 0,2373$$
$$y_5 = 0,2373$$
$$y_6 = 0,2847$$

Δηλαδή οι (Φ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **2, 3, 4 & 5** με τις πιθανότητες που προέκυψαν παραπάνω και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με **-0,0847 εκ. €**. Έχω δηλαδή το ίδιο αποτέλεσμα.

3.7.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

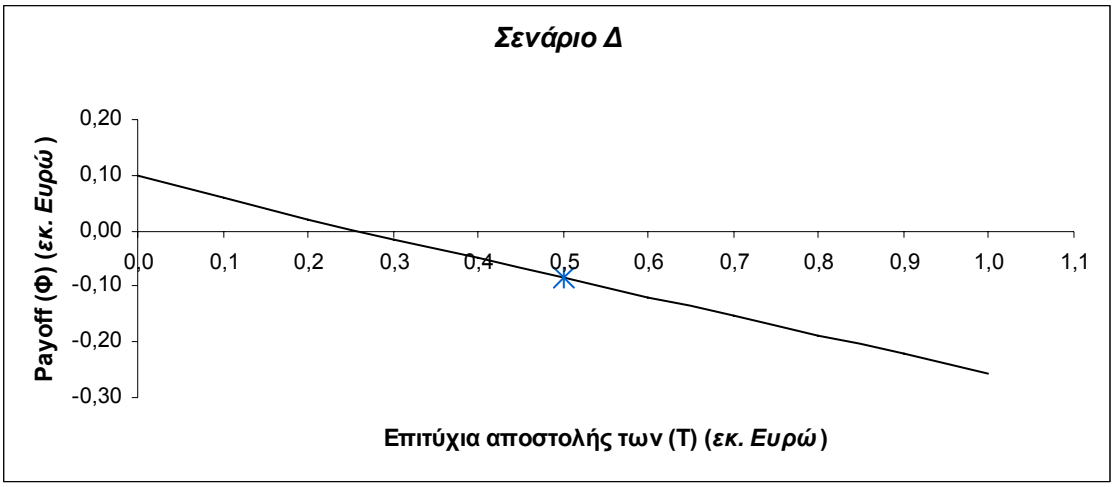
Είναι πλέον εμφανές από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι για το συγκεκριμένο σενάριο, με τις συγκεκριμένες αποδόσεις, αν το παίγνιο μας επαναληφθεί αρκετές φορές τότε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν (payoff του παιγνίου ή value of the game) θα είναι ίσος με **-0,0847 εκ. €**. Το αποτέλεσμα αυτό μας δηλώνει ότι σενάριο μας τείνει προς την πλευρά των επιτιθέμενων του πλοίου, ενώ επιπλέον μπορούμε να γνωρίζουμε ποιες στρατηγικές διατίθενται να χρησιμοποιήσουν οι δύο πλευρές και με τι πιθανότητες (στηριζόμενοι πάντα σε ορθολογικές αποφάσεις).

Θα προσπαθήσουμε τώρα να κρατήσουμε σταθερά όλα τα δεδομένα επίλυσης του σεναρίου και μεταβάλλοντας (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω) το κέρδος που θα έχει η πιθανή επικράτηση των (Τ) να μελετήσουμε το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου τόσο ως προς το "value of the game" όσο και ως προς την μεταβολή των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι θα μπορούσαμε να μεταβάλλουμε οποιοδήποτε μέγεθος για να δούμε την επίδραση του στο τελικό αποτέλεσμα. Έτσι βάση της διαδικασίας που περιγράψαμε, "τρέχουμε" στο excel τη μέθοδο "linear programming" και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Επιτυχία (Τ) - εκ.€	Payoff (Φ) - εκ.€	Πιθανότητες στρατ. των (Φ) %					Πιθανότητες στρατ. των (Τ) %				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1,0	-0,2552	0,00	10,34	34,48	27,29	27,59	33,10	0,00	33,10	4,83	28,97
0,9	-0,2213	0,00	11,22	34,61	27,09	27,09	33,11	0,00	33,11	5,20	28,58
0,8	-0,1874	0,00	12,25	34,77	26,49	26,49	33,11	0,00	33,11	5,63	28,15
0,7	-0,1534	0,00	13,50	34,97	25,77	25,77	33,13	0,00	33,13	6,13	27,61
0,6	-0,1192	0,00	15,03	35,23	24,87	24,87	33,16	0,00	33,16	6,74	26,94
0,5	-0,0847	0,00	16,95	35,59	23,73	23,73	33,22	0,00	33,22	7,46	26,10
0,4	-0,0500	0,00	19,44	36,11	22,22	22,22	33,33	0,00	33,33	8,34	25,00
0,3	-0,0148	0,00	22,82	36,91	20,13	20,13	33,56	0,00	33,56	9,40	23,48
0,2	0,0213	0,00	27,66	38,30	17,02	17,02	34,04	0,00	34,04	10,64	21,28
0,1	0,0213	0,00	35,29	41,18	11,76	11,76	35,29	0,00	35,29	11,76	17,66
0	0,0588	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00

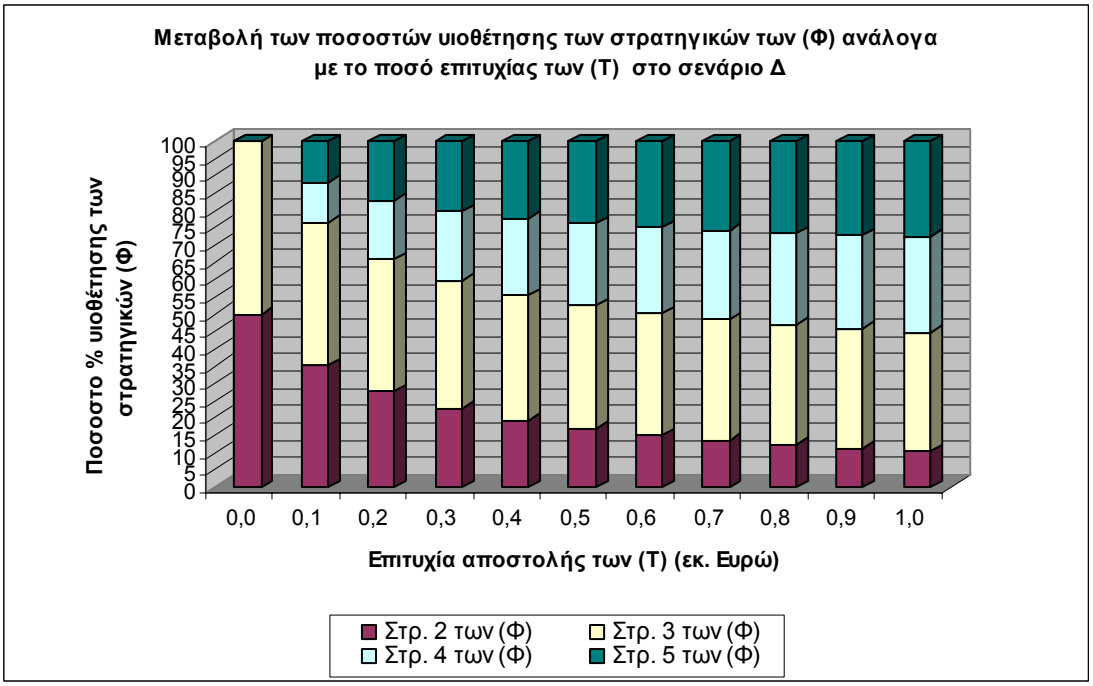
(Πίνακας Δ_5: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας)

Και από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:

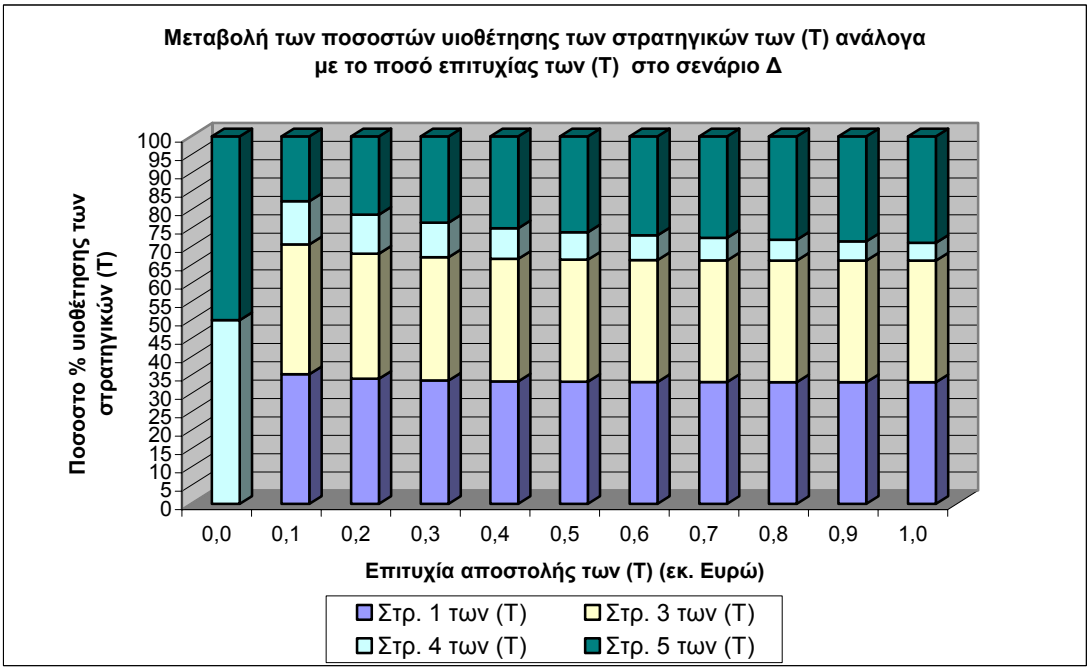


(Γράφημα Δ_1: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Όπως αναμενόταν παρατηρούμε στο Γράφημα Δ_1 ότι το τελικό payoff του σεναρίου μας μειώνεται με την αύξηση του ποσού επιτυχίας των (Τ) και αντίστροφα αυξάνεται με την μείωση του τελευταίου (το σημείο που εμφανίζεται επάνω στην καμπύλη με γαλάζιο χρώμα είναι η τιμή που αντιστοιχεί στις αρχικές εκτιμήσεις του σεναρίου). Βλέπουμε επίσης ότι η καμπύλη που έχει προκύψει τείνει να αγγίξει την ευθεία ενώ αλλάζει πρόσημο στην τιμή 0,26 του οριζόντιου άξονα, κάτι το οποίο μπορεί να επιβεβαιωθεί βάζοντας την τιμή αυτή στο "linear programming". Οι παραπάνω παρατηρήσεις δυστυχώς δεν μπορούν να επιβεβαιωθούν από τον απομένων από την διαδικασία της απαλοιφής των επικρατουσών στρατηγικών πίνακα Δ_3 όπως έγινε στα υπόλοιπα σενάρια, διότι η μορφή του πλέον δεν είναι τόσο απλή. Ας δούμε όμως τι συμβαίνει και με τις στρατηγικές των δύο παικτών:



(Γράφημα Δ_2: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνόμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)



(Γράφημα Δ_3: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Από τα γραφήματα των στρατηγικών των δύο παικτών παρατηρούμε καταρχήν ότι είναι ισοπίθανη η επιλογή ανάμεσα στις επιλογές 4 και 5 των (Φ), όσο και των 1 και 3 των (Τ), ενώ οι συγκεκριμένες στρατηγικές στην τιμή "0" της επιτυχίας αποστολής των (Τ) έχουν μηδενική πιθανότητα επιλογής.

3.7.6 Σενάριο Δ_2

Είδαμε στις αναλύσεις ευαισθησίας του σεναρίου Β ότι για να επικρατήσουν τελικά οι (Φ) θα πρέπει το ποσό που θα αποκομίσουν οι (Τ) όταν επιτύχουν την αποστολή τους να είναι κάτω των 0,26 εκ. €. Στο συγκεκριμένο όμως σενάριο κάτι τέτοιο δεν ισχύει (οι ληστές αποκομίζουν 0,5 εκ. €. σε περίπτωση επιτυχίας) και τελικά σε περίπτωση που το παίγνιο επαναληφθεί αρκετές φορές κερδισμένοι θα είναι οι επιτιθέμενοι. Μια τέτοια εξέλιξη όμως του σεναρίου θα πρέπει να μπορεί αποφευχθεί και η τελική απόδοση του παιγνίου μας, με τις συγκεκριμένες εκτιμήσεις, να μεταφερθεί προς την πλευρά των αμυνομένων. Ένας εύλογος τρόπος να συμβεί κάτι τέτοιο θα είναι να δώσουμε το πλεονέκτημα στους φύλακες του πλοίου να κάνουν κάποιες αλλαγές στις επιλογές των στρατηγικών τους ώστε να γίνουν πιο αποτελεσματικοί στην φρούρηση του σκάφους.

Σύμφωνα με τα όσα αναφέραμε παραπάνω θα δοκιμάσουμε να εκτρέψουμε το τελικό αποτέλεσμα του παιγνίου, όχι αλλάζοντας τα χρηματικά ποσά αποδόσεων, αλλά μεταβάλλοντας τις στρατηγικές των (Φ). Το εγχείρημα αυτό πρέπει βάση της λογικής να πετύχει, οπότε θέτουμε ακόμα μια πρόκληση που πρέπει να ξεπεράσει το μοντέλο μας. Μένει να δούμε το αποτέλεσμα που θα έχουμε στην πράξη.

Κρατώντας σταθερές τις στρατηγικές των (Τ), θα αλλάξουμε τις στρατηγικές των (Φ), έχοντας όμως δεδομένο τον περιορισμό του κόστους των ‘‘1800 €/ταξίδι’’. Για να κάνουμε πιο αποτελεσματικούς τους φύλακες θα “ξεφορτωθούμε” κάποιες επιλογές που δεν συνεισφέρουν στην προστασία του πλοίου και στη θέση τους θα βάλουμε κάποιες που γνωρίζουμε ότι θα έχουν αποτέλεσμα. Έτσι από την στρατηγική 2 των (Φ) αφαιρώ την επιλογή 8 και στην θέση της βάζω την 5 ενώ επίσης από την στρατηγική 3 αφαιρώ την επιλογή 5 και στην θέση της βάζω την 8, οπότε:

- Φ-2 Περιλάμβανε τις επιλογές των (Φ): 2+4+6+8+12+14 (1720 € κ.π.) →

Φ-2 Περιλαμβάνει πλέον τις επιλογές των (Φ): 2+5+6+12+14 (1720 € κ.π.)

- Φ-3 Περιλάμβανε τις επιλογές των (Φ): 1+3+5+7+12 (1700 € κ.π.) →

Φ-3 Περιλαμβάνει πλέον τις επιλογές των (Φ): 1+3+7+8+12 (1700 € κ.π.)

Συνολικά δηλαδή στο νέο μου σενάριο θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-5 όπου:

Φ-1 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+6+9+10+13 (1450 € κ.π.)
Φ-2 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 2+5+6+9+12+14 (1720 € κ.π.)
Φ-3 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+3+7+8+12 (1700 € κ.π.)
Φ-4 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+7+11+12 (1690 € κ.π.)
Φ-5 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 3+4+5+8+12 (1800 € κ.π.)

Ενώ από πριν ισχύουν:

- Επιτυχία αποστολής: +0,5 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής και σύλληψη: -0,2 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής χωρίς σύλληψη: -0,05 εκ. €.
- Εγκατάλειψη της προσπάθειας εξ αρχής: 0 εκ. €.

Έτσι βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ο νέος πίνακας απόδοσης (payoff table) των ληστών (Τ):

Φύλακες (Φ)

Ληστές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	-0,2	-0,2	-0,05	-0,2	-0,05
2	-0,2	-0,2	0	0	0,5
3	0,5	-0,05	-0,2	0,5	-0,2
4	-0,2	0,5	-0,2	-0,2	0,5
5	0,5	-0,2	0	0	0,5

(Πίνακας Δ_6: Νέος πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ_2)

Μπορούμε τώρα με την μέθοδο των κυρίαρχων στρατηγικών (dominant strategies) να φτάσουμε σε μια πρώτη προσέγγισης της λύσης του σεναρίου μας.

Έτσι λοιπόν έχουμε πάλι τον πίνακα απόδοσης των **(Τ)** και παρατηρούμε ότι από την μεριά των τρομοκρατών η στρατηγική **5** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι των **1** και **2**. Κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές **1** και **2** αυτομάτως φεύγουν από τον πίνακα και έχουμε έναν νέο πίνακα απόδοσης:

Φύλακες (Φ)

Ληστές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
3	0,5	-0,05	-0,2	0,5	-0,2
4	-0,2	0,5	-0,2	-0,2	0,5
5	0,5	-0,2	0	0	0,5

(Πίνακας Δ_7: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ_2 μετά την πρώτη απαλοιφή)

Παρατηρώντας τον νέο πίνακα βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **3** επικρατεί έναντι των στρατηγικών **1, 4 και 5** κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές αυτές απορρίπτονται και ο νέος πίνακας γίνεται :

Φύλακες (Φ)

		2	*3*
Ληστές (Τ)	*3*	-0,05	-0,2
	4	0,5	-0,2
	5	-0,2	0

(Πίνακας Δ_8: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ_2 μετά την δεύτερη απαλοιφή)

Για τον νέο πίνακα τώρα βλέπω ότι για τους **(Τ)** η στρατηγική **4** επικρατεί έναντι της στρατηγικής **3,** κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική αυτή απορρίπτεται και ο νέος πίνακας γίνεται :

Φύλακες (Φ)

		2	*3*
Ληστές (Τ)	*4*	0,5	-0,2
	5	-0,2	0

(Πίνακας Δ_9: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ_2)

Στο σημείο αυτό βλέπω ότι έχω φτάσει σε αδιέξοδο καθώς καμία εκ των εναπομεινάντων στρατηγικών δεν επικρατεί σε κάποια από τις άλλες ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Άρα <u>δεν έχουμε σταθερή λύση</u> (unstable solution).

Εφόσον το σενάριο μου δεν εμφανίζει σταθερή λύση προσφεύγω στην λύση που μπορούν να μου προσφέρουν οι μεικτές στρατηγικές (mixed strategies).

Εδώ να επισημάνουμε ότι οι μεικτές στρατηγικές που θα προκύψουν παρακάτω δεν θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τις 4&5 για τους (Τ) και 2&3 για τους (Φ), οπότε τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας επιπλέον περιορισμός που θα διευκολύνει τη λύση του προβλήματος.

Στην συνέχεια, αφού πρώτα προσθέσουμε ξεχωριστά σε κάθε τιμή του πίνακα B_9 το «+0,2» (το οποίο και ισούται με την απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής αξίας του αρχικού μου πίνακα) και προκύψει ο πίνακας Δ_{10}, εφαρμόζουμε τη μέθοδο Linear programming και θα έχω:

Φύλακες (Φ)

		1	*2*	*3*	*4*	*5*
Ληστές (Τ)	*1*	0	0	0,15	0	0,15
	2	0	0	0,2	0,2	0,7
	3	0,7	0,15	0	0,7	0
	4	0	0,7	0	0	0,7
	5	0,7	0	0,2	0,2	0,7

(Πίνακας Δ_{10}: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Δ_2 για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό)

Με προκύπτουσα λύση για τους (Τ) την:

$$x_1 = 0,0000$$
$$x_2 = 0,0000$$
$$x_3 = 0,0000$$
$$x_4 = 0,2222$$
$$x_5 = 0,7778$$
$$x_6 = 0,1556$$

Δηλαδή οι (Τ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **4 & 5** με τις παραπάνω προκύπτουσες πιθανότητες, και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με $\chi_6 - 0,2$ = u = **-0,0444 εκ. €.**

Ενώ για τους (Φ) θα έχω:

$$y_1 = 0,0000$$
$$y_2 = 0,2222$$
$$y_3 = 0,7778$$
$$y_4 = 0,0000$$
$$y_5 = 0,0000$$
$$y_6 = 0,1556$$

Δηλαδή οι (Φ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **2 & 3** με τις πιθανότητες που προέκυψαν παραπάνω και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με **0,0444 εκ. €**.

3.7.6.1 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

Βλέπουμε καταρχήν από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι στο νέο σενάριο, αν το παίγνιο μας επαναληφθεί αρκετές φορές τότε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν (payoff του παιγνίου ή value of the game) θα είναι ίσος με **0,0444 εκ. €**. Το αποτέλεσμα αυτό μας δηλώνει ότι σενάριο μας τείνει προς την πλευρά των φυλάκων του πλοίου, οπότε αρχικά έχουμε πετύχει αυτό που θέλαμε. Ας δούμε τώρα πόσο επηρεάζεται αυτό το αποτέλεσμα από την μεταβολή του ποσού επιτυχίας των (Τ).

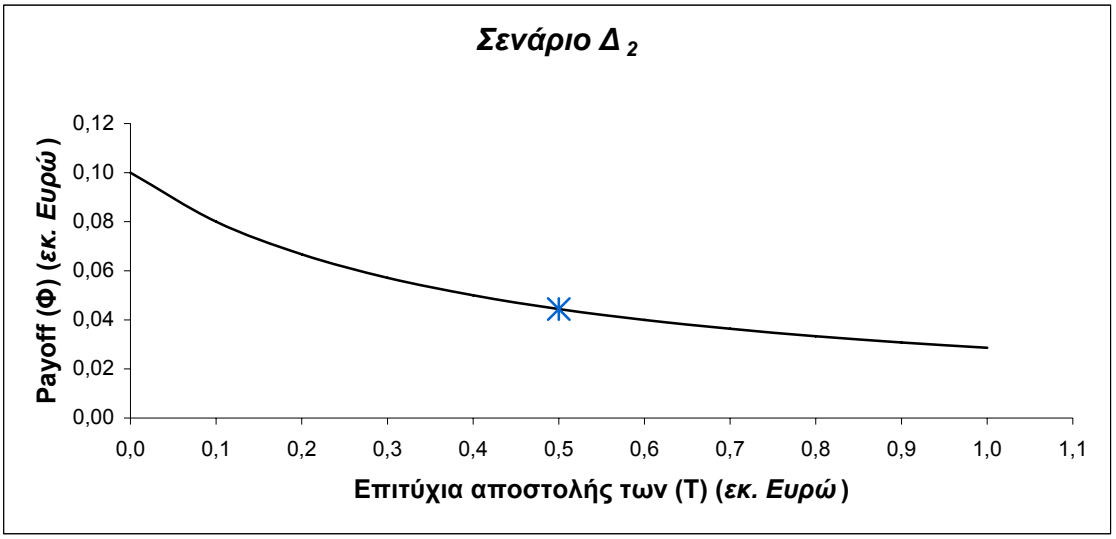
Σύμφωνα με όσα αναφέραμε προηγουμένως θα κρατήσουμε σταθερά όλα τα δεδομένα επίλυσης του νέου σεναρίου (Δ_2) και μεταβάλλοντας (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω) το κέρδος που θα έχει η πιθανή επικράτηση των (Τ) θα μελετήσουμε το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου τόσο ως προς το "value of the game" όσο και ως προς την μεταβολή των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών. Έτσι βάση της διαδικασίας που περιγράψαμε, "τρέχουμε" στο αντίστοιχο excel τη μέθοδο "linear programming" και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Επιτυχία (Τ) - εκ.€	Payoff (Φ) - εκ.€	Πιθανότητες στρατ. των (Φ) %					Πιθανότητες στρατ. των (Τ) %				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1,0	0,0286	0,00	14,29	85,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	85,71
0,9	0,0308	0,00	15,38	84,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,38	84,62
0,8	0,0333	0,00	16,67	83,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
0,7	0,0364	0,00	18,18	81,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
0,6	0,0400	0,00	20,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	80,00
0,5	0,0444	0,00	22,22	77,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,22	77,78
0,4	0,0500	0,00	25,00	75,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
0,3	0,0571	0,00	28,57	71,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,57	71,43
0,2	0,0667	0,00	33,33	66,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
0,1	0,0800	0,00	40,00	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	60,00
0,0	0,1000	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00

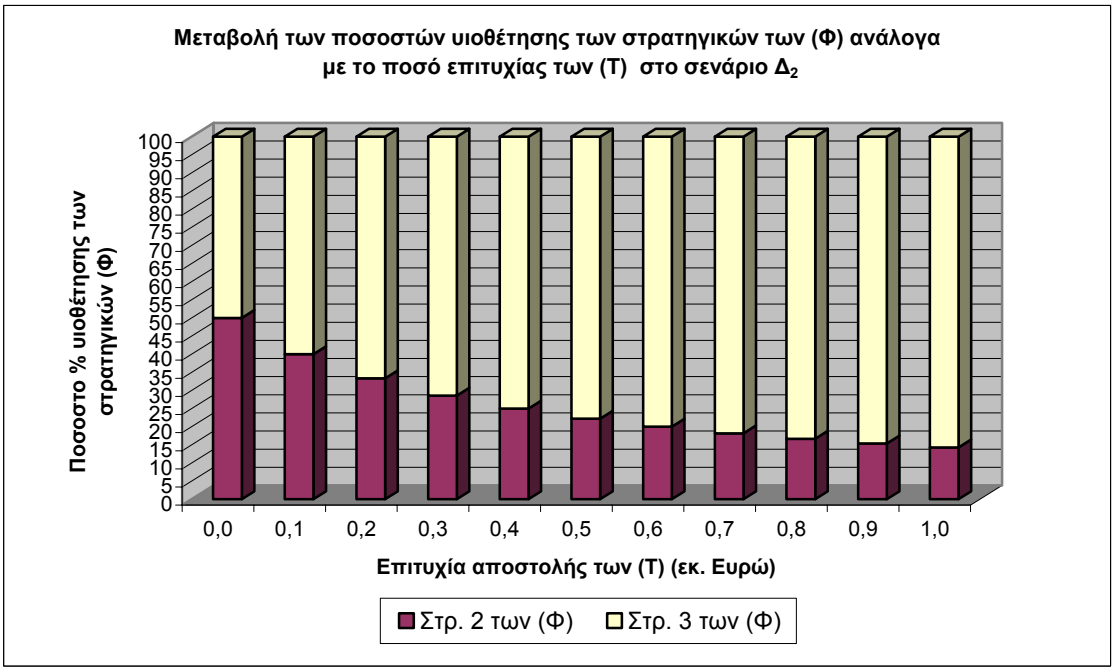
(Πίνακας Δ_{11}: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας σεναρίου Δ_2)

Όπως αναμενόταν βλέπουμε στο Γράφημα Δ_4, που προέκυψε από τα στοιχεία του Πίνακα Δ11, ότι το τελικό payoff του σεναρίου μας μειώνεται με την αύξηση του ποσού επιτυχίας των (Τ) και αντίστροφα αυξάνεται με την μείωση του τελευταίου. Όσο όμως και αν αυξήσουμε το ποσό που αντιστοιχεί στην επιτυχία των (Τ) παρατηρούμε ότι το "value of the game" δεν γίνεται ποτέ αρνητικό (νίκη των ληστών), κάτι τέτοιο δεν θα συμβεί ποτέ και αν φτάσουμε σε πολύ "τραβηγμένες" περιπτώσεις. Η εξήγηση του φαινόμενου αυτού βρίσκεται στον Πίνακα Δ_9 και συγκεκριμένα στην δυνατότητα των (Φ) να επιλέξουν την 3 στρατηγικής τους, με την οποία ποτέ δεν χάνουν το παίγνιο ανεξάρτητα από την επιλογή των (Τ). Επομένως το Γράφημα Δ_4 μας επιβεβαιώνει αυτό το συμπέρασμα. Ως αναφορά τώρα τις

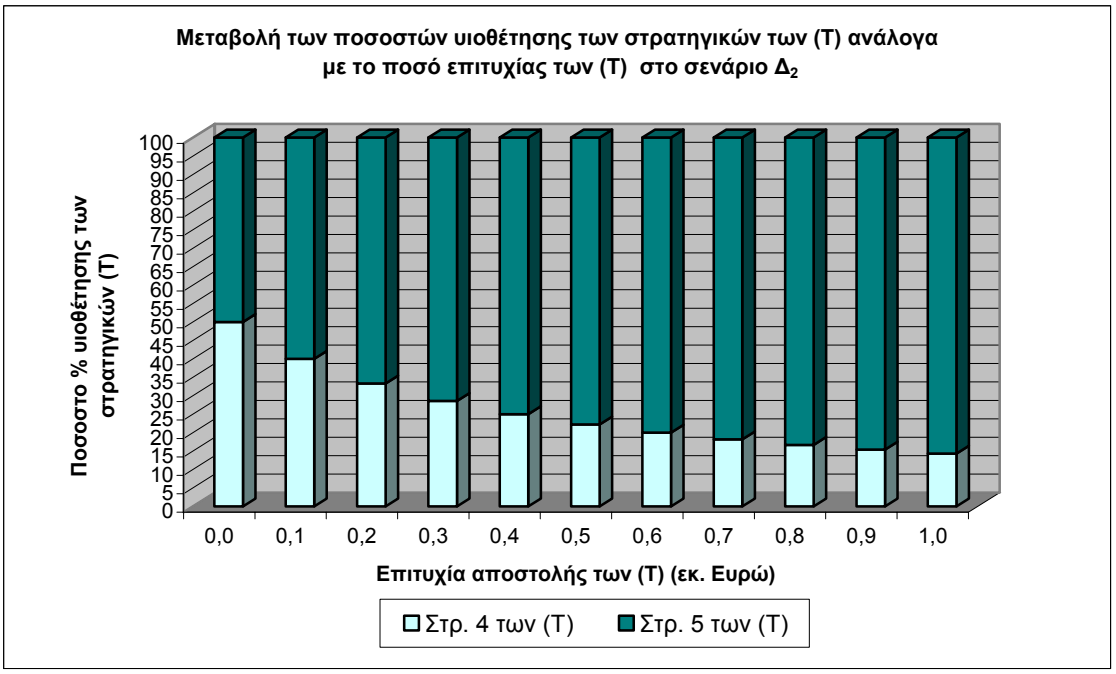
στρατηγικές των δύο παικτών είναι εμφανές λόγω των όσων παραπάνω αναφέραμε ότι οι (Φ) θα επιλέξουν με μεγάλο ποσοστό την 3 στρατηγική τους, ενώ με το ίδιο ποσοστό σαν ανταπάντηση οι (Τ) θα παίξουν με την 5 στρατηγική τους για να μηδενίσουν τις ενδεχόμενες απώλειες τους.



(Γράφημα Δ_4: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο Δ_2)



(Γράφημα Δ_5: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνόμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο Δ_2)

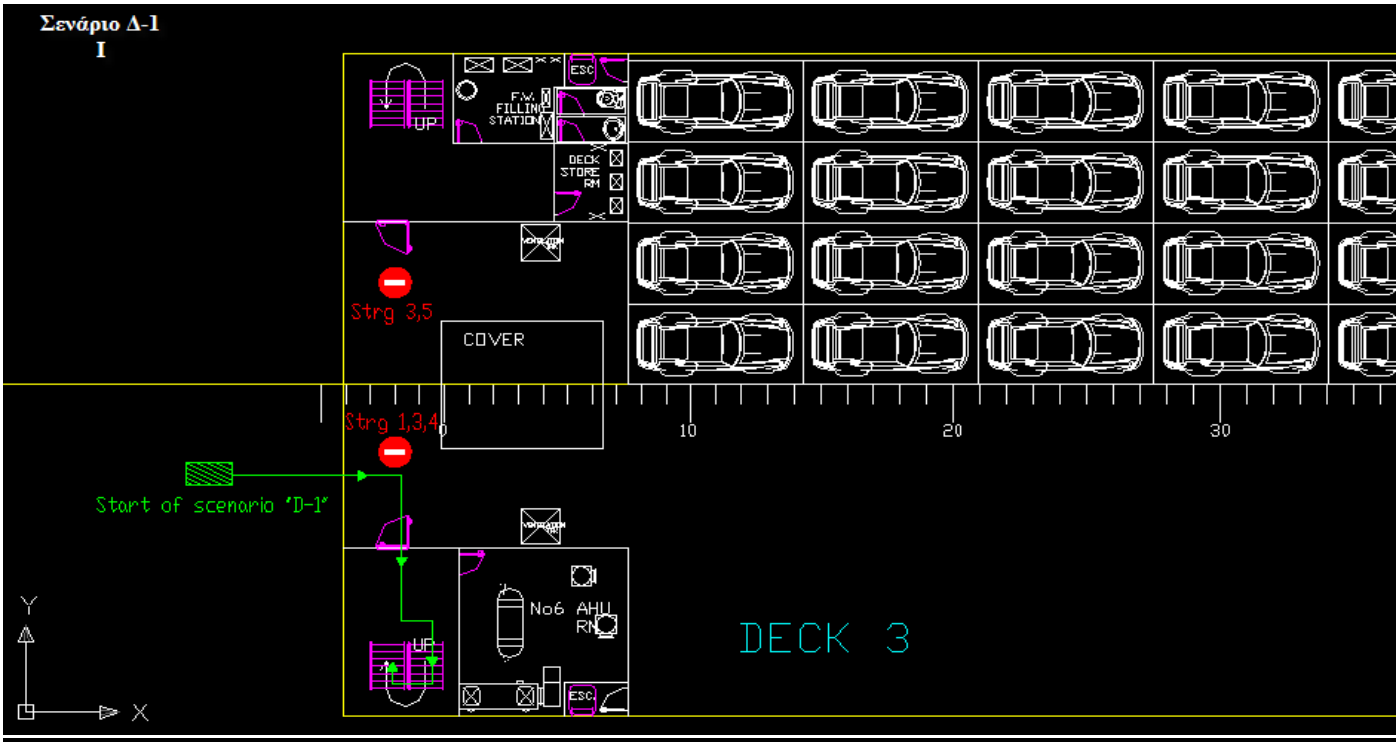


(Γράφημα Δ_6: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων για το σενάριο Δ_2)

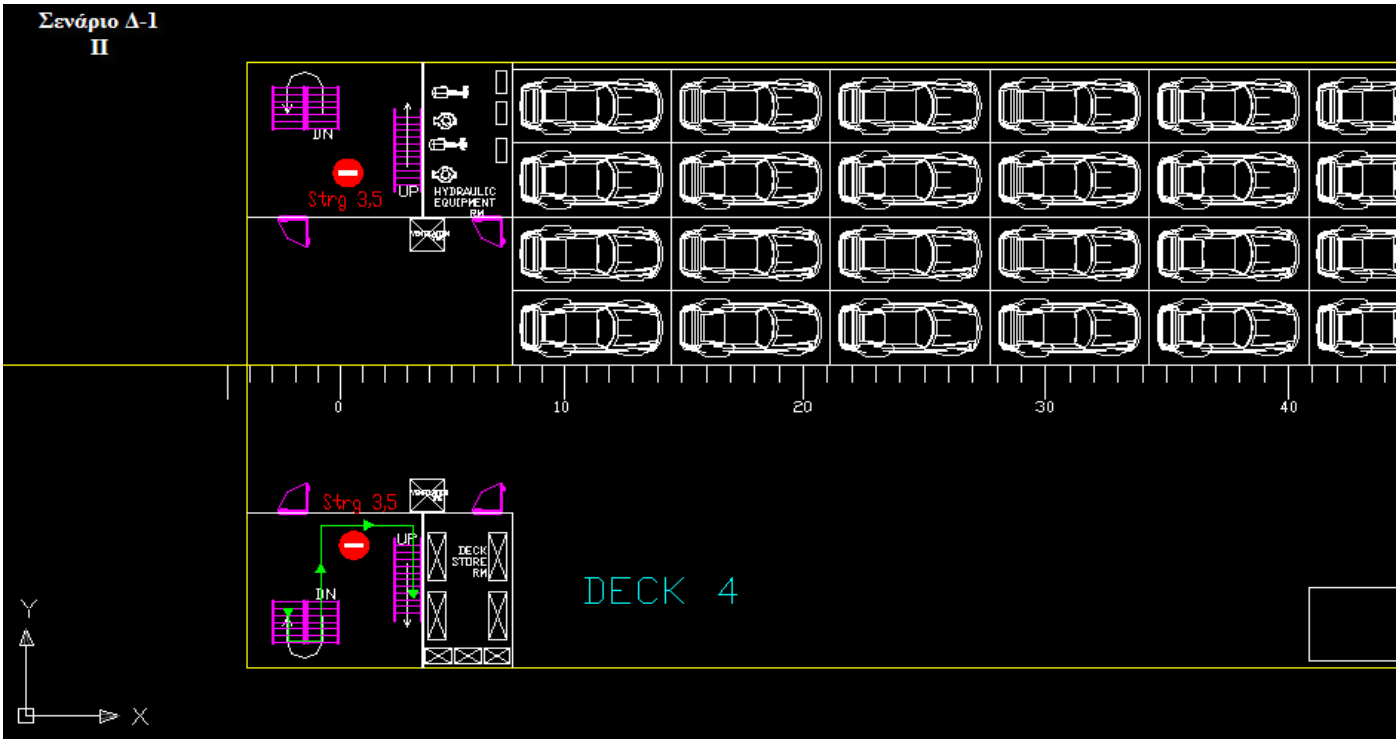
Ακολουθούν τα δρομολόγια των στρατηγικών των (Τ) σε μορφή φωτογραφιών από τη διαδρομή που έχει χαραχτεί στο πρόγραμμα AutoCAD. Με πράσινο χρώμα εμφανίζεται η διαδρομή των (Τ), με κόκκινο χρώμα όσα σημεία φύλαξης από τους (Φ) ήταν δυνατόν να απεικονιστούν και με μοβ οι πιθανοί δίοδοι μετακίνησης των επιτιθεμένων.

3.7.7 Δρομολόγια Στρατηγικών των Ληστών.

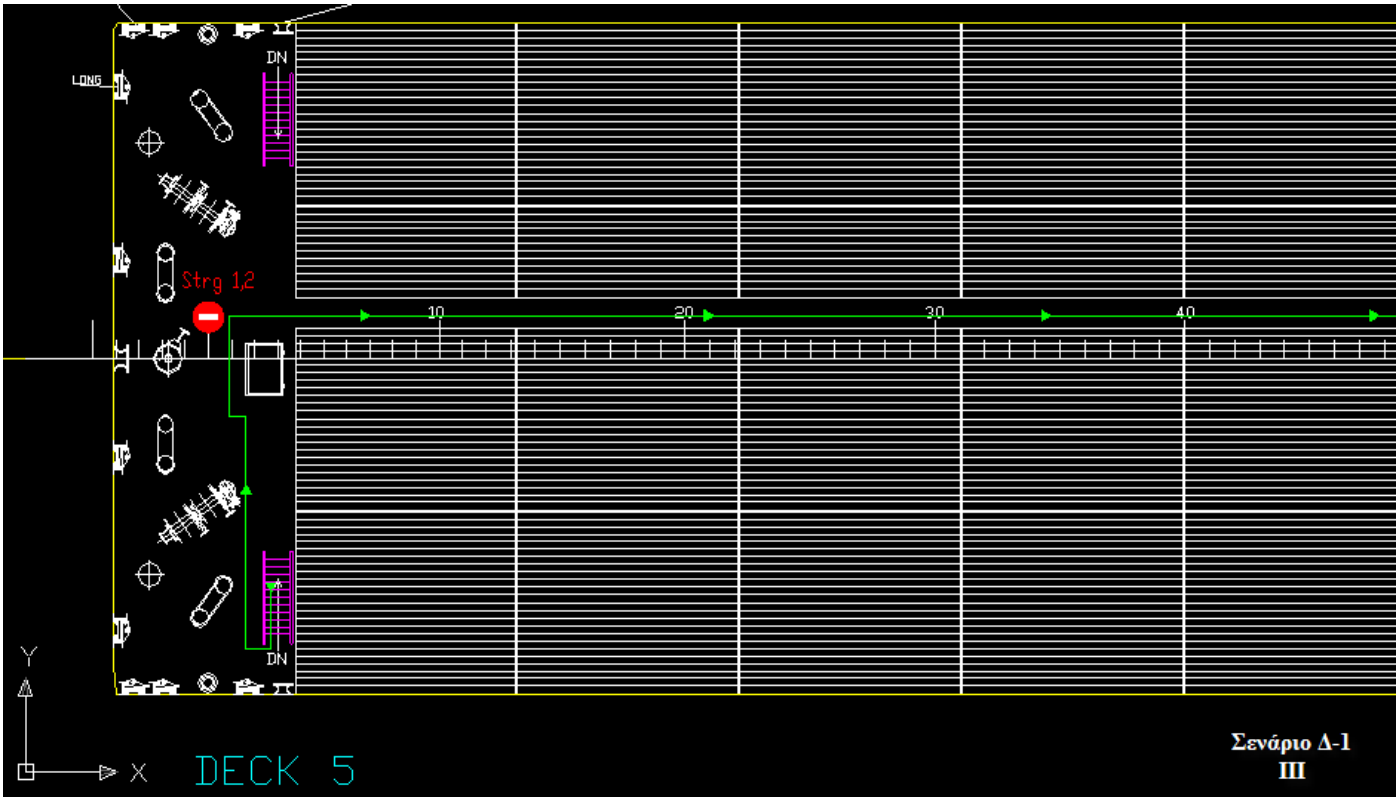
3.7.7.1 Στρατηγική $Δ_1$



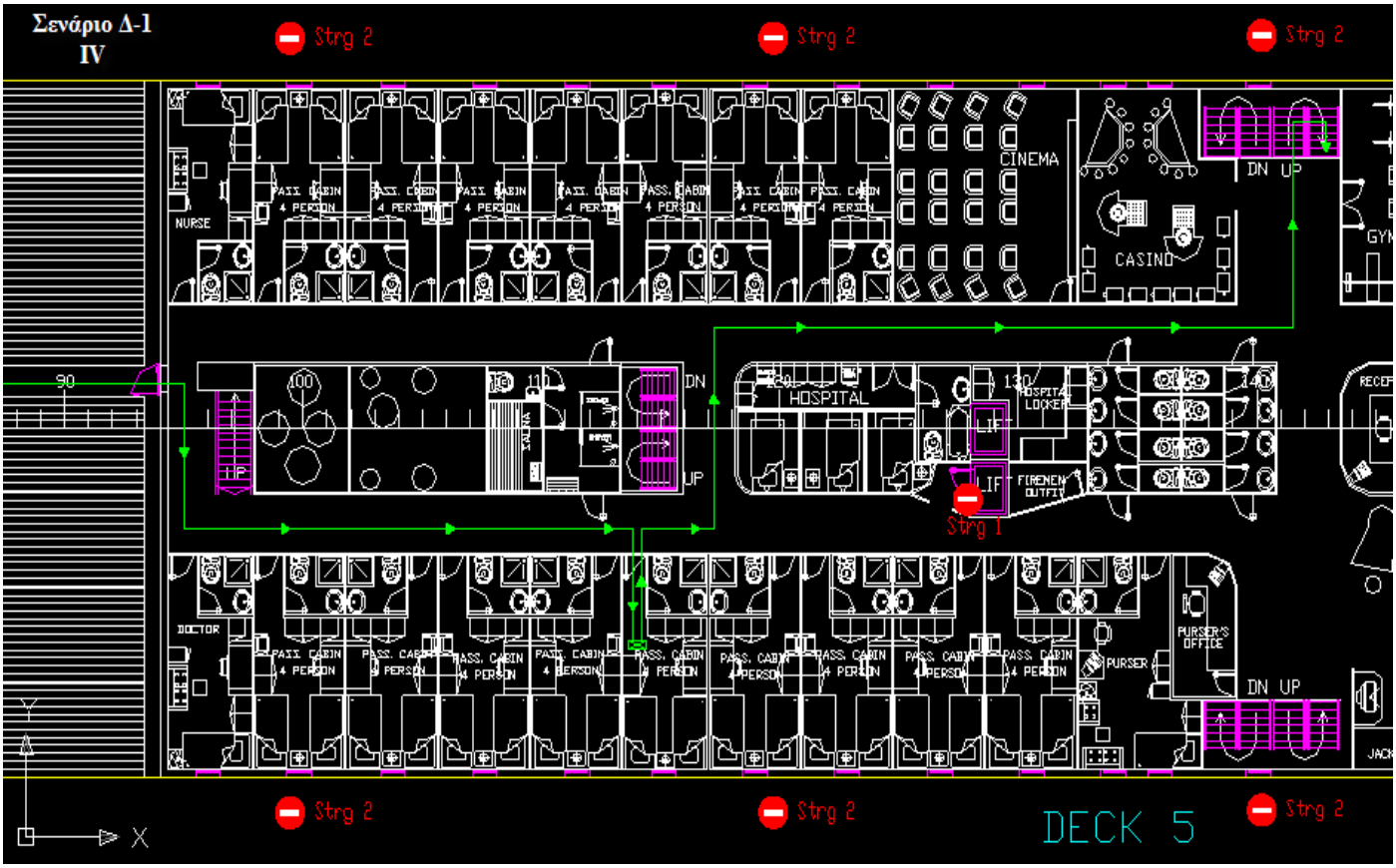
(Σχέδιο $Δ_1$-1)



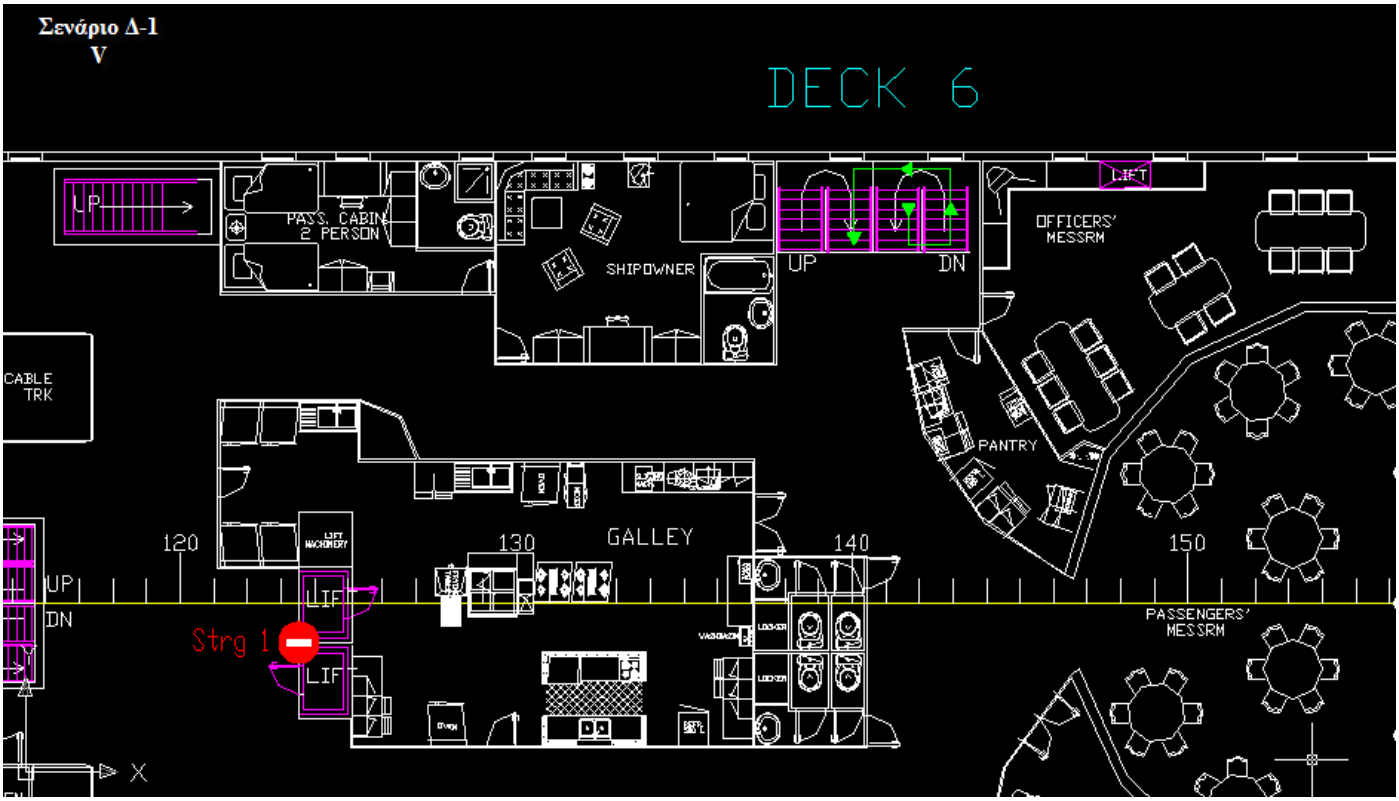
(Σχέδιο $Δ_1$-2)



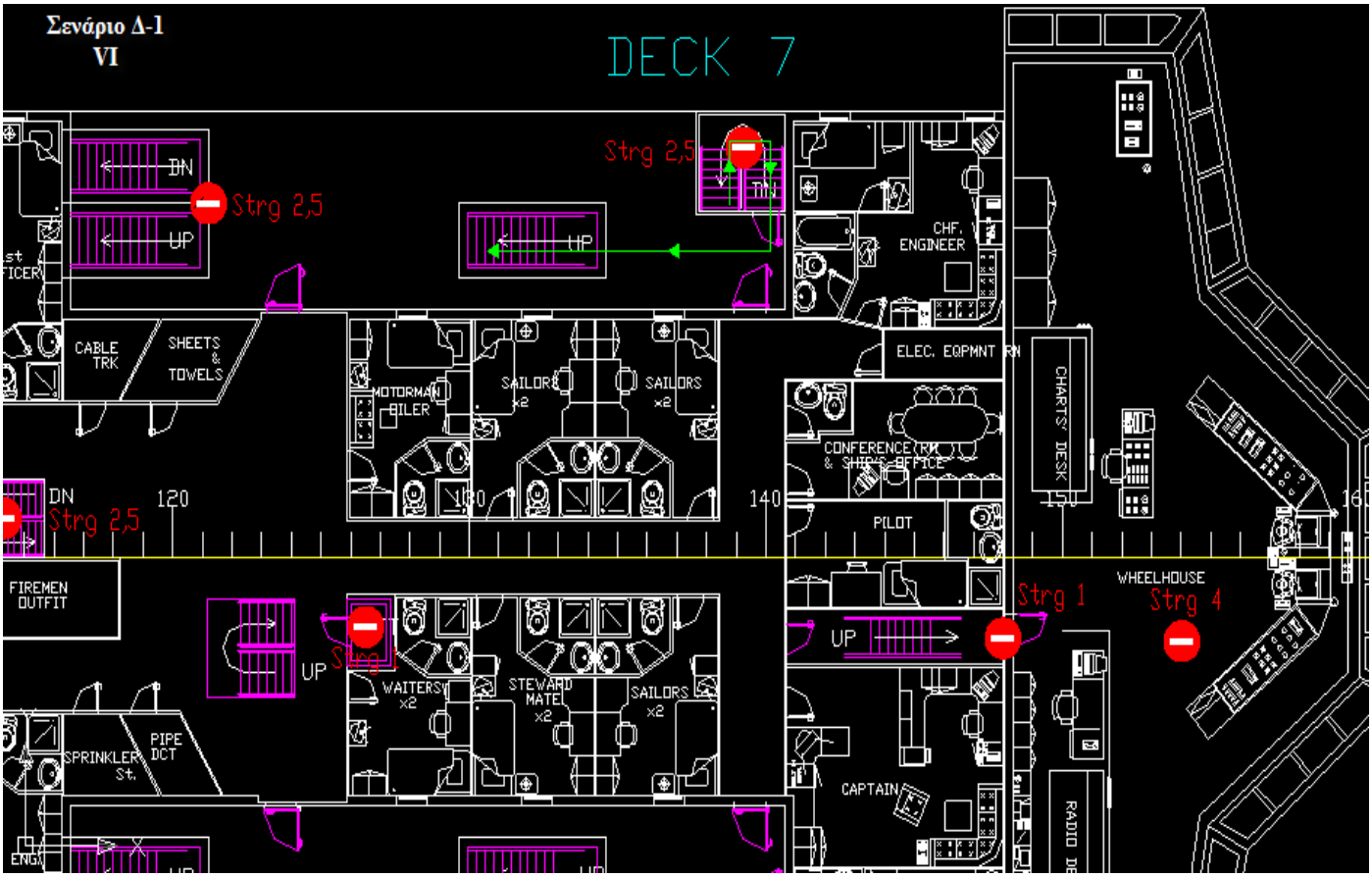
(Σχέδιο Δ_1-3)



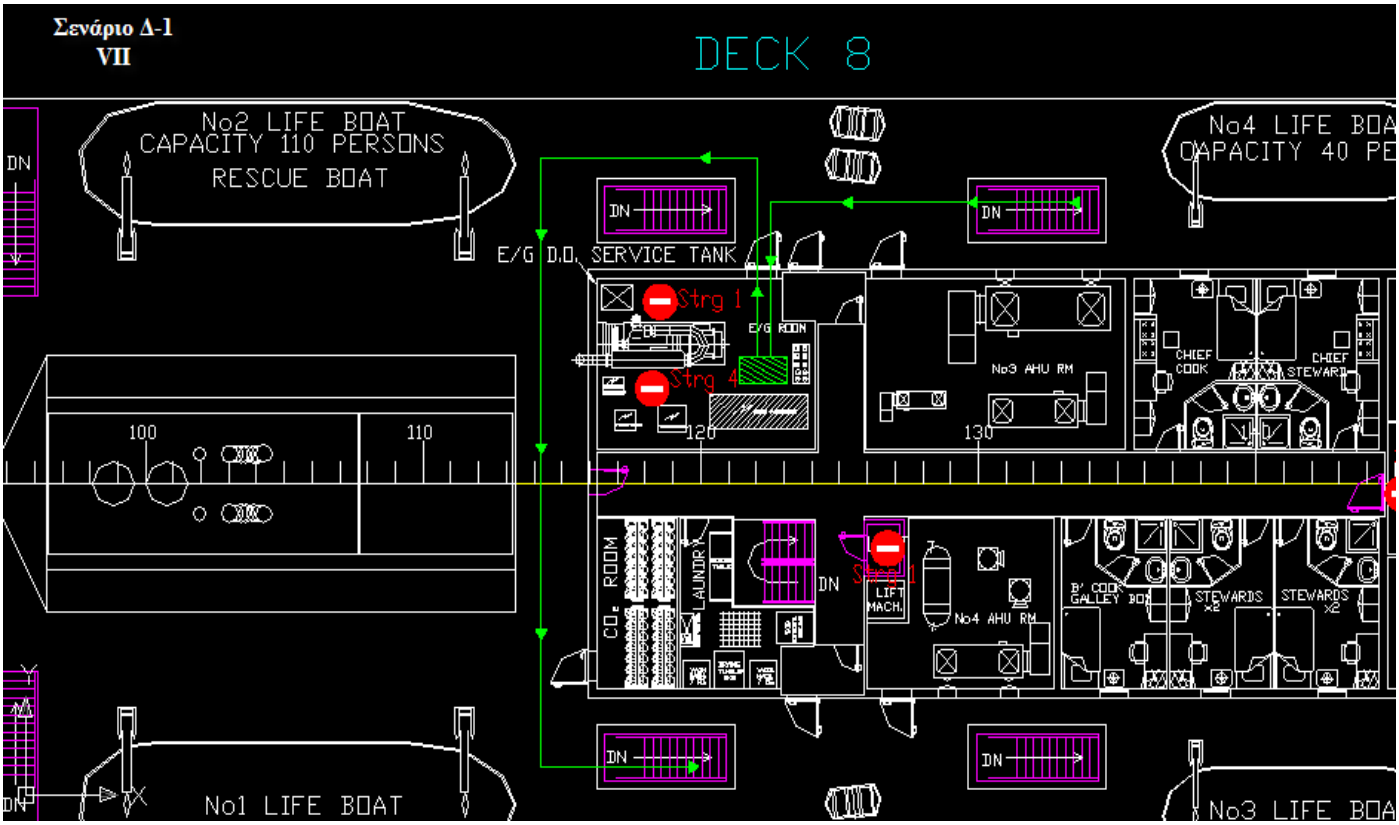
(Σχέδιο Δ_1-4)



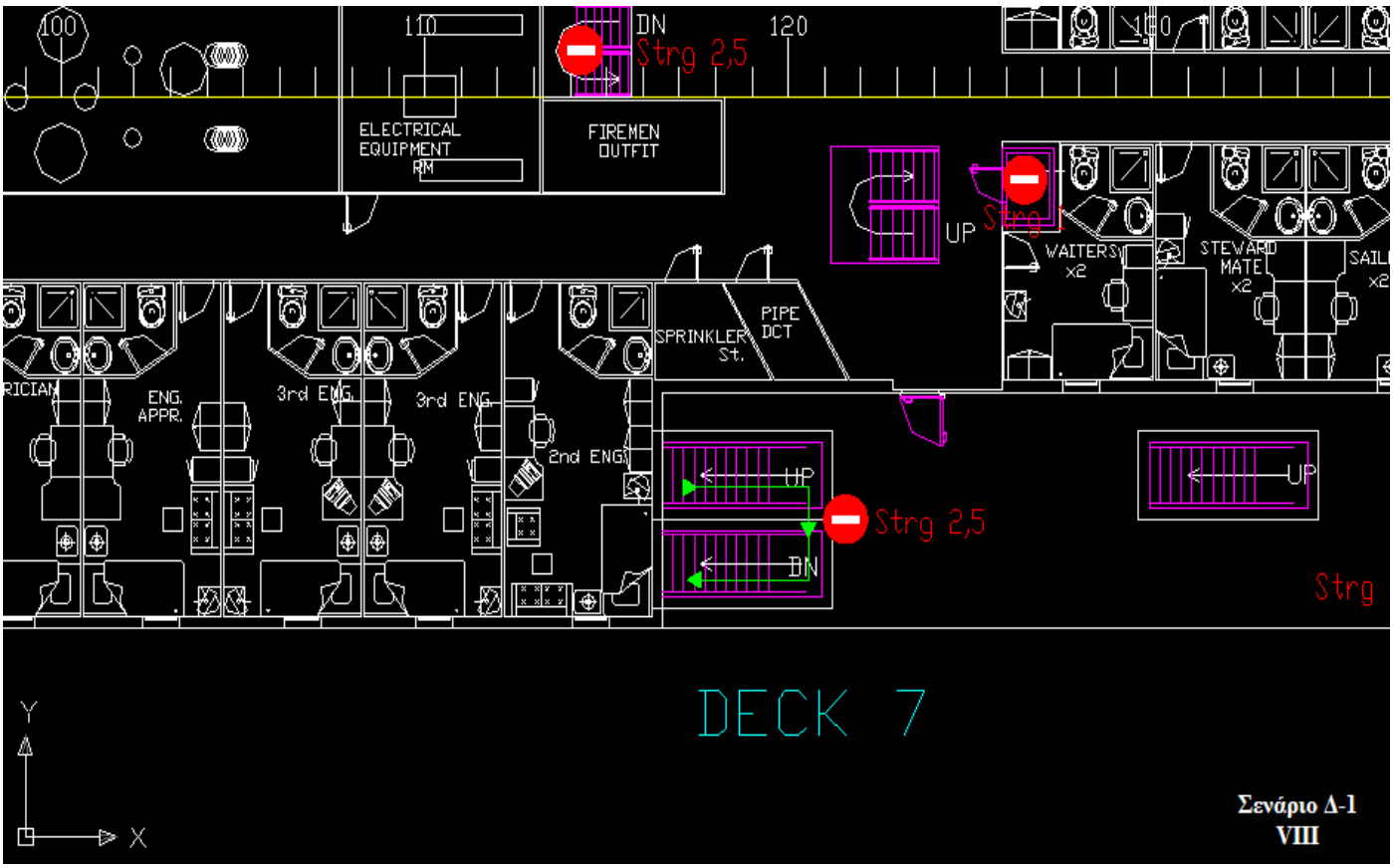
(Σχέδιο Δ_1-5)



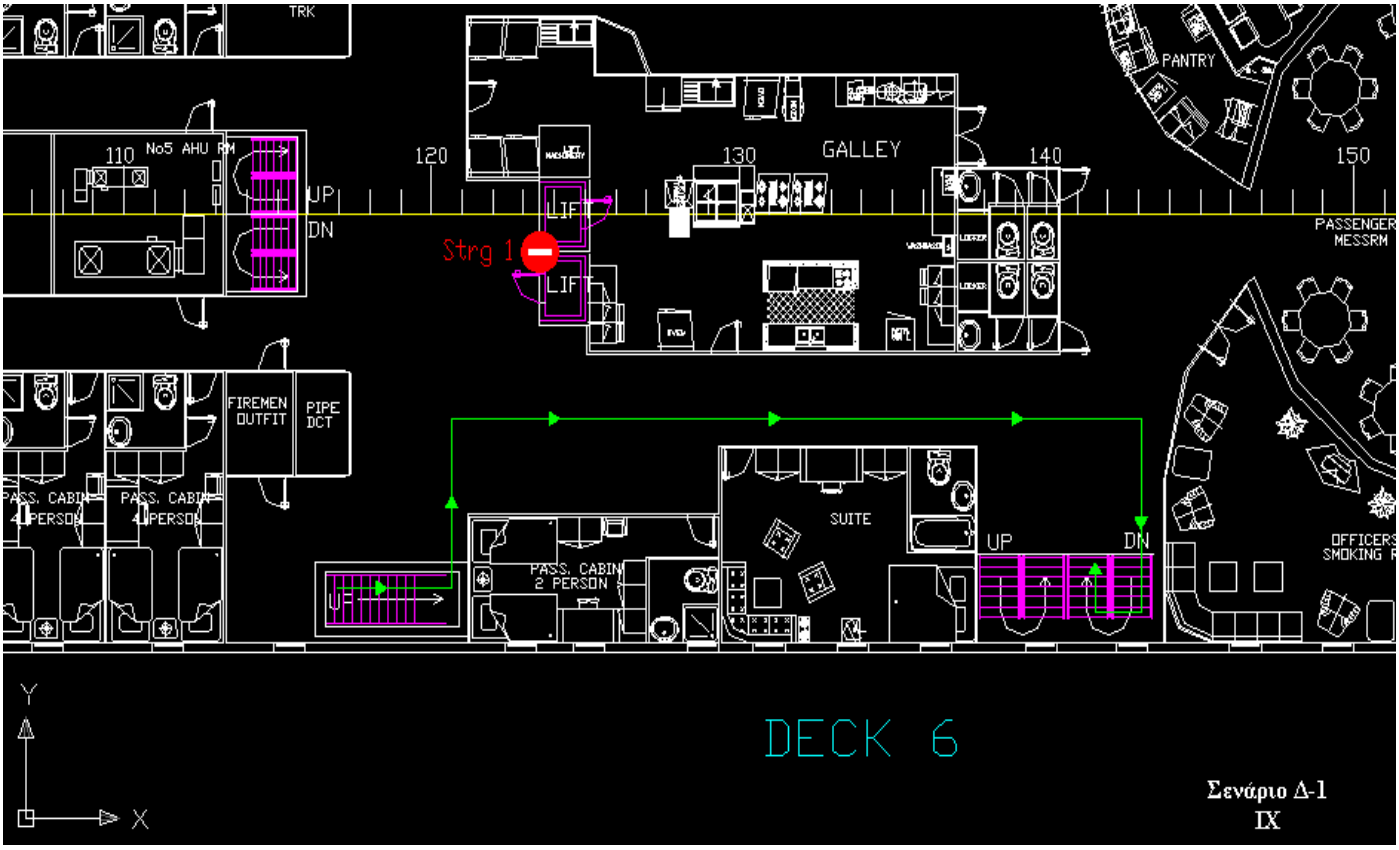
(Σχέδιο Δ_1-6)



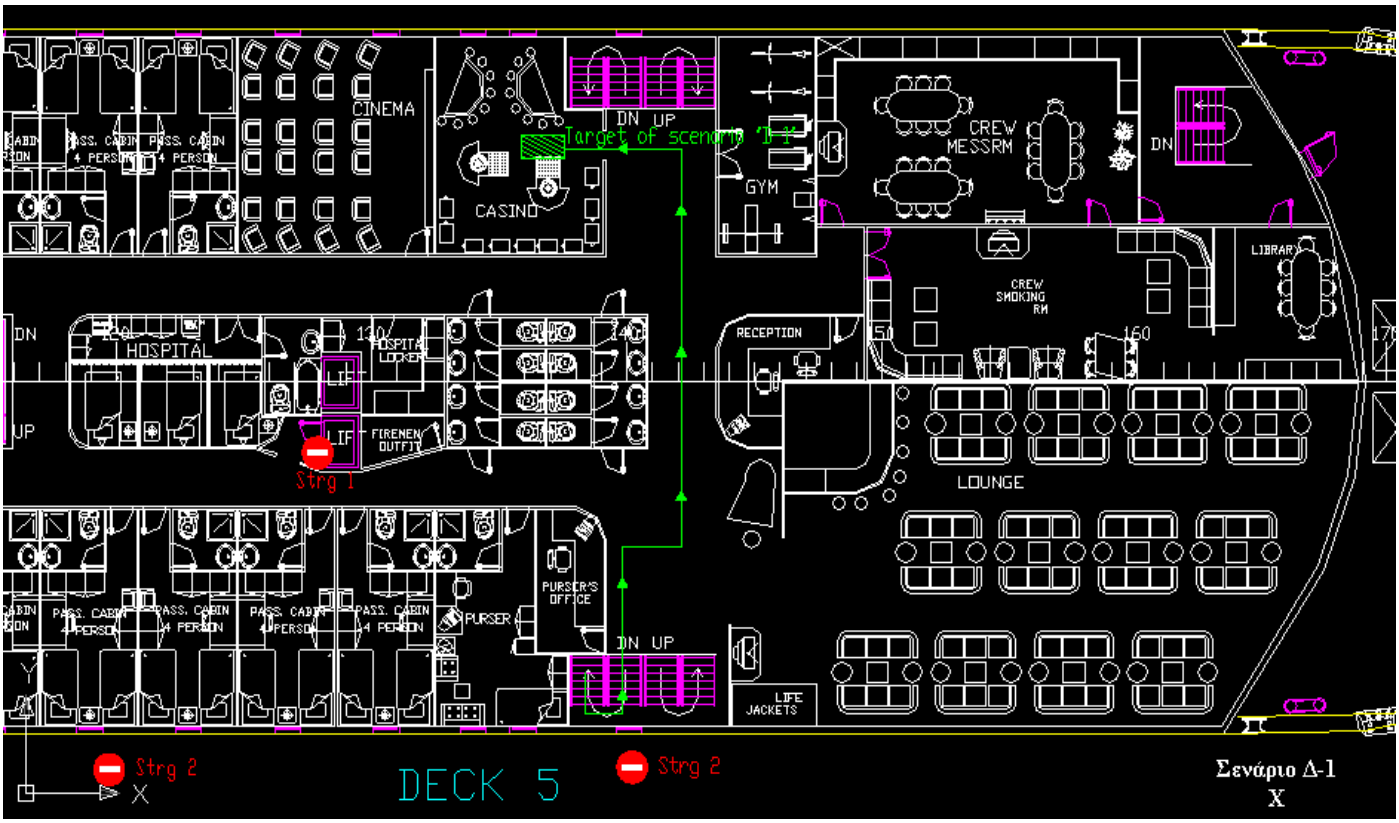
(Σχέδιο Δ_1-7)



(Σχέδιο Δ_1-8)

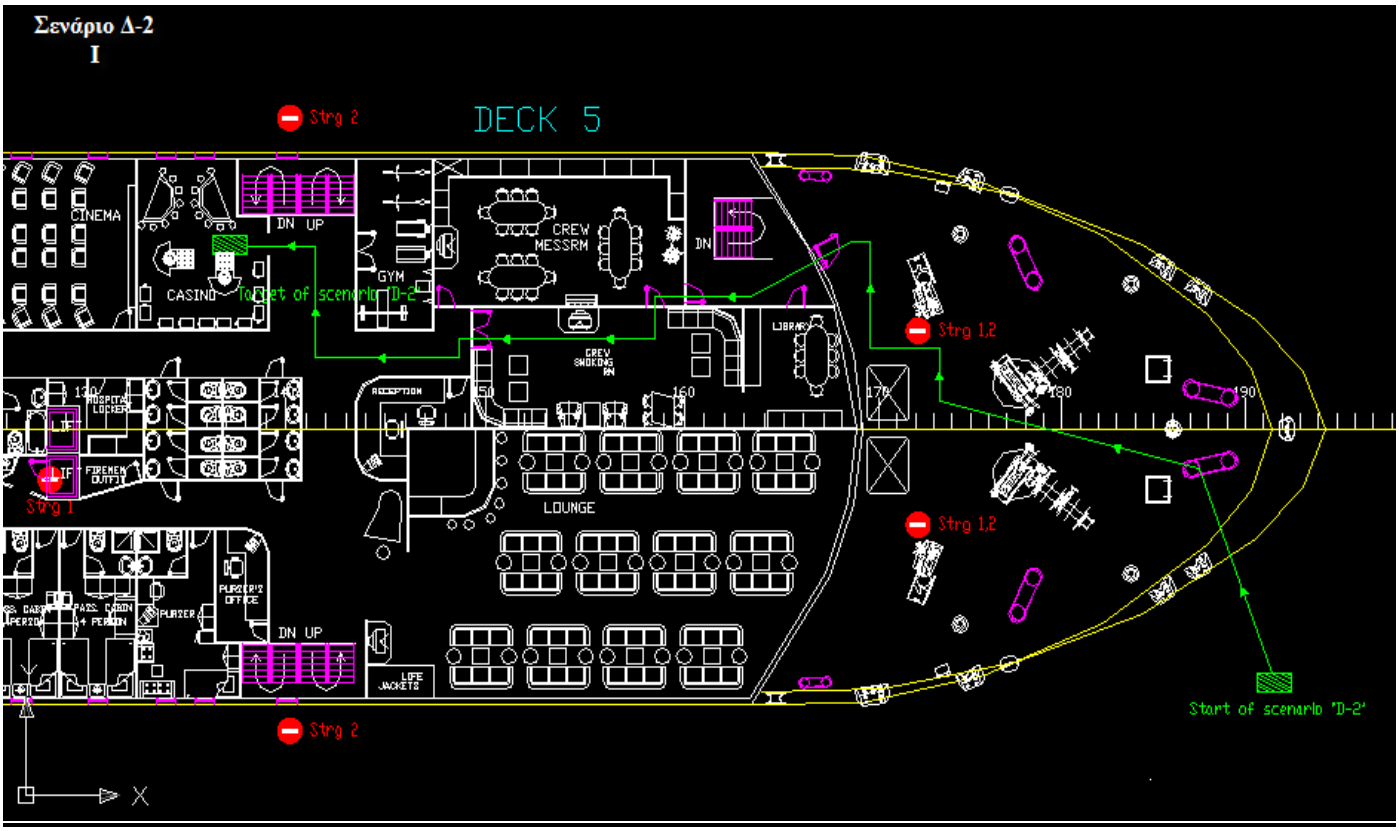


(Σχέδιο Δ_1-9)



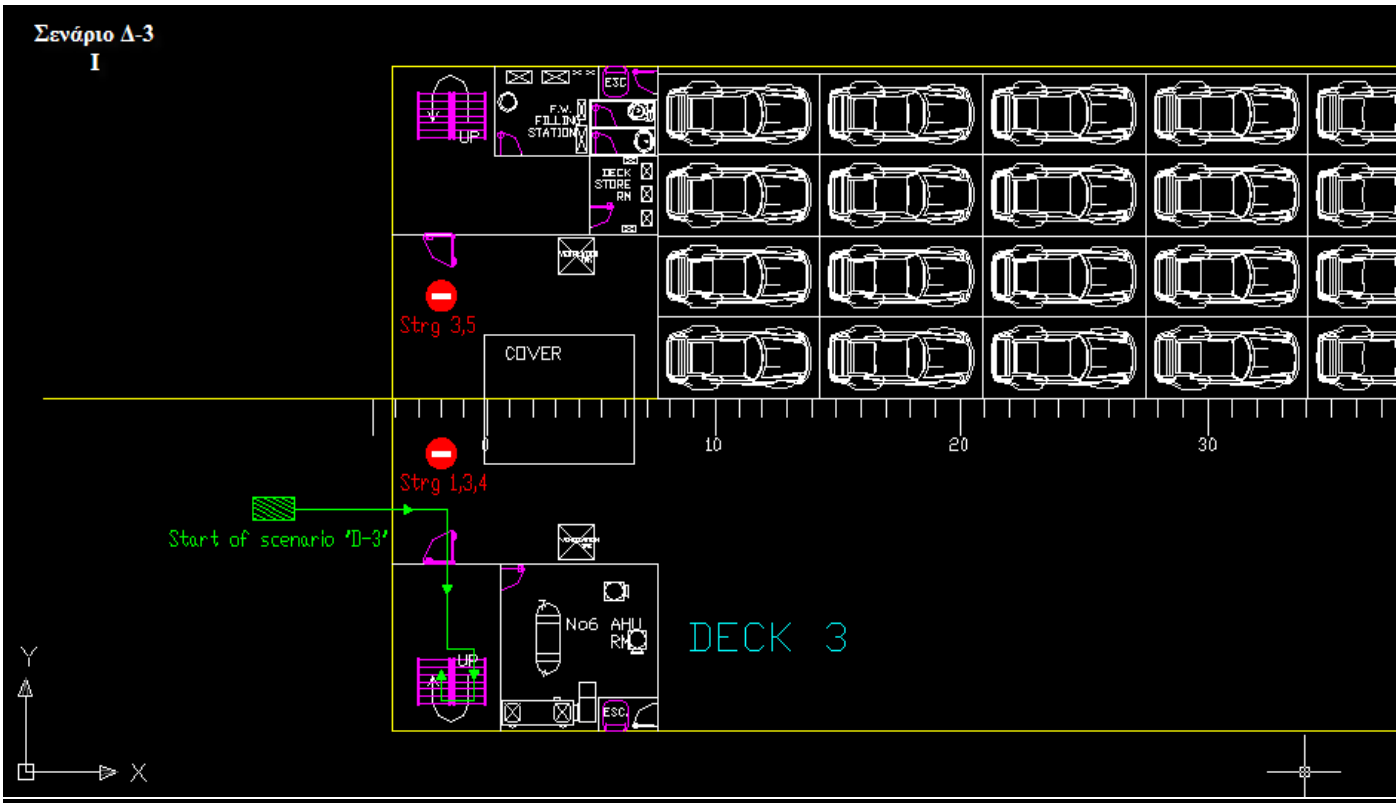
(Σχέδιο A_1-10)

3.7.7.2 Στρατηγική Δ_2

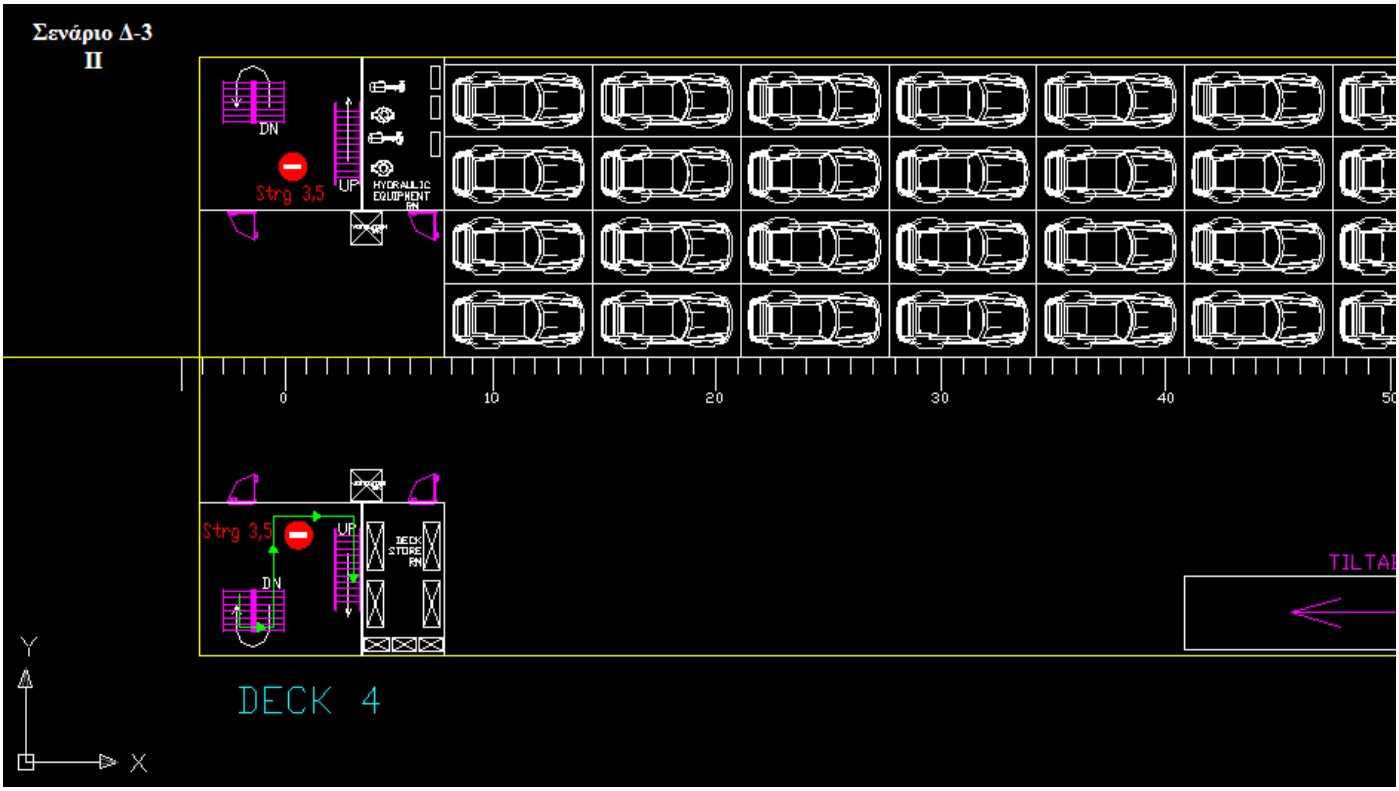


(Σχέδιο Δ_2-1)

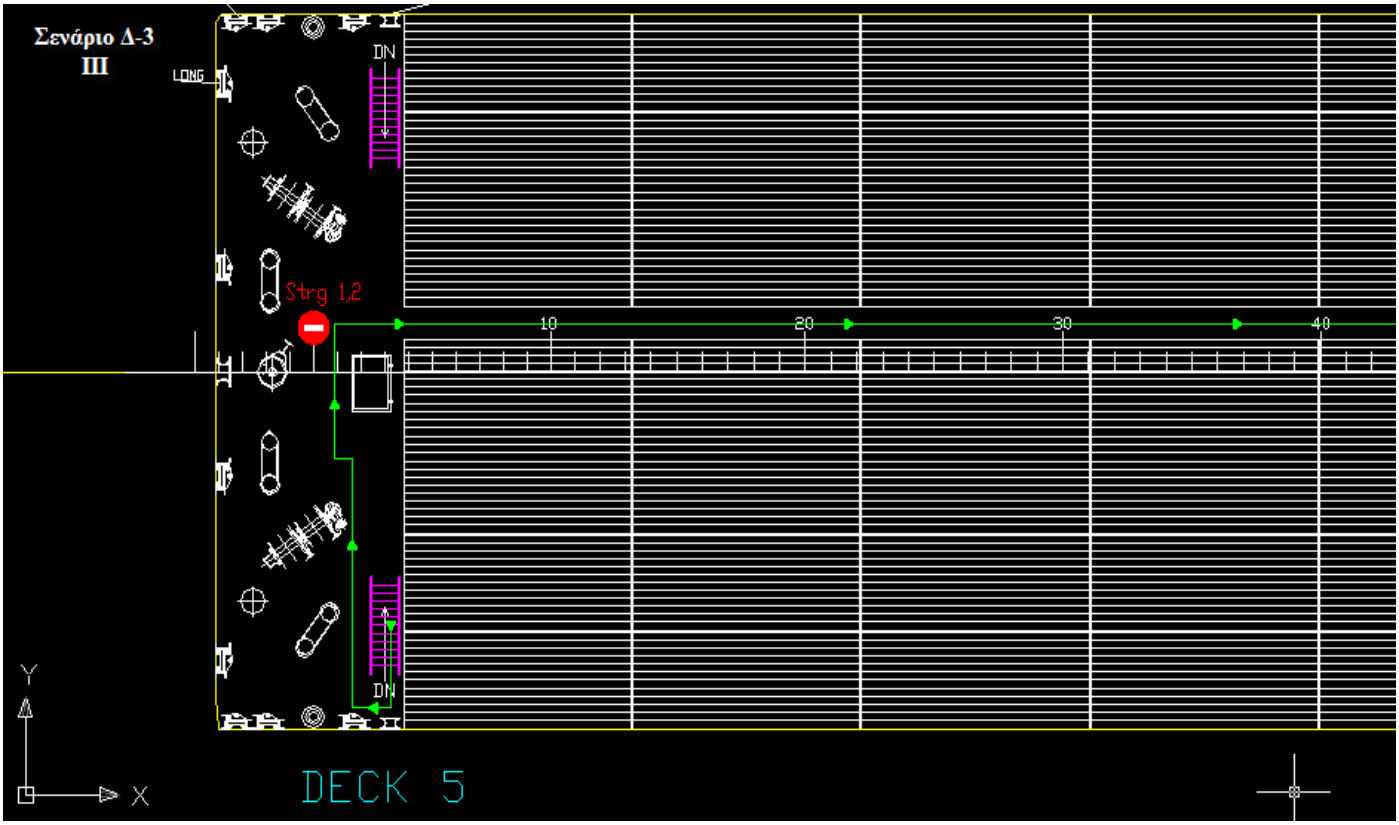
3.7.7.3 Στρατηγική Δ_3



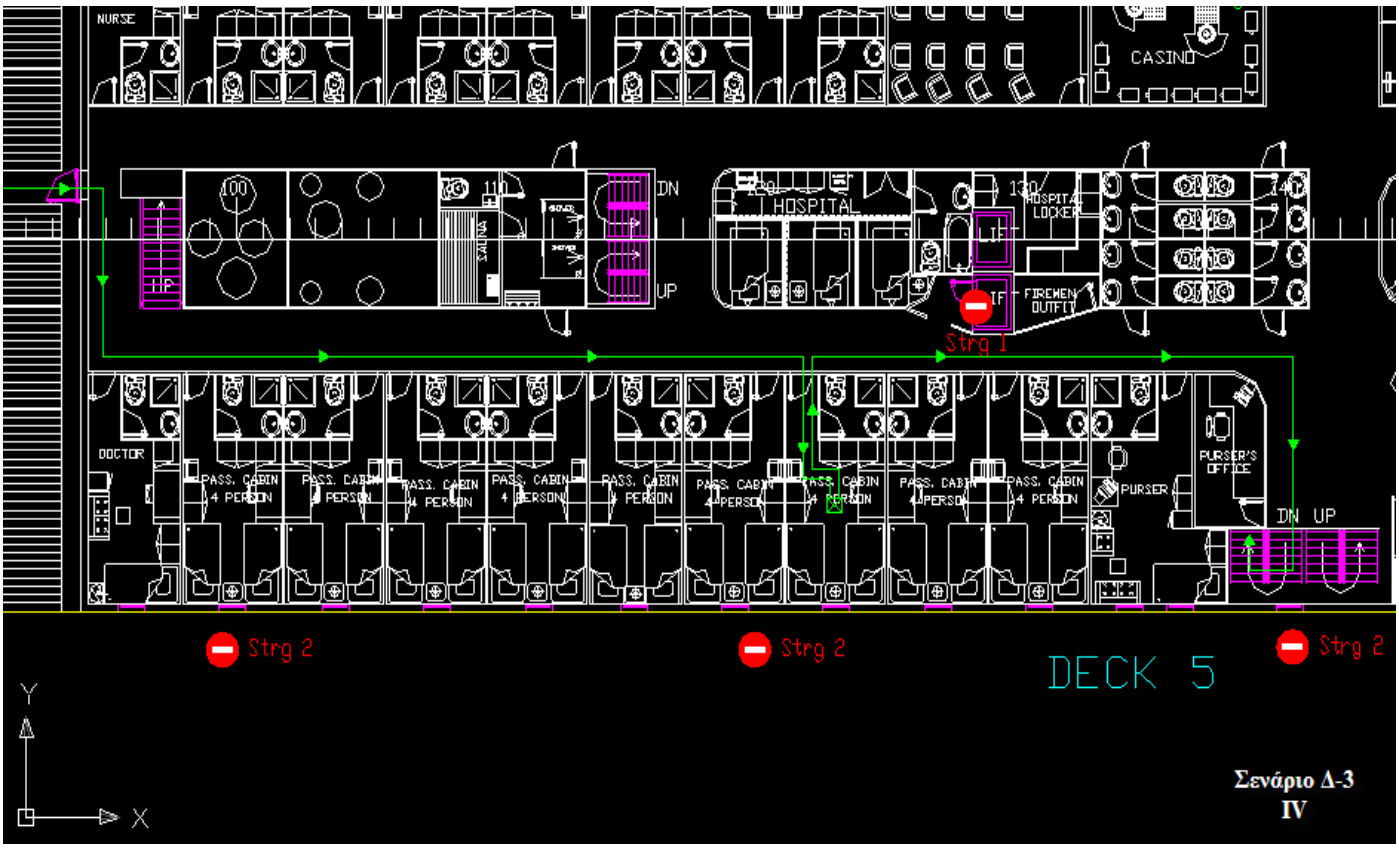
(Σχέδιο Δ_3-1)



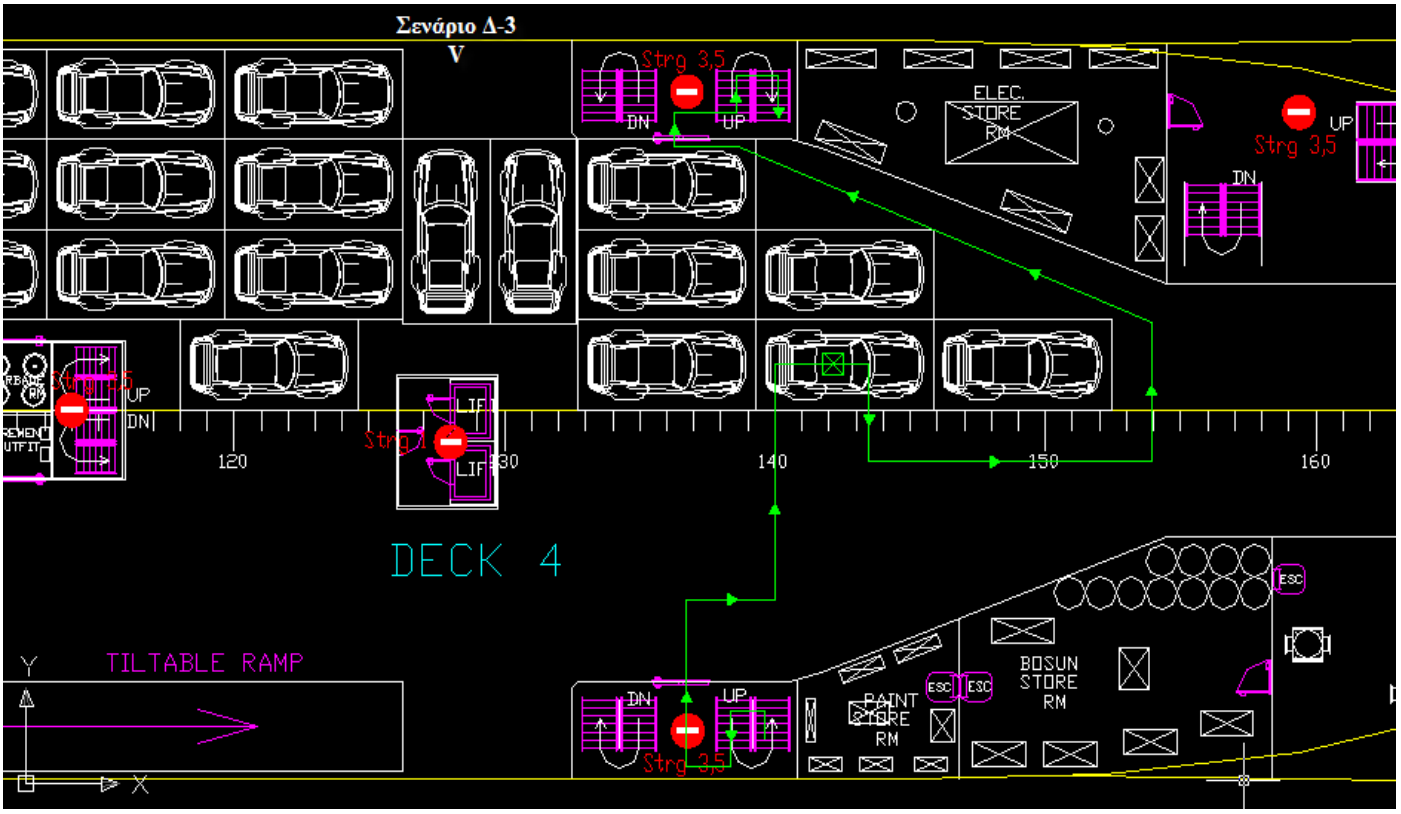
(Σχέδιο Δ_3-2)



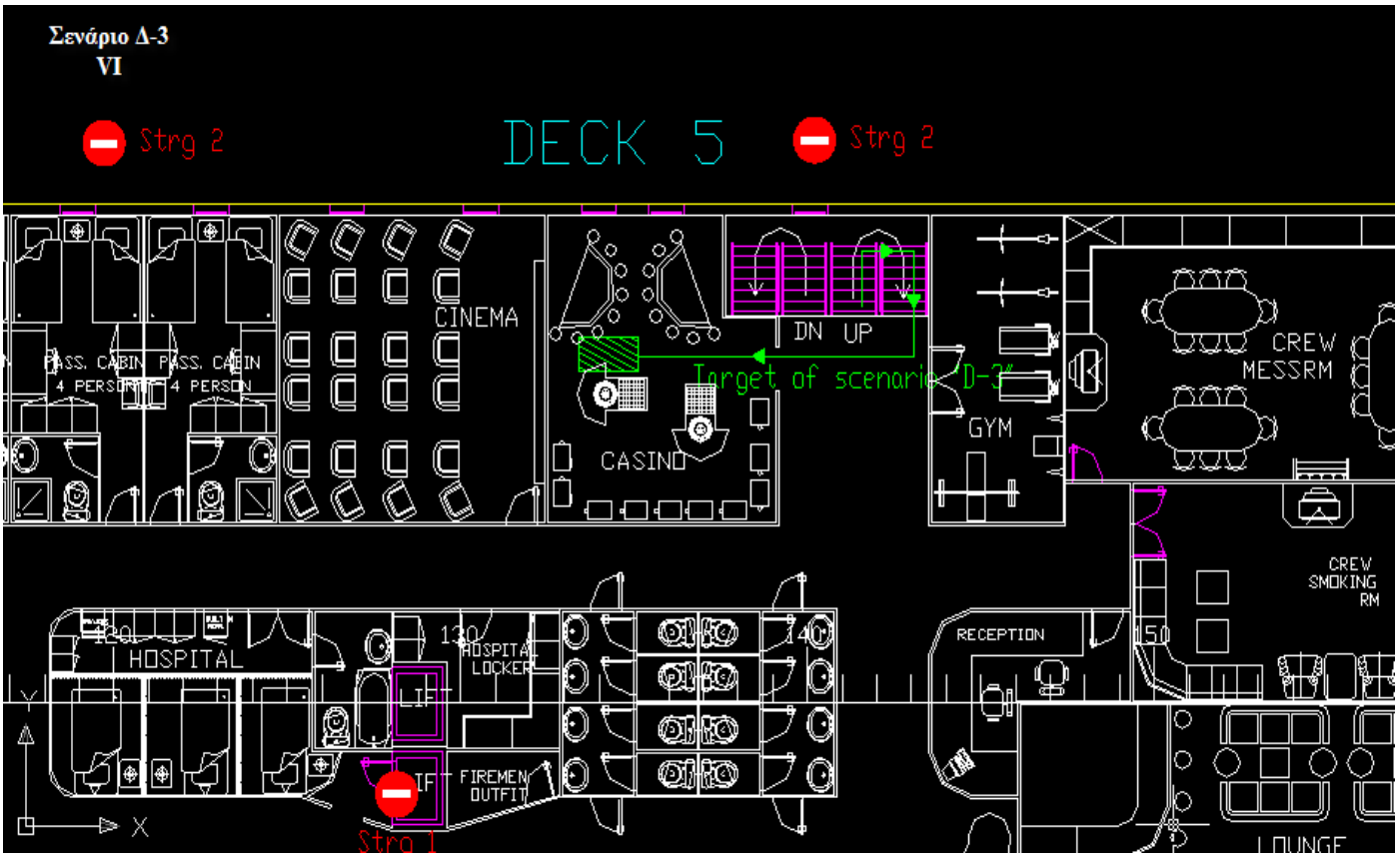
(Σχέδιο Δ_3-3)



(Σχέδιο Δ_3-4)

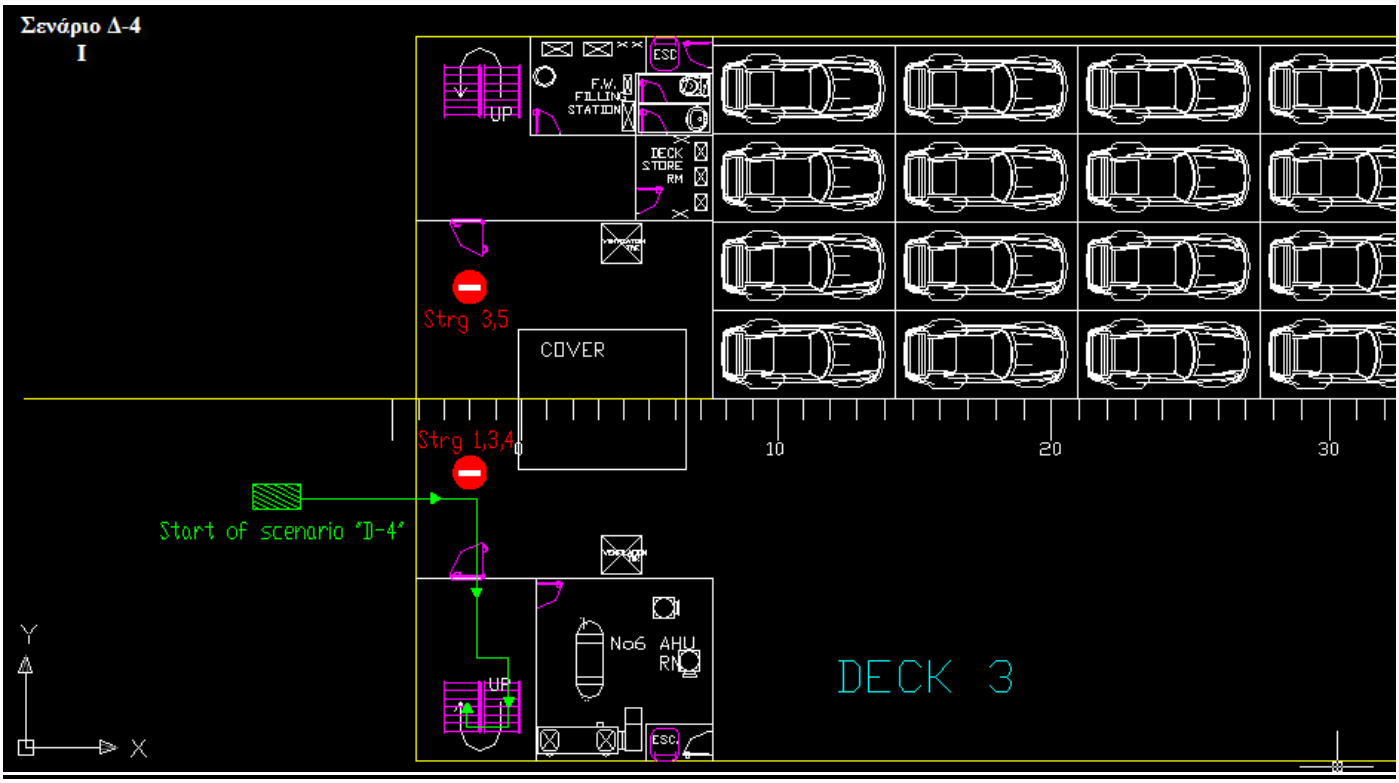


(Σχέδιο Δ_3-5)

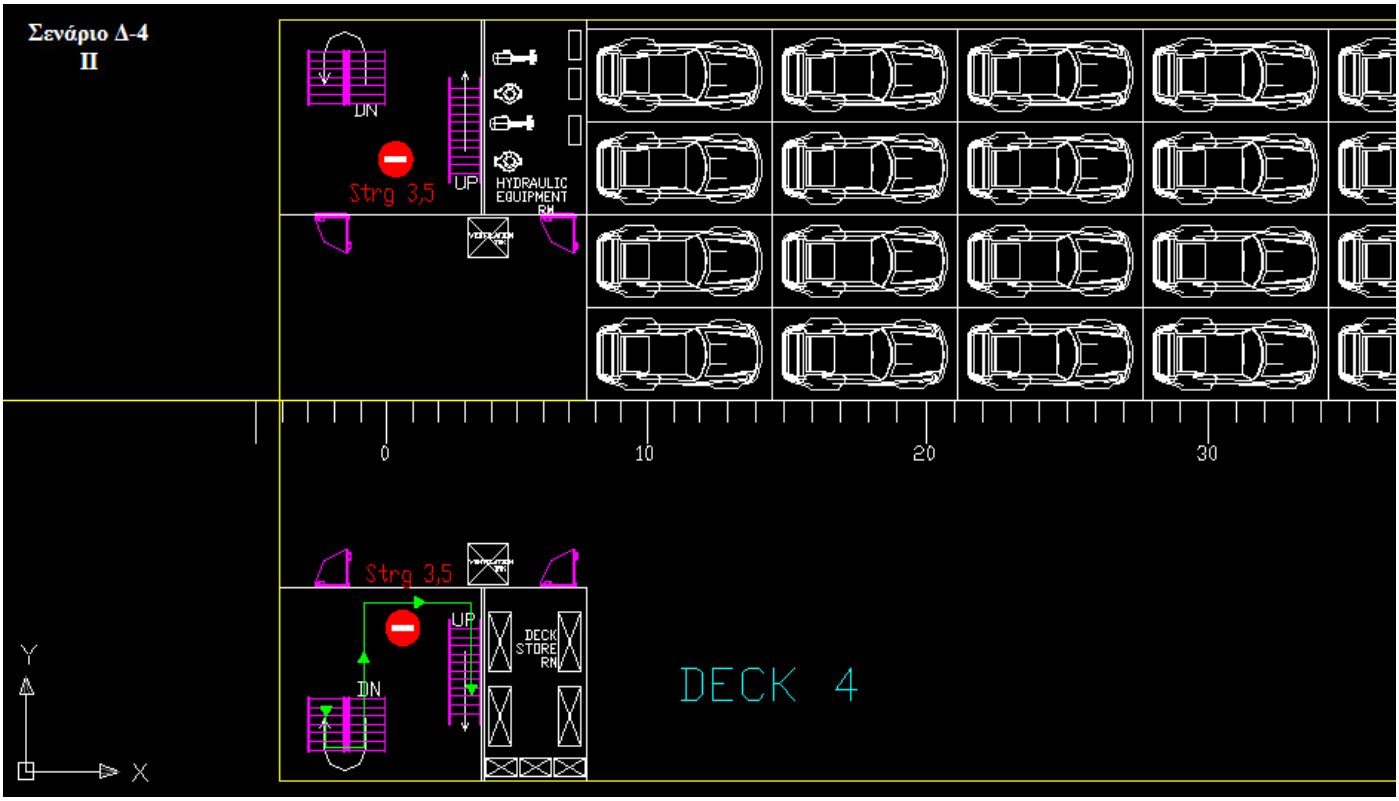


(Σχέδιο Δ_3-6)

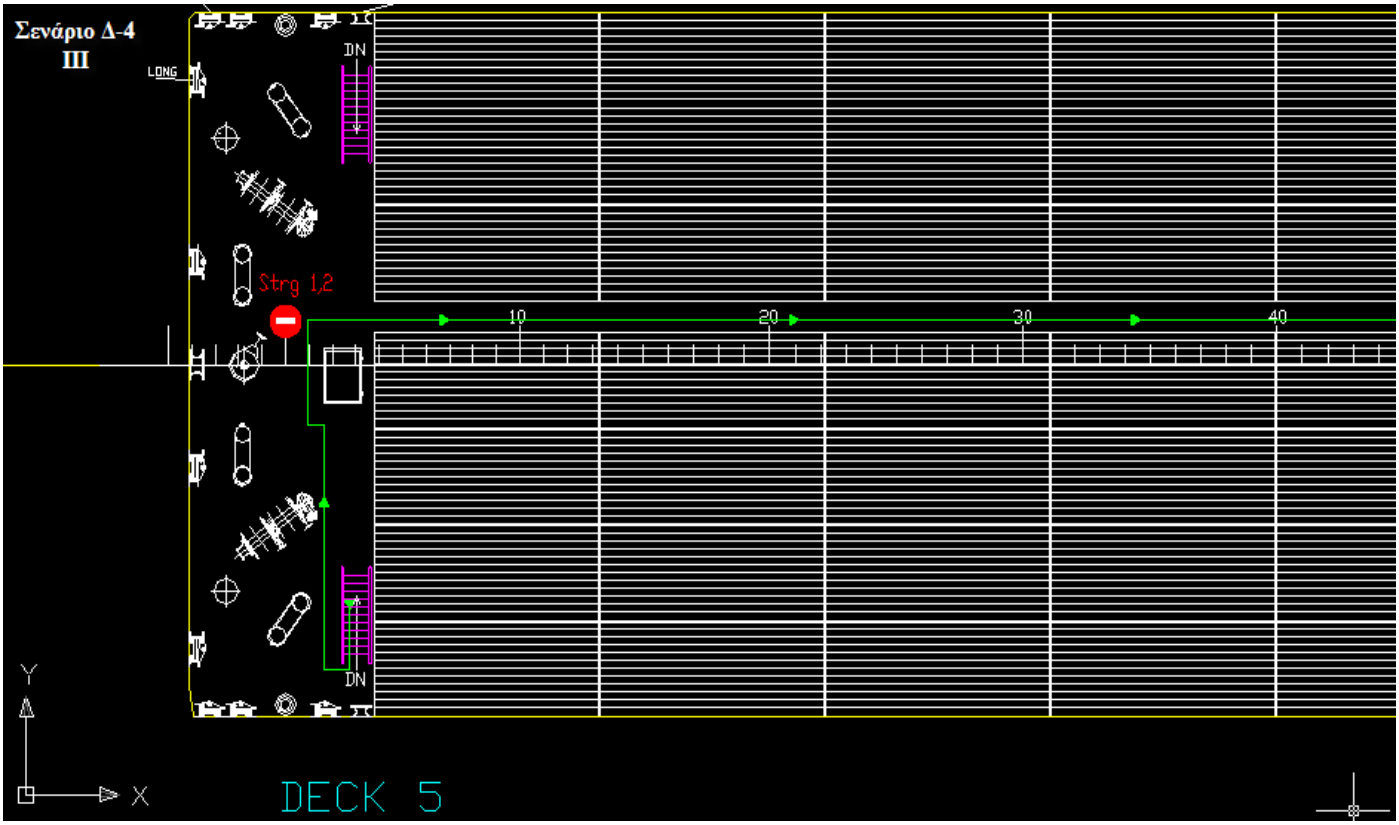
3.7.7.4 Στρατηγική Δ_4



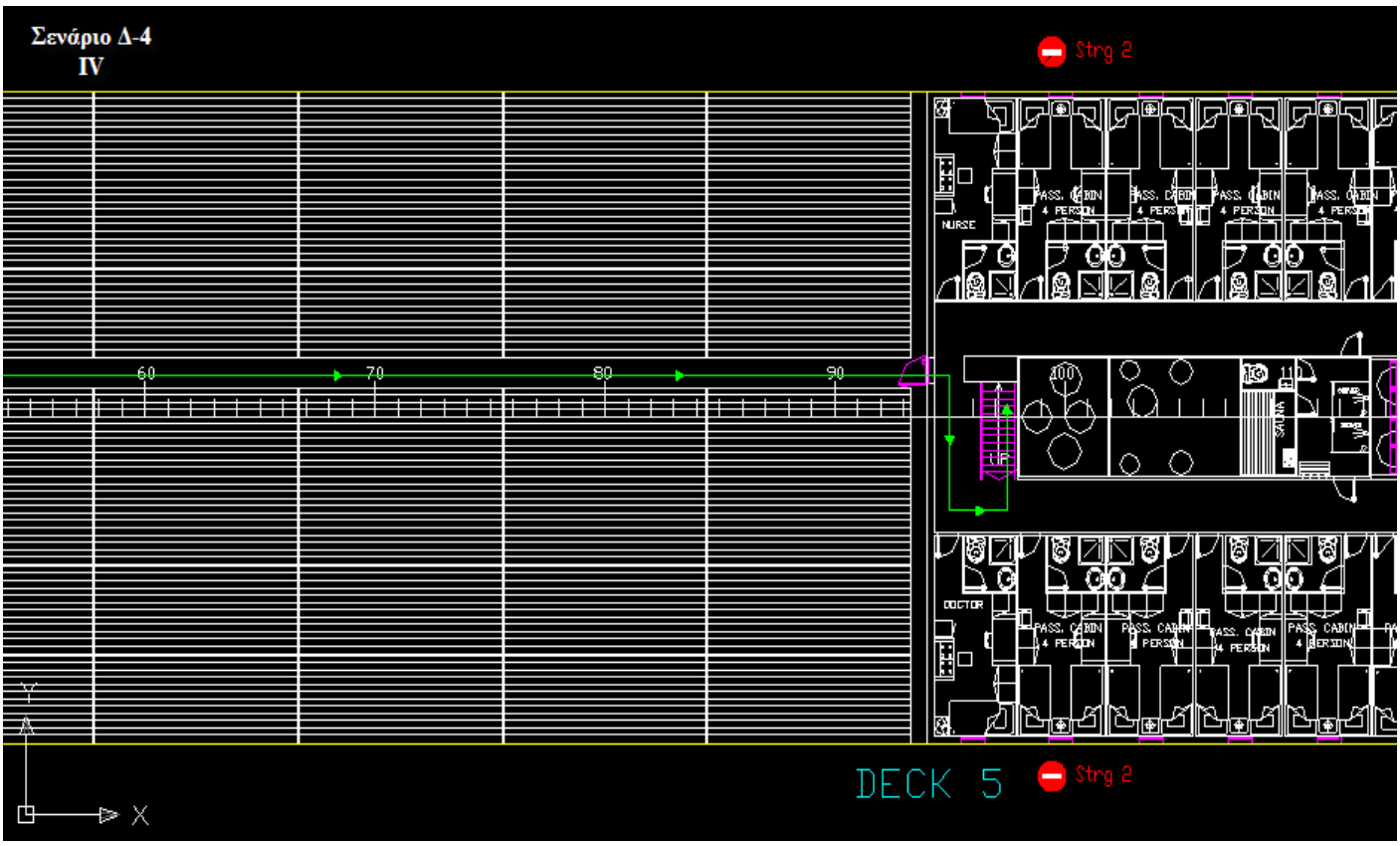
(Σχέδιο Δ_4-1)



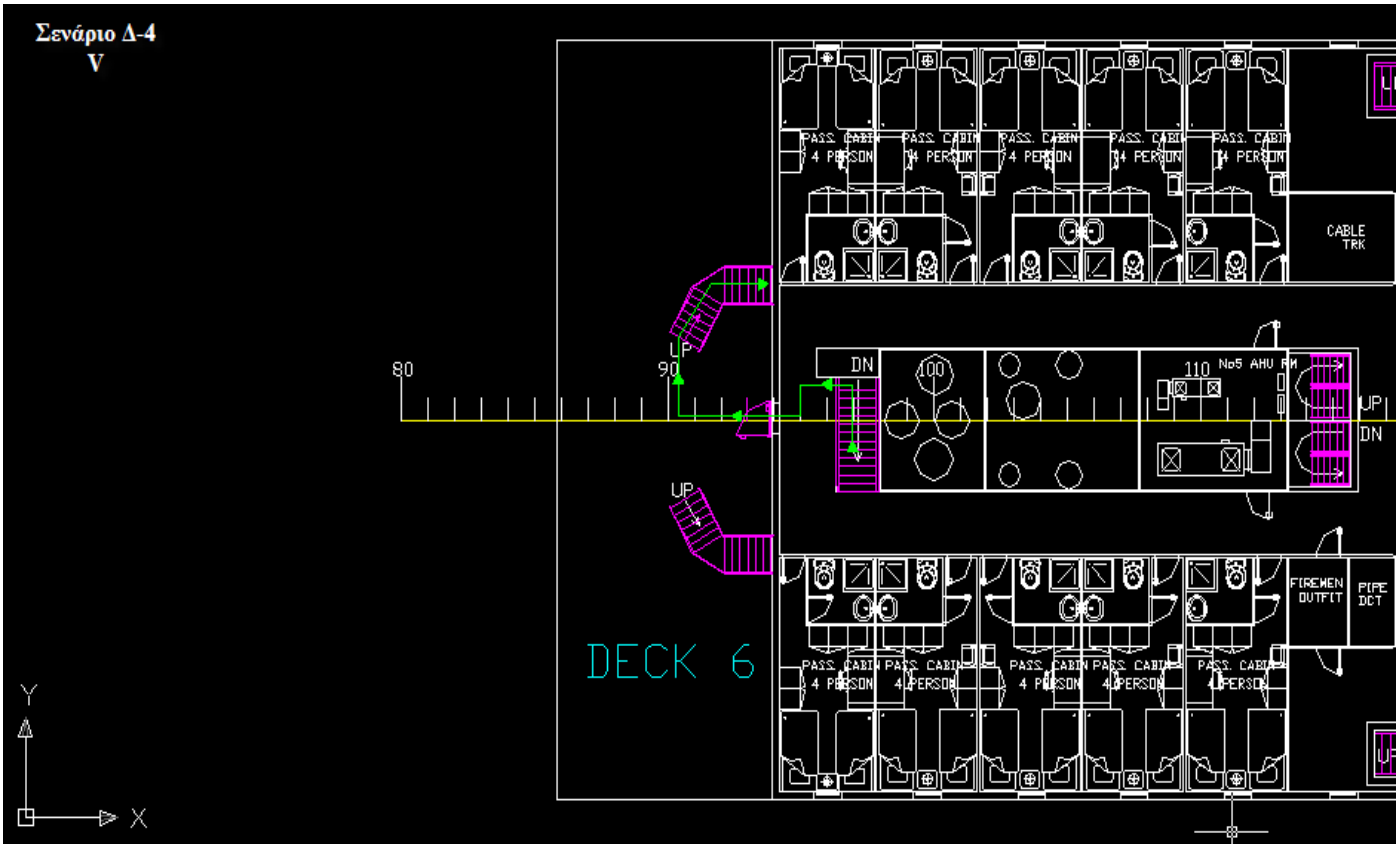
(Σχέδιο Δ_4-2)



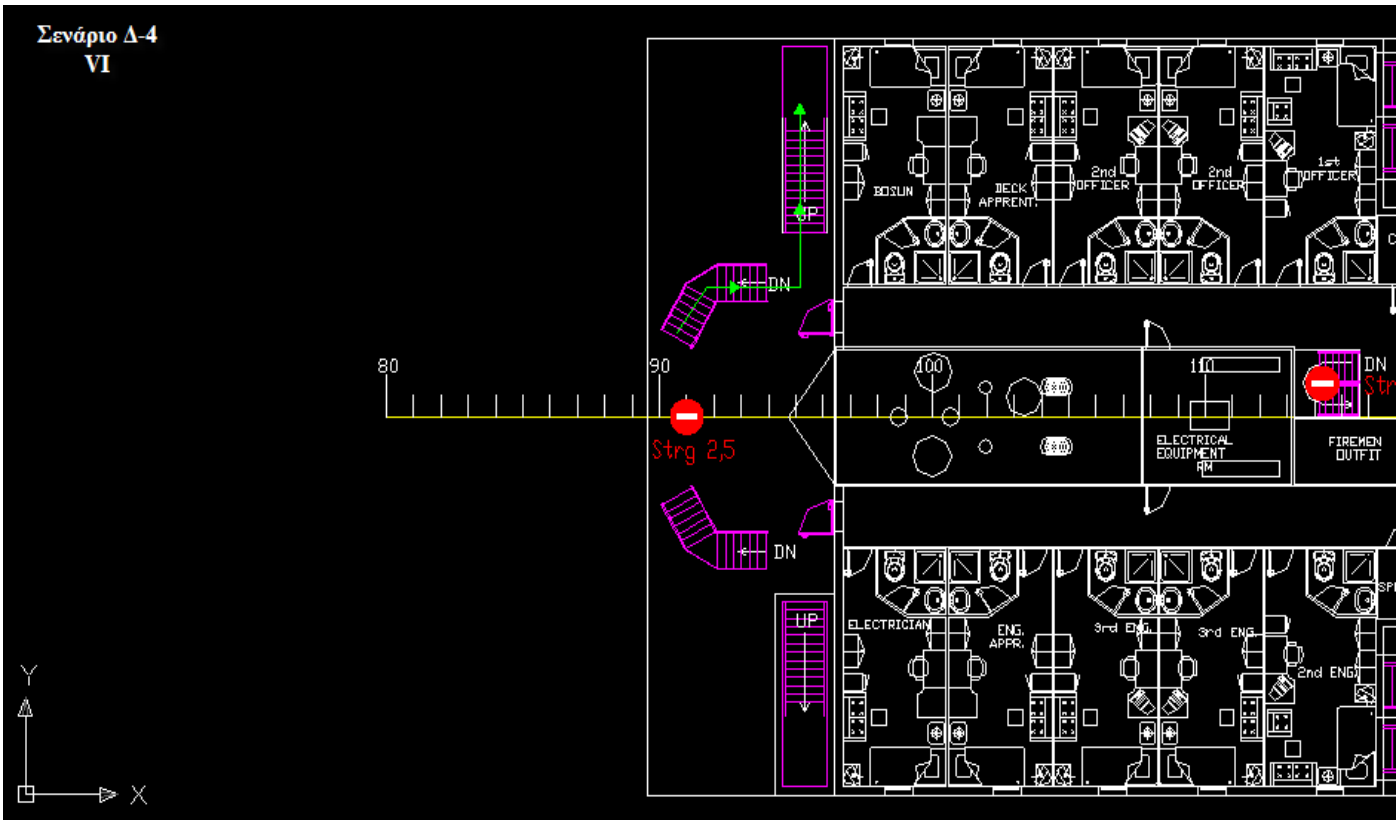
(Σχέδιο Δ_4-3)



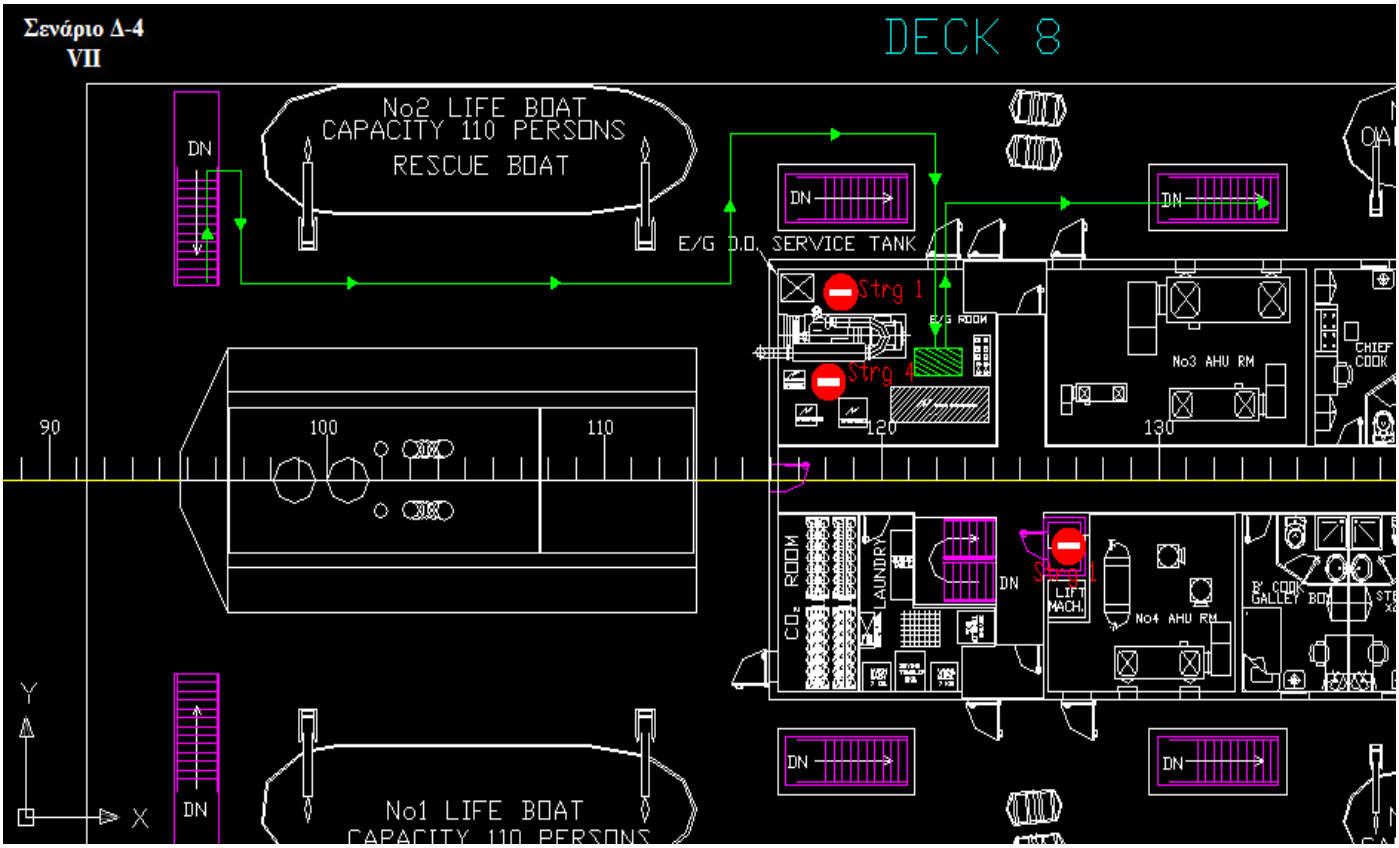
(Σχέδιο Δ_4-4)



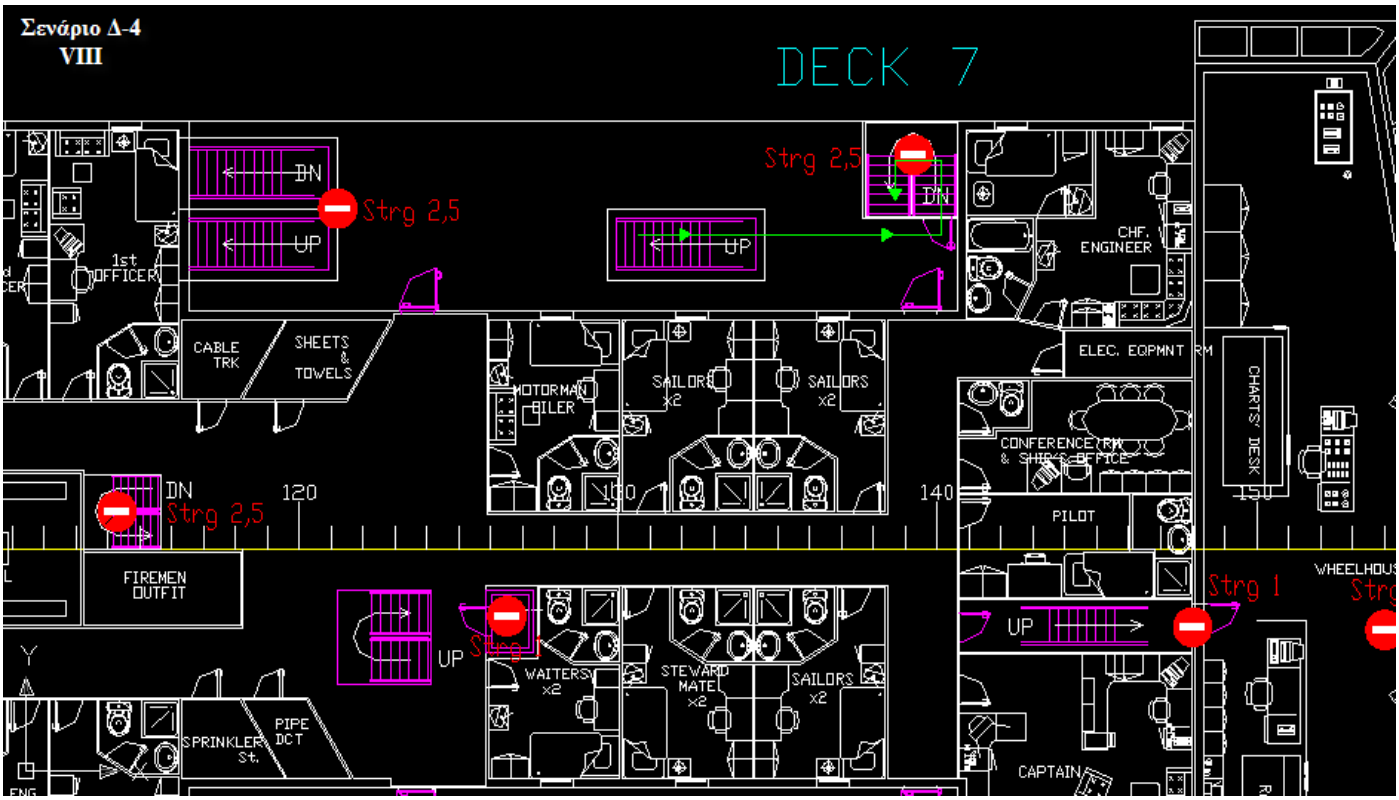
(Σχέδιο Δ_4-5)



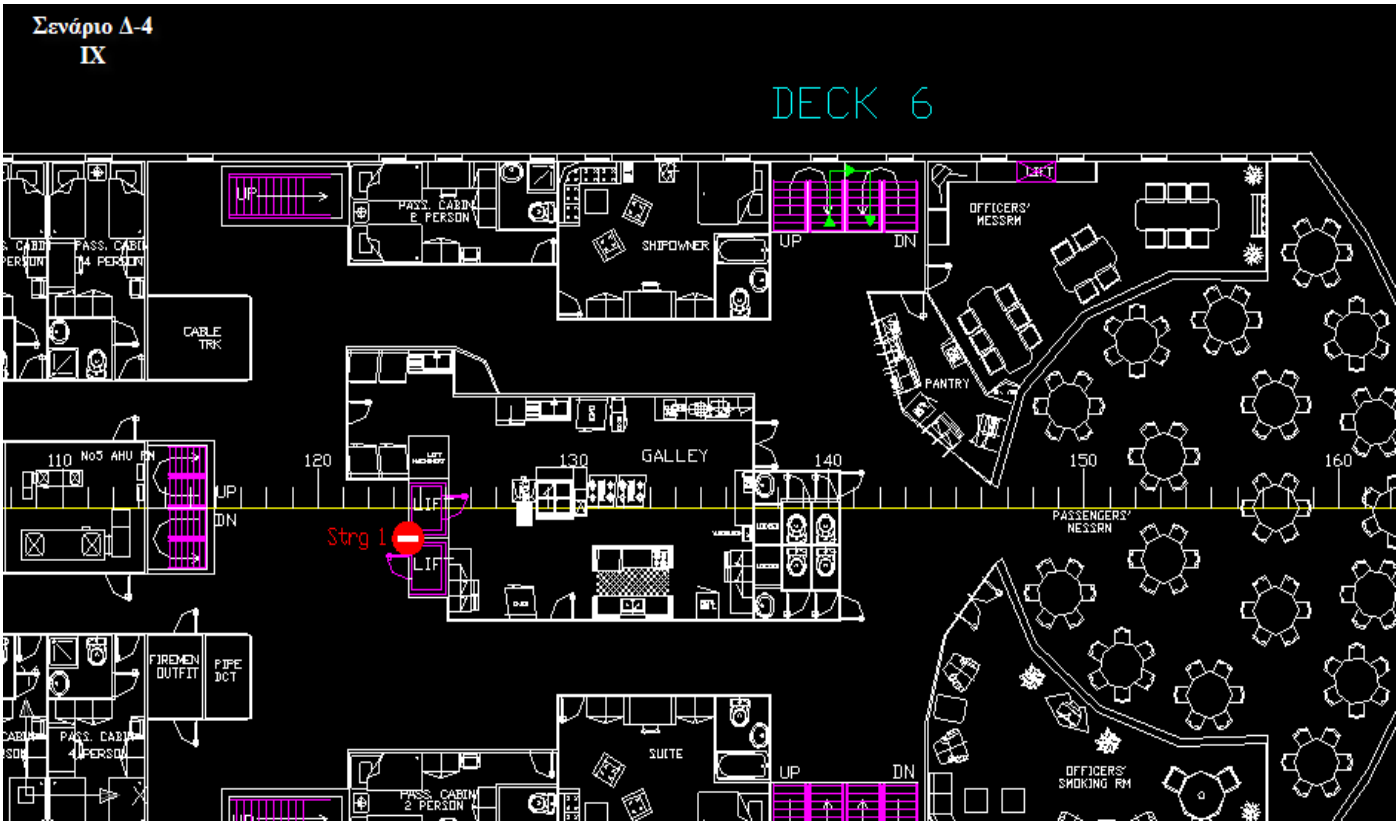
(Σχέδιο Δ_4-6)



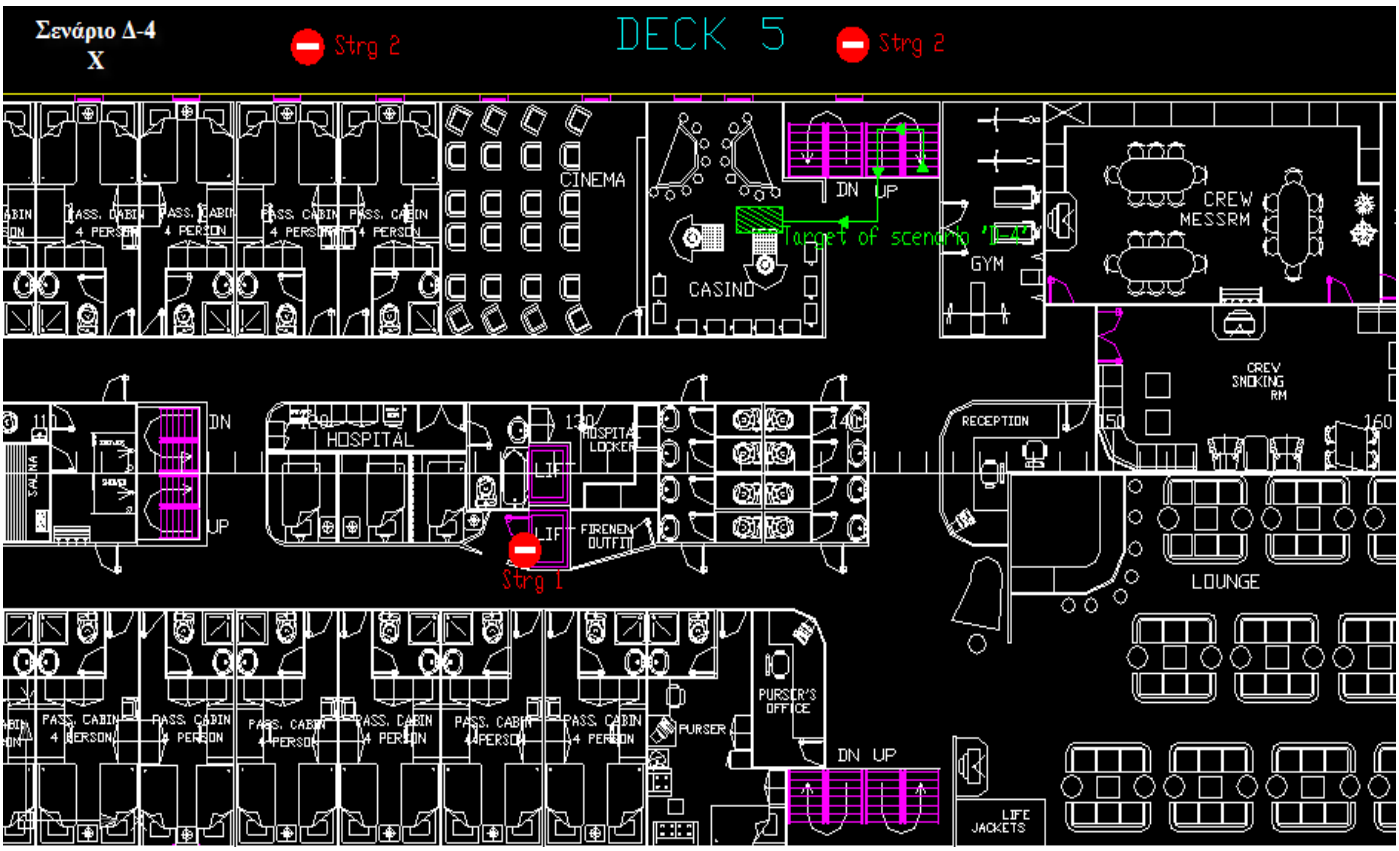
(Σχέδιο Δ_4-7)



(Σχέδιο Δ_4-8)

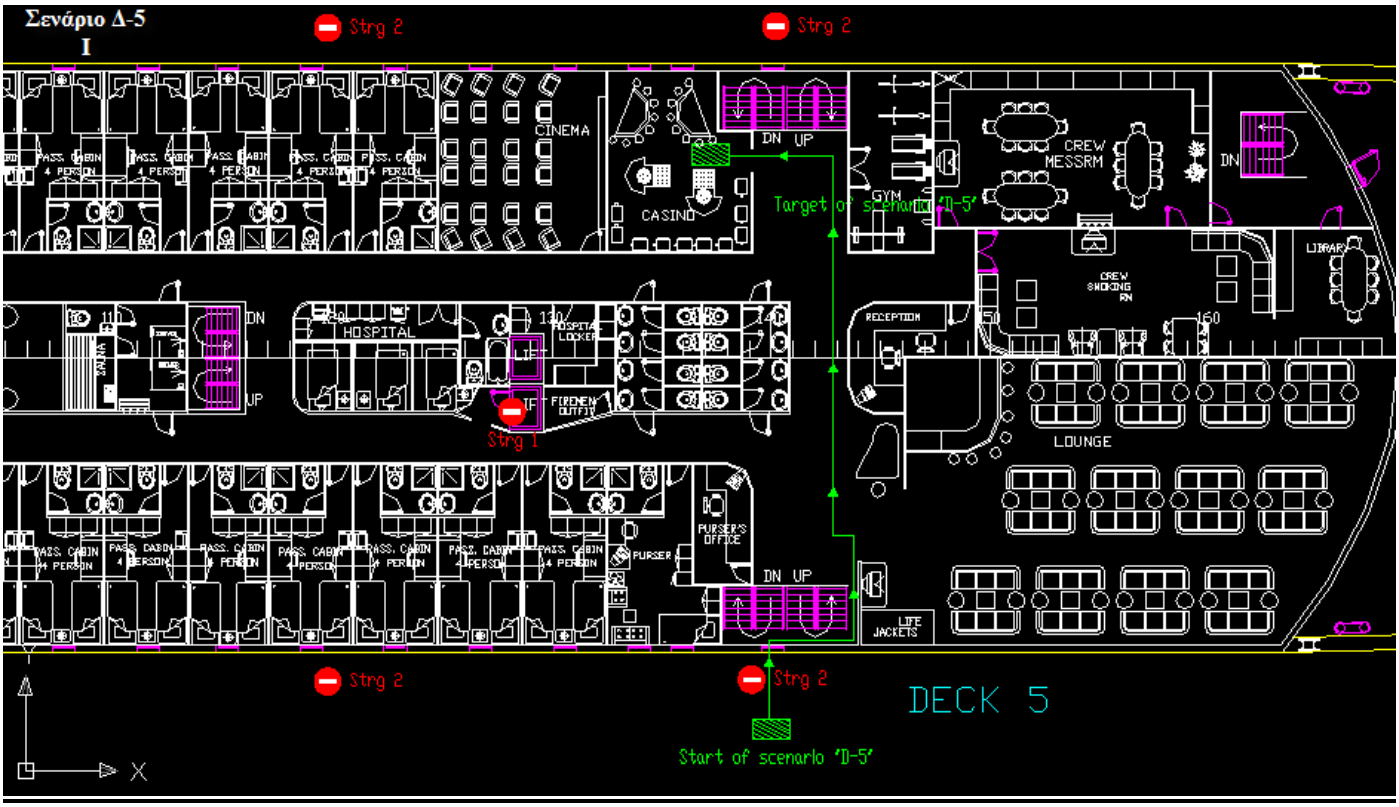


(Σχέδιο Δ_4-9)



(Σχέδιο Δ_4-10)

3.7.7.5 Στρατηγική Δ_5



(Σχέδιο Δ_5-1)

3.8 ΣΕΝΑΡΙΟ Ε

Άνθρωποι ανταγωνιστικής εταιρίας προσπαθούν να προκαλέσουν δολιοφθορά στο πλοίο με σκοπό να επωφεληθούν οικονομικά. Στόχος τους είναι να προκαλέσουν ζημιά στο πηδάλιο του πλοίου.

3.8.1 Στρατηγικές επίθεσης των Ανταγωνιστών (Τ)

Στρατηγική Ε-1: Άνθρωπος ανταγωνιστικής εταιρίας εισέρχεται στο πλοίο ως επισκέπτης, πριν αυτό αναχωρήσει, με σκοπό να προκαλέσει βλάβη στο πηδάλιο του πλοίου.

Στρατηγική Ε-2: Άνθρωποι ανταγωνιστικής εταιρίας εισέρχονται στο πλοίο αναρριχόμενοι από τις άγκυρες και τους κάβους του, έχοντας ως στόχο τη πρόκληση φθοράς στο σύστημα πηδαλιουχίας του πλοίου.

Στρατηγική Ε-3: Άνθρωποι ανταγωνιστικής εταιρίας αποστέλλουν μέσω ασυνόδευτης αποσκευής μικρή ποσότητα εκρηκτικών (η οποία θα ενεργοποιηθεί μέσω remote control), με σκοπό να προκληθεί αναστάτωση επάνω στο πλοίο από την έκρηξη που θα προκληθεί.

Στρατηγική Ε-4: Άνθρωποι ανταγωνιστικής εταιρίας εισέρχονται στο πλοίο μεταμφιεσμένοι σε συνεργείο μηχανικών με σκοπό να προκαλέσουν βλάβη στο σύστημα πηδαλιουχίας του πλοίου.

Στρατηγική Ε-5: Άνθρωποι ανταγωνιστικής εταιρίας προσεγγίζουν το πλοίο από την παράκτια πλευρά του κατά την περίοδο της νύχτας, ενώ αυτό βρίσκεται στο λιμάνι, και εισέρχονται σε αυτό μέσα από κάποιο φιλιστρίνι. Σκοπός τους είναι να προκαλέσουν βλάβη στο πηδάλιο του πλοίου.

Το δρομολόγιο που σκοπεύουν να ακολουθήσουν οι ανταγωνιστές πάνω στο πλοίο για να εκτελέσουν την κάθε στρατηγική εμφανίζεται στο αντίστοιχο φύλλο του προγράμματος AutoCAD σχεδιασμένο πάνω στη γενική διάταξη του πλοίου καθώς και στο τέλος του σεναρίου (3.8.6).

3.8.2 Επιλογές Φυλάκων

57. Διαδικασίες ελέγχου ταυτοτήτων οποιουδήποτε ανεβαίνει στο σκάφος και ταυτοποίηση των στοιχείων τους σε περίπτωση συνεργείου.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
58. Δημιουργία ειδικών χώρων (σε συνεργασία με τις λιμενικές αρχές) για τον έλεγχο των επιβατών και των αποσκευών τους.
    (κόστος πραγματοποίησης: 600 €)
59. Έλεγχος οχημάτων που πρόκειται να επιβιβαστούν στο πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 440 €)
60. Σκανάρισμα (X-ray) και έλεγχος των ασυνόδευτων αποσκευών από το λιμάνι ή το πλοίο πριν φορτωθούν.
    (κόστος πραγματοποίησης: 230 €)
61. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 5^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 4^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
62. Περιπολίες στο κατάστρωμα κυρίως ώρες κοινής ησυχίας για την πρόληψη τυχόν ανεπιθύμητων επιβιβάσεων ή ύποπτων μετακινήσεων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 180 €)
63. Επικοινωνία με το λιμάνι για χαρακτηρισμό της παράκτιας πλευράς του πλοίου (όταν αυτό είναι δεμένο στο λιμάνι) ως « μη προσβάσιμη περιοχή » και περιφρούρηση αυτής, καθώς και περιπολίες με βάρκες γύρω από το πλοίο.
    (κόστος πραγματοποίησης: 500 €)
64. Παρακολούθηση με την τοποθέτηση φρουρών-μελών του πληρώματος όλων των σκαλών του 6^{ου} καταστρώματος που οδηγούν στο 7^{ο} κατάστρωμα, ώστε να απαγορευτεί τυχόν αυθαίρετη πρόσβαση.
    (κόστος πραγματοποίησης: 520 €)
65. Χρήση των ανελκυστήρων μόνο από εξουσιοδοτημένα πρόσωπα με τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος που λειτουργεί με κωδικό πρόσβασης.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)
66. Τοποθέτηση ειδικών φρουρών στην είσοδο αιθουσών του πλοίου που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την λειτουργία του και μπορούν εύκολα να προστατευτούν με ένα φρουρό, όπως η γέφυρα, το δωμάτιο ελέγχου (control room), το δωμάτιο των power supplies και το steering gear room.
    (κόστος πραγματοποίησης: 870 €)
67. Χρήση κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης ή συσκευές αυτόματης ανίχνευσης και ειδοποίησης σε περίπτωση εισβολέα στις περιοχές περιορισμένης πρόσβασης του πλοίου. (Navigation bridge, control stations, rooms with air-condition systems and ventilation, spaces with access to potable water tanks and pumps, power supplies, steering gear room)
    (κόστος πραγματοποίησης: 970 €)

68. Οι επισκέπτες του πλοίου συνοδεύονται.
    (κόστος πραγματοποίησης: 90 €)
69. Έλεγχος κατά την παραλαβή των προμηθειών του πλοίου ώστε να επιβεβαιώνεται ότι δεν υπάρχει τυχόν φθορά ή προσθήκη επικίνδυνων ουσιών, καθώς και ταυτοποίηση ότι δεν φορτώνεται στο πλοίο κάτι επιπλέον από αυτό που έχει παραγγελθεί.
    (κόστος πραγματοποίησης: 150 €)
70. Επαρκής επιπρόσθετος φωτισμός πάνω και γύρω από το πλοίο για διευκόλυνση του έργου των φρουρών και των περιπόλων.
    (κόστος πραγματοποίησης: 100 €)

Κάθε πιθανή επιλογή των φυλάκων του πλοίου συνοδεύεται από ένα κόστος πραγματοποίησης ανά ταξίδι. Η ποσότητα αυτή είναι μια συνάρτηση ανάλογη της δυσκολίας αλλά και του κόστους που εμφανίζει η υιοθέτηση του συγκεκριμένου μέτρου προστασίας. Τα μεγέθη που έχουν προκύψει για κάθε επιλογή φαίνονται αναλυτικότερα στο σενάριο Α.

Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι θεωρούμε ότι οι (Φ) δεν μπορούν καλύψουν όλα τα πιθανά σενάρια απειλής. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την άποψη του κόστους, της επιπλέον απασχόλησης ανθρώπινου δυναμικού αλλά και της σημαντικής πίεσης χρόνου που θα απαιτούσε η εφαρμογή όλων των παραπάνω επιλογών.

Όλες οι παραδοχές και οι συμβάσεις που υποτέθηκαν στο Α σενάριο ισχύουν και εδώ απλά δεν καταγράφονται.

3.8.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)

Οι Φύλακες έχουν το δικαίωμα να ακολουθήσουν όποια στρατηγική θέλουν, η οποία θα είναι συνδυασμός των προαναφερθέντων επιλογών. Στο σημείο όμως αυτό και βάση της παραδοχής που έγινε στην αρχή μπαίνει ο περιορισμός ότι η κάθε πιθανή στρατηγική δεν θα υπερβαίνει τα ‘‘1800 €/ταξίδι’’ κόστους πραγματοποίησης.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-5 όπου:

Φ-1 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+6+9+10+13 (1450 € κ.π.)
Φ-2 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 2+4+6+8+12+14 (1720 € κ.π.)
Φ-3 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+3+5+7+12 (1700 € κ.π.)
Φ-4 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 1+7+11+12 (1690 € κ.π.)
Φ-5 Περιλαμβάνει τις επιλογές των (Φ): 3+4+5+8+12 (1800 € κ.π.)

(*Να σημειωθεί εδώ ότι θα μπορούσαμε να κάνουμε περισσότερους συνδυασμούς επιλογών και να προκύψουν επιπλέον στρατηγικές, ενδεικτικά όμως σταματάμε εδώ*)

3.8.4 Πίνακας αποδόσεων – Μέθοδοι λύσης

Στο σενάριο Ε έχουμε την πρόθεση ανθρώπων ανταγωνιστικής εταιρίας να προκαλέσουν δολιοφθορά στο πλοίο με σκοπό να επωφεληθούν οικονομικά. Για να το πετύχουν αυτό έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε πέντε διαθέσιμες στρατηγικές (Τ1-Τ5), τις οποίες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν με τις αντίστοιχες δικές τους στρατηγικές (Φ1-Φ5), οι φύλακες του πλοίου.

3.8.4.1 Αποτελέσματα για τον πίνακα απόδοσης των (Τ) για το σενάριο Ε:

Έστω ότι τη στιγμή της απόπειρας επιβαίνουν στο πλοίο 90 επιβάτες με καμπίνα, 180 με εισιτήριο "καταστρώματος" και 240 αυτοκίνητα (περίπου το 80% της ολικής του χωρητικότητας).

- Επιτυγχάνοντας την αποστολή τους οι ανταγωνιστές θα προξενήσουν μια ζημία που θα αντιστοιχεί στο ποσό των επιστρεφόντων στο επιβατικό κοινό εισιτηρίων, στο κόστος της υλικής ζημιάς του πλοίου και στο κόστος δυσφήμισης της πλοιοκτήτριας εταιρείας εξαιτίας της ακύρωσης του δρομολογίου και κατ' επέκταση της ταλαιπωρίας των επιβατών. Έτσι, αν το εισιτήριο για τη μεταφορά αυτοκινήτου κοστίζει 150 €, το εισιτήριο επιβίβασης με καμπίνα 100 € και το εισιτήριο "καταστρώματος" 50 €, θα έχω Εισπράξεις Εισιτηρίων = (240×150)+(90×100)+(180×50) = 54000 €, και αν θεωρήσω ότι το πλήρωμα θα αποζημιωθεί για ένα δρομολόγιο που δεν έγινε, τότε το πλοίο θα έχει γλυτώσει ένα ποσό έστω 14000 € και θα έχει ζημιωθεί κατά 54000 - 14000 = 40000 €. Υποθέτοντας ότι η υλική ζημιά που προξενήθηκε στο πλοίο κοστίζει 10000 € και το κόστος δυσφήμισης 150000 €, τότε καταλήγουμε ότι η εκδοχή αυτή συνολικά φτάνει: $40000 + 10000 + 150000 = 200000 = +0,2$ εκ. €

- Αν η απόπειρα των δολιοφθορέων αποτύχει και οι ίδιοι συλληφθούν, τότε όχι μόνο χρεώνονται την αποτυχία της αποστολής αλλά υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αποκαλυφθεί ποιος πραγματικά βρισκόταν πίσω από την επιχείρηση αυτή και η πλοιοκτήτρια να καταφύγει στην δικαιοσύνη για αποζημίωση . Έστω, λοιπόν, ότι αυτή η εκδοχή έχει κόστος -0,5 εκ. €

- Αν η απόπειρα των δολιοφθορέων αποτύχει και οι ίδιοι αποφύγουν τη σύλληψη τότε το κόστος αποτυχίας της αποστολής θα είναι -0,001 εκ. €

- Αν η προσπάθεια εγκαταλειφθεί εξαρχής θεωρούμε πως δεν υπάρχει κόστος.

Συνοψίζοντας:

- Επιτυχία αποστολής: +0,2 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής και σύλληψη: -0,5 εκ. €.
- Αποτυχία αποστολής χωρίς σύλληψη: -0,001 εκ. €.
- Εγκατάλειψη της προσπάθειας εξ αρχής: 0 εκ. €.

Οπότε βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ο πίνακας απόδοσης (payoff table) των ανταγωνιστών (Τ):

Φύλακες (Φ)

Ανταγωνιστές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
1	-0,001	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
2	-0,5	-0,5	0	0	-0,001
3	0,2	-0,5	0,2	0,2	-0,5
4	-0,5	0,2	-0,5	-0,5	0,2
5	-0,5	-0,5	0	0	-0,001

(Πίνακας E_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε)

Μπορούμε τώρα με την μέθοδο των **κυρίαρχων στρατηγικών** (dominant strategies) να φτάσουμε σε μια πρώτη προσέγγισης της λύσης του σεναρίου μας.

Έτσι λοιπόν έχουμε πάλι τον πίνακα απόδοσης των **(Τ)** και παρατηρούμε ότι από την μεριά των ανταγωνιστών η στρατηγική **3** είναι επικρατούσα στρατηγική έναντι της **1** (κάθε τιμή της δηλαδή είναι μεγαλύτερη ή ίση από την αντίστοιχη τιμή των στρατηγικών στις οποίες επικρατεί), κατά αυτό τον τρόπο η στρατηγική **1** αυτομάτως φεύγει από τον πίνακα και έχουμε έναν νέο πίνακα απόδοσης:

Φύλακες (Φ)

Ανταγωνιστές (Τ)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
2	-0,5	-0,5	0	0	-0,001
3	0,2	-0,5	0,2	0,2	-0,5
4	-0,5	0,2	-0,5	-0,5	0,2
5	-0,5	-0,5	0	0	-0,001

(Πίνακας E_2: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε μετά την πρώτη απαλοιφή)

Παρατηρώντας τον νέο πίνακα βλέπω ότι για τους **(Φ)** η στρατηγική **1** επικρατεί έναντι των στρατηγικών **3 & 4** και η στρατηγική **2** επικρατεί έναντι της **5** κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές αυτές απορρίπτονται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		1	***2***
	2	-0,5	-0,5
Ανταγωνιστές (Τ)	***3***	0,2	-0,5
	4	-0,5	0,2
	5	-0,5	-0,5

(Πίνακας E_3: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε μετά τη δεύτερη απαλοιφή)

Για τον νέο πίνακα τώρα βλέπω ότι για τους **(Τ)** οι στρατηγικές **3 & 4** είναι επικρατούσες στρατηγική έναντι των **2 & 5** , κατά αυτό τον τρόπο οι στρατηγικές αυτές απορρίπτονται και ο νέος πίνακας γίνεται:

Φύλακες (Φ)

		1	***2***
	3	0,2	-0,5
Ανταγωνιστές (Τ)	***4***	-0,5	0,2

(Πίνακας E_4: Τελικός πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε)

Στο σημείο αυτό βλέπω ότι έχω φτάσει σε αδιέξοδο καθώς καμία εκ των εναπομεινάντων στρατηγικών δεν επικρατεί σε κάποια από τις άλλες ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Άρα <u>δεν έχουμε σταθερή λύση</u> (unstable solution).

Εφόσον το σενάριο μου δεν εμφανίζει σταθερή λύση προσφεύγω στην λύση που μπορούν να μου προσφέρουν οι μεικτές στρατηγικές (mixed strategies).

Εδώ να επισημάνουμε ότι οι μεικτές στρατηγικές που θα προκύψουν παρακάτω δεν θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τις 3&4 για τους (Τ) και 1&2 για τους (Φ), οπότε τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας επιπλέον περιορισμός που θα διευκολύνει τη λύση του προβλήματος.

3.8.4.2 Linear programming

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο λύσης μπορούμε να υπολογίσουμε τις βέλτιστες πιθανότητες επιλογής κάθε στρατηγικής, καθώς και τη βέλτιστη λύση (payoff), και για τις δύο πλευρές.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής:

Αν χ_i = η πιθανότητα οι (Τ) να επιλέξουν την στρατηγική i (i= 1, 2,…, 5)

και y_j = η πιθανότητα οι (Φ) να επιλέξουν την στρατηγική j (j= 1, 2,…, 5)

τότε η αναμενόμενη απόδοση για τους (Τ) = $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j$ και είναι βέλτιστο εάν

ισχύει: $\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} p_{ij}x_i y_j \geq \underline{u} = u$ όπου $\underline{u}$ η maximin τιμή για τους (Τ) και u η βέλτιστη λύση.

(u: βέλτιστο payoff και για τις 2 πλευρές)

($\underline{u}$: maximin τιμή, για τους (Τ) και δίνει το μεγαλύτερο από κάθε minimum κέρδος που μπορούν να έχουν)

Εάν τώρα υποθέσουμε ότι για τις καθαρές στρατηγικές των (Φ) ισχύει ότι κάποια εξ αυτών έχει $y_j = 1$ (j=1, 2,…, 5), τότε για τις υπόλοιπες θα ισχύει ότι $y_j = 0$, οπότε ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u$ και αν εκφράσω το $u = x_{m+1} = x_6$ τότε:

$$\sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq u \;\Rightarrow\; \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i \geq x_6 \Rightarrow \sum_{i=1}^{5} p_{ij}x_i - x_6 \geq 0$$

Αντικαθιστώντας στην τελευταία μου σχέση τα δεδομένα του προβλήματος μου θα έχω να λύσω το πρόβλημα:

βελτιστοποίηση του χ_6 , όταν

$$\begin{aligned}
&p_{11}x_1 + p_{21}x_2 + p_{31}x_3 + p_{41}x_4 + p_{51}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{12}x_1 + p_{22}x_2 + p_{32}x_3 + p_{42}x_4 + p_{52}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{13}x_1 + p_{23}x_2 + p_{33}x_3 + p_{43}x_4 + p_{53}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{14}x_1 + p_{24}x_2 + p_{34}x_3 + p_{44}x_4 + p_{54}x_5 - x_6 \geq 0\\
&p_{15}x_1 + p_{25}x_2 + p_{35}x_3 + p_{45}x_4 + p_{55}x_5 - x_6 \geq 0
\end{aligned}$$

με $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

$x_i \geq 0$, για $i = 1, 2, ..., 5$

και $x_6 \geq 0$.

Όπου το payoff table είναι το γνωστό από πριν:

Φύλακες (Φ)

		1	*2*	*3*	*4*	*5*
	1	-0,001	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Ανταγωνιστές (Τ)	*2*	-0,5	-0,5	0	0	-0,001
	3	0,2	-0,5	0,2	0,2	-0,5
	4	-0,5	0,2	-0,5	-0,5	0,2
	5	-0,5	-0,5	0	0	-0,001

(Πίνακας E_1: Πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε)

Επειδή όμως εμείς δεν μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι το $x_6 \geq 0$ (δηλαδή ότι το τελικό payoff δεν θα είναι αρνητικό), καθώς στον πίνακα αποδόσεων μου έχω και αρνητικές τιμές, δημιουργώ ένα νέο πίνακα αποδόσεων. Στον νέο αυτό πίνακα έχω προσθέσει ξεχωριστά σε κάθε τιμή το «+0,5», το οποίο και ισούται με την απόλυτη τιμή της μεγαλύτερης αρνητικής αξίας του αρχικού μου πίνακα. Έτσι προκύπτει:

Φύλακες (Φ)

		1	*2*	*3*	*4*	*5*
	1	0,499	0	0	0	0
Ανταγωνιστές (Τ)	*2*	0	0	0,5	0,5	0,499
	3	0,7	0	0,7	0,7	0
	4	0	0,7	0	0	0,7
	5	0	0	0,5	0,5	0,499

(Πίνακας E_5: Προσαρμοσμένος πίνακας απόδοσης σεναρίου Ε για τη λύση με γραμμικό προγραμματισμό)

Έχοντας το νέο πίνακα αποδόσεων και γνωρίζοντας ότι για να βρω το τελικό payoff θα πρέπει να αφαιρέσω από χ_6 την τιμή 0,5 προσθέτω τους επιπλέον

περιορισμούς που προέκυψαν από την μέθοδο των κυρίαρχων στρατηγικών και λύνω το σύστημα των εξισώσεων μου με το πρόγραμμα solver του excel. Έτσι προκύπτει:

$$x_1 = 0,0000$$
$$x_2 = 0,0000$$
$$x_3 = 0,5000$$
$$x_4 = 0,5000$$
$$x_5 = 0,0000$$
$$x_6 = 0,3500$$

Δηλαδή οι (Τ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών **3 & 4** με τις παραπάνω προκύπτουσες πιθανότητες ,και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με $\chi_6 - 0,5 = u =$ **-0,15 εκ. €**.

<u>Εαναλαμβάνοντας τώρα την ίδια διαδικασία για τους (Φ) προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:</u>

ελαχιστοποίηση του y_6 , όταν

$$p_{11}y_1 + p_{12}y_2 + p_{13}y_3 + p_{14}y_4 + p_{15}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{21}y_1 + p_{22}y_2 + p_{23}y_3 + p_{24}y_4 + p_{25}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{31}y_1 + p_{32}y_2 + p_{33}y_3 + p_{34}y_4 + p_{35}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{41}y_1 + p_{42}y_2 + p_{43}y_3 + p_{44}y_4 + p_{45}y_5 - y_6 \le 0$$
$$p_{51}y_1 + p_{52}y_2 + p_{53}y_3 + p_{54}y_4 + p_{55}y_5 - y_6 \le 0$$

με $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 = 1$

$y_i \ge 0,$ για $j = 1, 2, ..., n$

και $y_6 \ge 0$.

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων μου, αφού έχω προσθέσει και τους περιορισμούς της μεθόδου κυρίαρχων στρατηγικών, με το πρόγραμμα solver του excel προκύπτει:

$$y_1 = 0,5000$$
$$y_2 = 0,5000$$
$$y_3 = 0,0000$$
$$y_4 = 0,0000$$
$$y_5 = 0,0000$$
$$y_6 = 0,3500$$

Δηλαδή οι (Φ) θα χρησιμοποιήσουν μια εκ των στρατηγικών 1 & 2 με τις πιθανότητες που προέκυψαν παραπάνω και το payoff που θα αποκομίσουν θα είναι ίσο με 0,15 εκ. €. Έχω δηλαδή το ίδιο αποτέλεσμα.

3.8.5 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

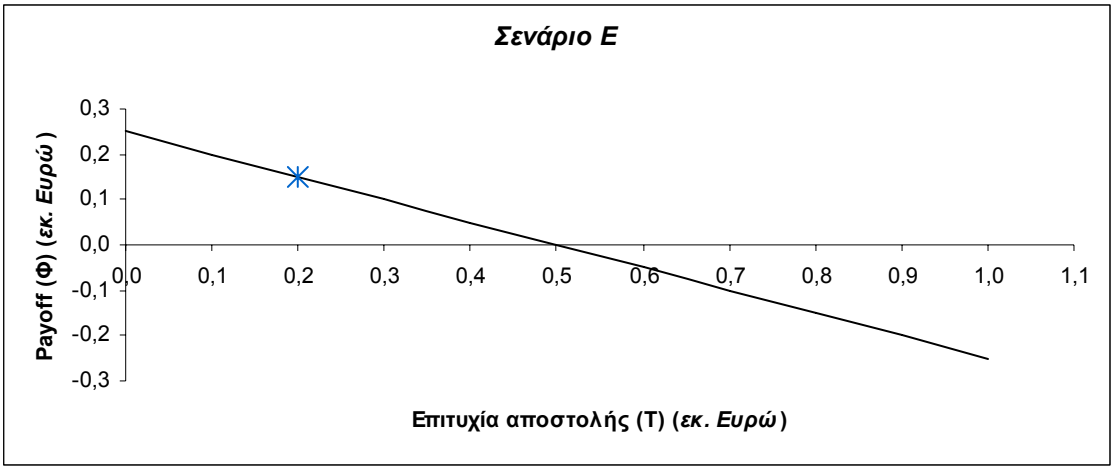
Είναι πλέον εμφανές από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι για το συγκεκριμένο σενάριο, με τις συγκεκριμένες αποδόσεις, αν το παίγνιο μας επαναληφθεί αρκετές φορές τότε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν (payoff του παιγνίου ή value of the game) θα είναι ίσος με **0,15 εκ. €**. Το αποτέλεσμα αυτό μας δηλώνει ότι σενάριο μας τείνει προς την πλευρά των φυλάκων του πλοίου, ενώ επιπλέον μπορούμε να γνωρίζουμε ποιες στρατηγικές διατίθενται να χρησιμοποιήσουν οι δύο πλευρές και με τι πιθανότητες.

Στο κομμάτι αυτό της εργασίας θα κρατήσουμε σταθερά όλα τα δεδομένα επίλυσης του σεναρίου και μεταβάλλοντας (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω) το κέρδος που θα έχει η πιθανή επικράτηση των (Τ) θα μελετήσουμε το νέο αποτέλεσμα του παιγνίου τόσο ως προς το "value of the game" όσο και ως προς την μεταβολή των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών. Έτσι βάση της διαδικασίας που περιγράψαμε, "τρέχουμε" στο excel τη μέθοδο "linear programming" και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Επιτυχία (Τ) - εκ.€	**Payoff (Φ) - εκ.€**	**Πιθανότητες στρατ. των (Φ) %**					**Πιθανότητες στρατ. των (Τ) %**				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1,0	-0,2500	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,9	-0,2000	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,8	-0,1500	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,7	-0,1000	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,6	-0,0500	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,5	0,0000	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,4	0,0500	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,3	0,1000	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,2	0,1500	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,1	0,2000	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
0,0	0,2500	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00

(Πίνακας E_6: Αποτελέσματα αναλύσεων ευαισθησίας)

Και από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



(Γράφημα E_1: Διακύμανση της αξίας του παιγνίου με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Όπως αναμενόταν βλέπουμε στο Γράφημα E_1 ότι το τελικό payoff του σεναρίου μας μειώνεται με την αύξηση του ποσού επιτυχίας των (Τ) και αντίστροφα αυξάνεται με την μείωση του τελευταίου (το σημείο που εμφανίζεται επάνω στην καμπύλη με γαλάζιο χρώμα είναι η τιμή που αντιστοιχεί στις αρχικές εκτιμήσεις του σεναρίου), μάλιστα η μεταβολή αυτή είναι πλήρως γραμμική. Αξίζει, επίσης, να παρατηρήσουμε ότι η προκύπτουσα ευθεία βρίσκεται στα θετικά του κατακόρυφου άξονα (κέρδος των φυλάκων) από την τιμή 0,5 και κάτω της επιτυχίας των (Τ), ενώ πάνω από την τιμή αυτή περνάει στα αρνητικά του κατακόρυφου άξονα (κέρδος των ανταγωνιστών). Η εξήγηση του φαινόμενου αυτού βρίσκεται στον Πίνακα E_4. Η μορφή του απομένων από την διαδικασία της απαλοιφής των επικρατουσών στρατηγικών πίνακα μας δείχνει ότι κάθε παίκτης έχει την κατάλληλη ανταπάντηση στον άλλο για να μετατρέψει την απώλεια του σε κέρδος. Από την στιγμή μάλιστα που υπάρχει αυτή η συμμετρία του πίνακα και η απόδοση για τους (Φ) είναι μεγαλύτερη από αυτή των (Τ) είναι λογικό το "value of the game" να εμφανίζεται προς την πλευρά των φυλάκων· όσο όμως οι αποδόσεις του πίνακα τείνουν να εξισωθούν (Πίνακας E_7), αλλά και αυτή των (Φ) να καταλήξει μικρότερη των (Τ) τότε το παίγνιο μας τείνει προς τους ανταγωνιστές. Το Γράφημα E_1 μας επιβεβαιώνει αυτό το συμπέρασμα. Ας δούμε όμως τι συμβαίνει και με τις στρατηγικές των δύο παικτών:

(Φ)

(Τ)		1	2
	3	0,2	-0,5
	4	-0,5	0,2

(Πίνακας E_4)

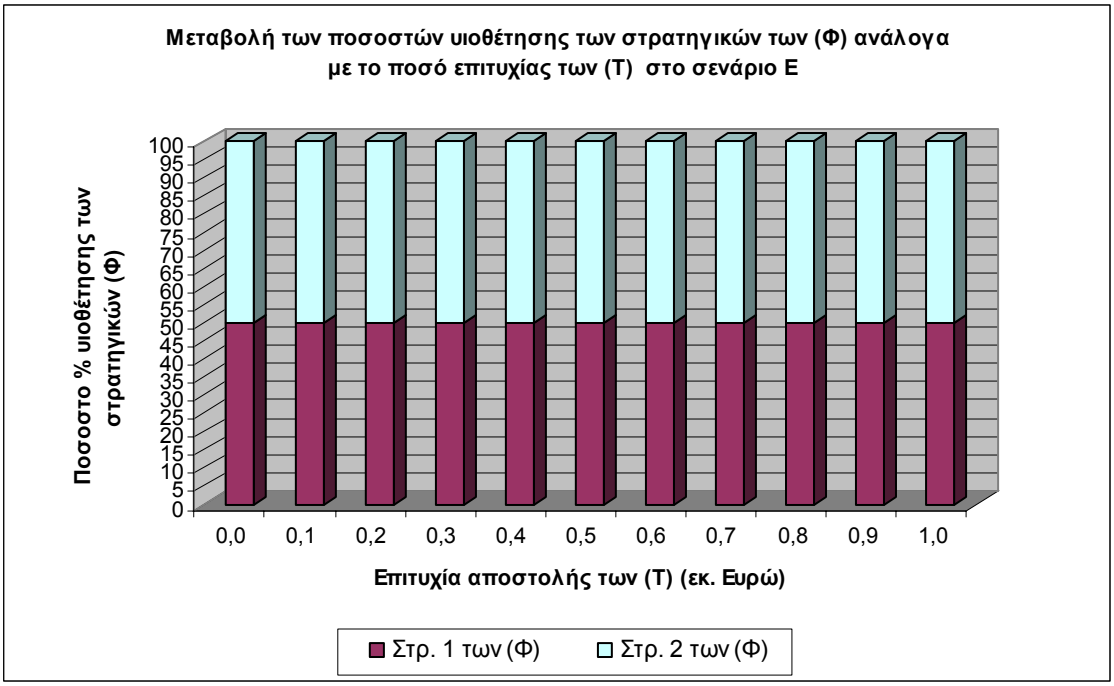
→

(Φ)

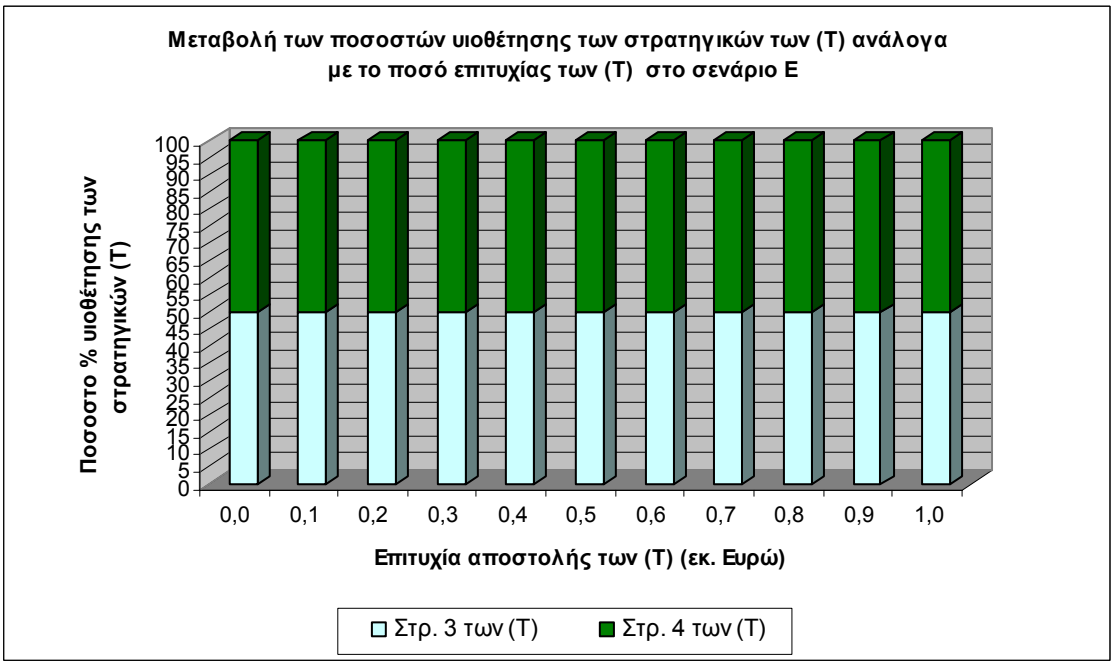
(Τ)		1	2
	3	0,5	-0,5
	4	-0,5	0,5

(Πίνακας E_7)

(Μείωση του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων στον τελικό πίνακα απόδοσης σεναρίου Ε)



(Γράφημα E_2: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των αμυνόμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)



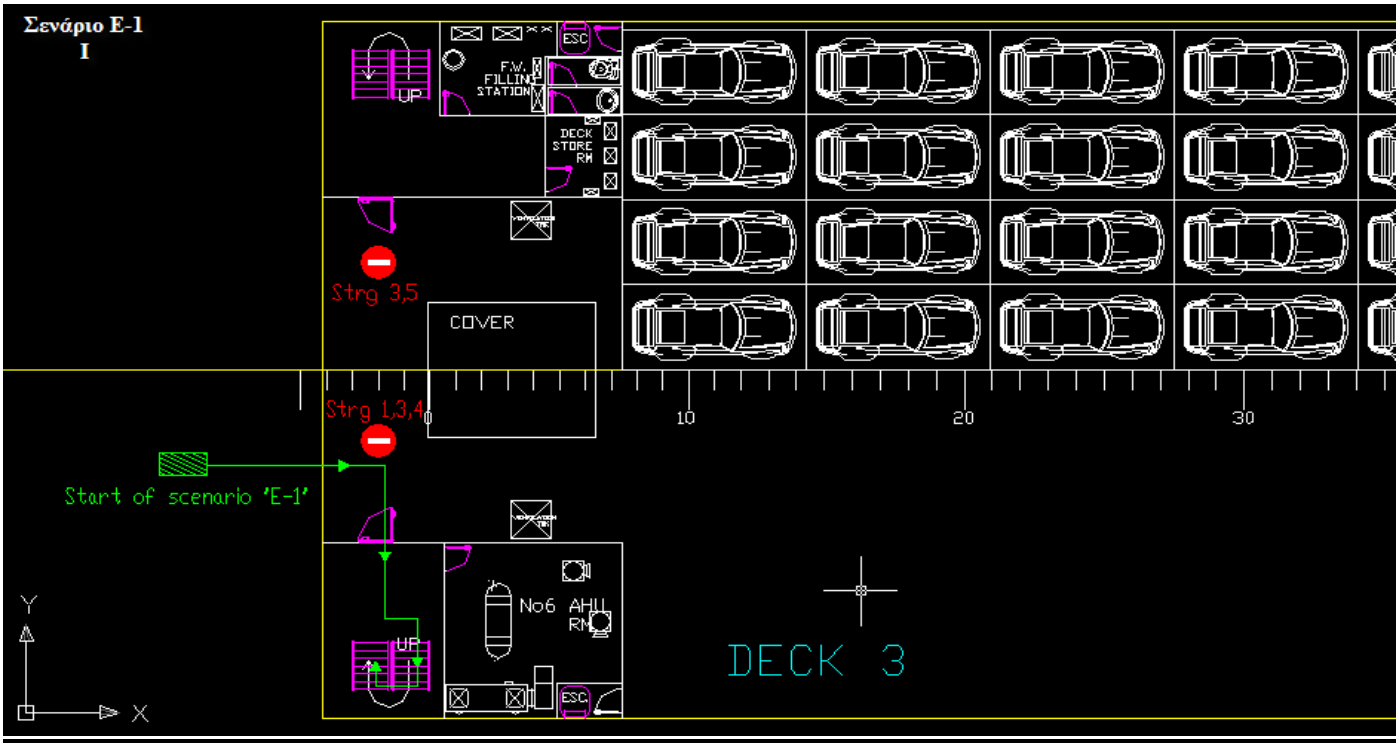
(Γράφημα E_3: Μεταβολή των ποσοστών υιοθέτησης των στρατηγικών των επιτιθέμενων με τη μεταβολή του ποσού επιτυχίας των επιτιθέμενων)

Από τα γραφήματα των στρατηγικών των δύο παικτών παρατηρούμε οι δύο απομένουσες στρατηγικές τους είναι και παραμένουν σταθερά ισοπίθανες (50% η καθεμία) σε όλες τιμές που δοκιμάσαμε, κάτι το οποίο μπορεί να δικαιολογηθεί επίσης από τη δομή του Πίνακα E_4.

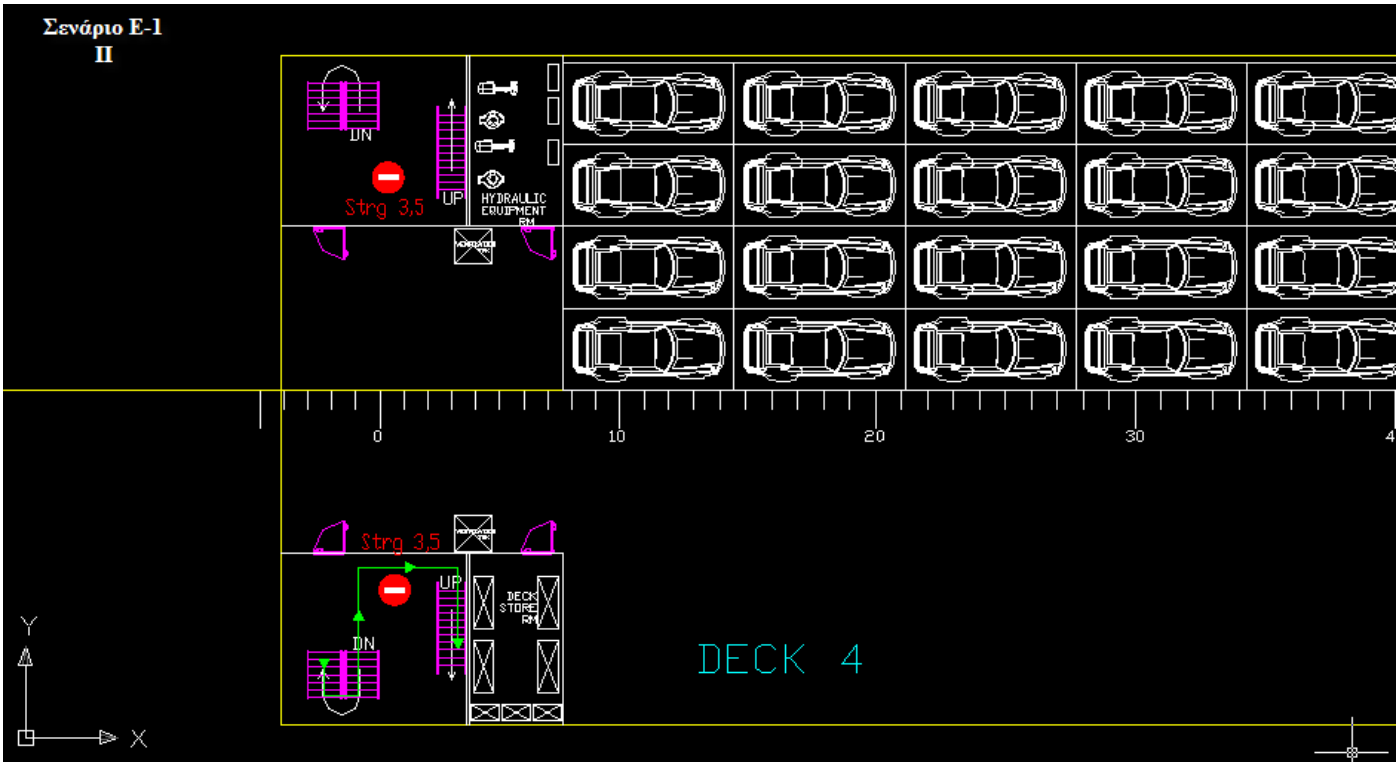
Ακολουθούν τα δρομολόγια των στρατηγικών των (Τ) σε μορφή φωτογραφιών από τη διαδρομή που έχει χαραχτεί στο πρόγραμμα AutoCAD. Με πράσινο χρώμα εμφανίζεται η διαδρομή των (Τ), με κόκκινο χρώμα όσα σημεία φύλαξης από τους (Φ) ήταν δυνατόν να απεικονιστούν και με μοβ οι πιθανοί δίοδοι μετακίνησης των επιτιθεμένων.

3.8.6 Δρομολόγια Στρατηγικών των Ανταγωνιστών.

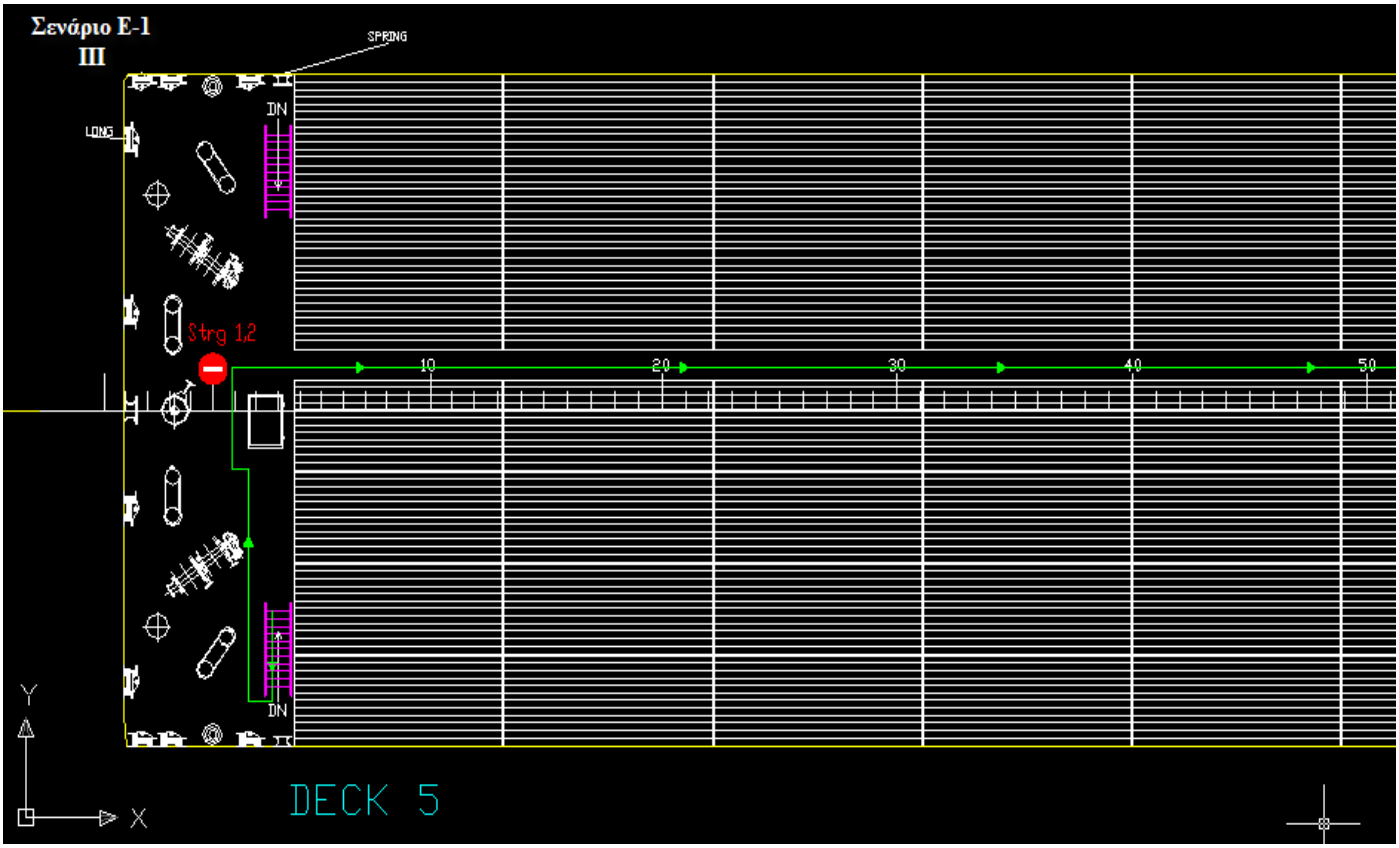
3.8.6.1 Στρατηγική E_1



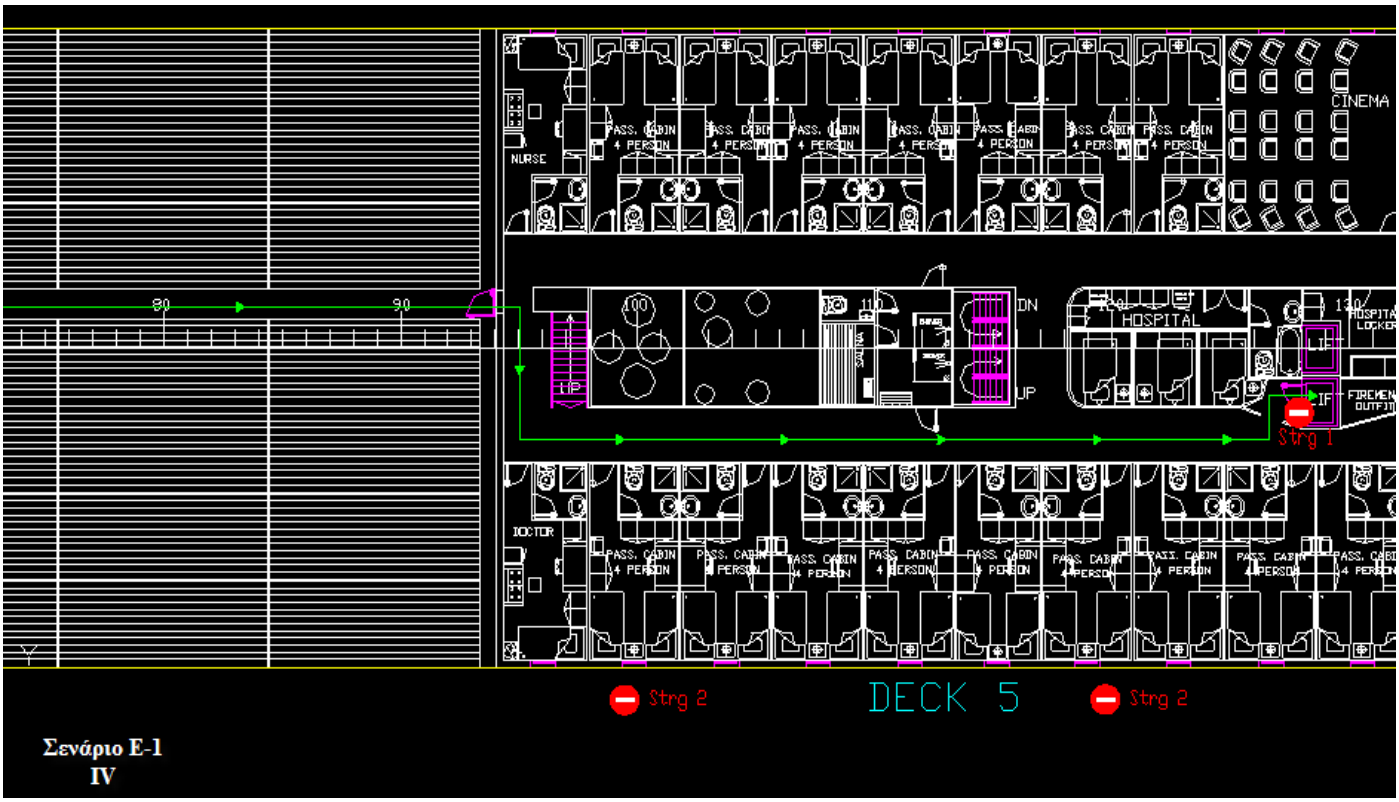
(Σχέδιο E_1-1)



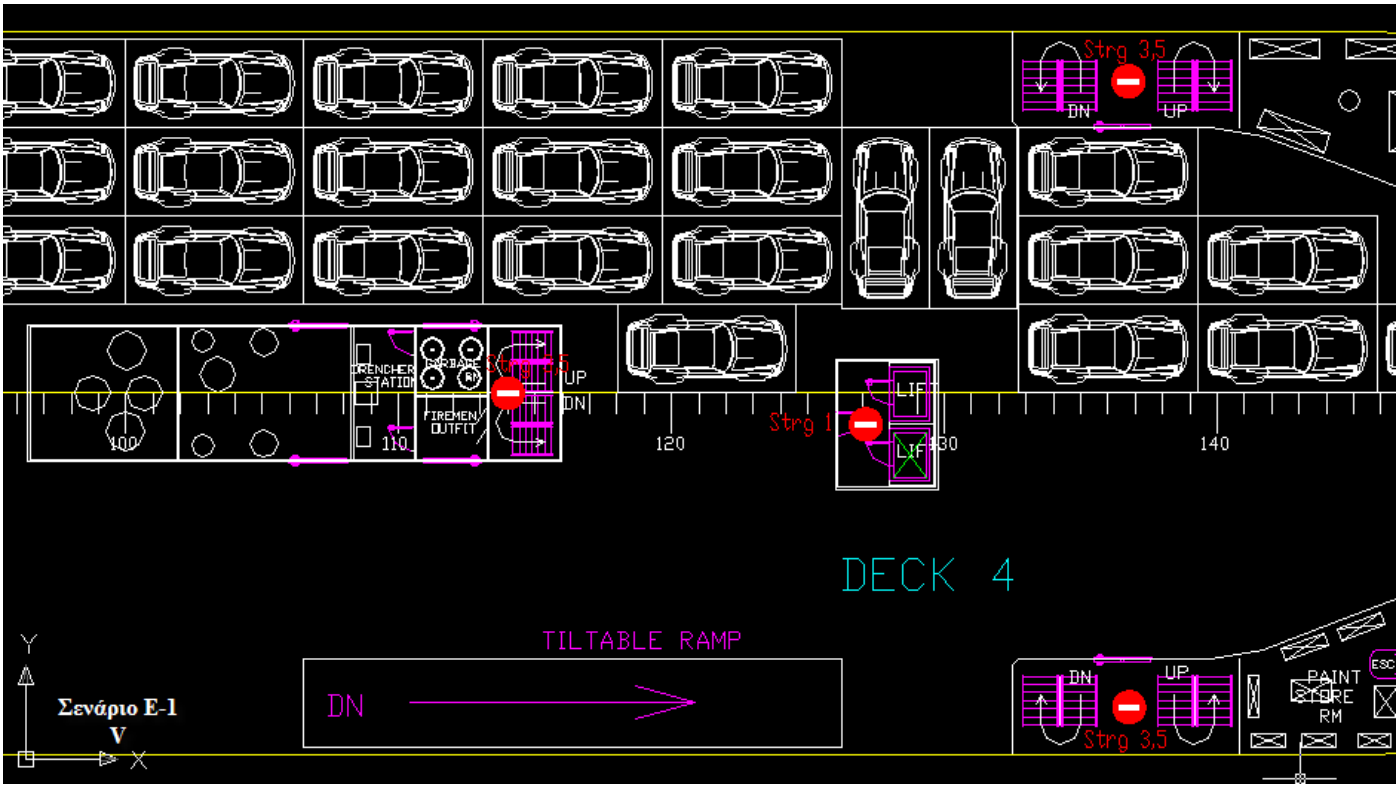
(Σχέδιο E_1-2)



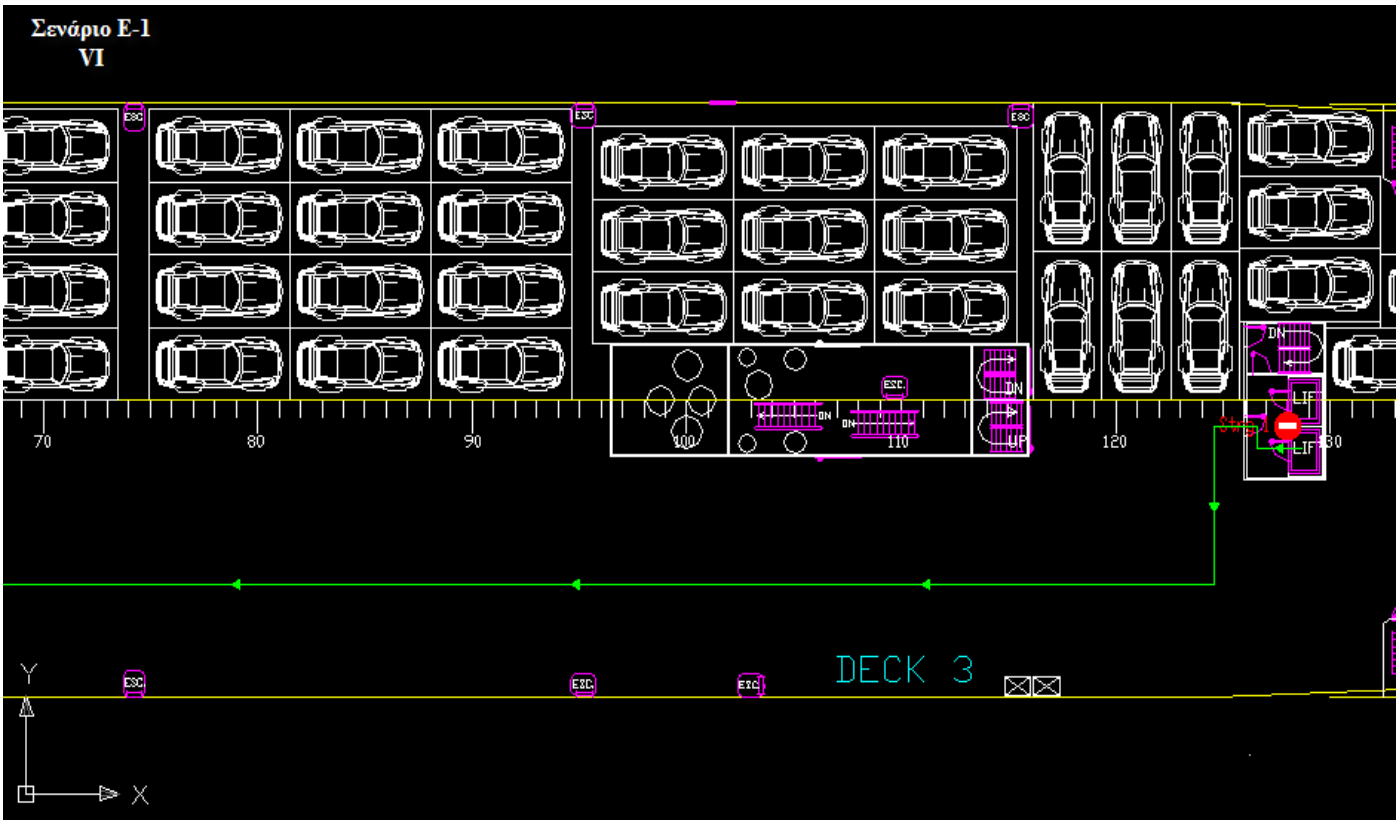
(Σχέδιο E_1-3)



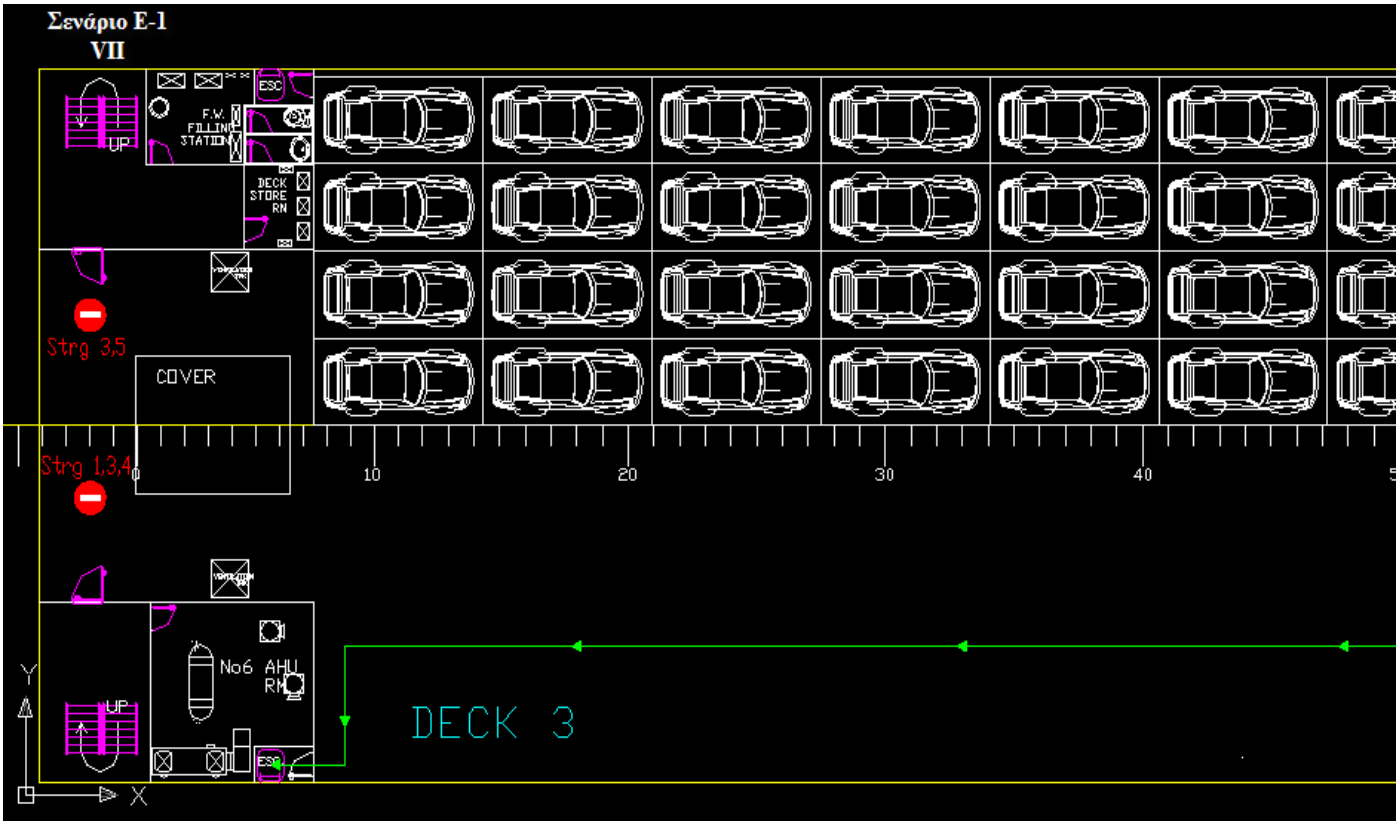
(Σχέδιο E_1-4)



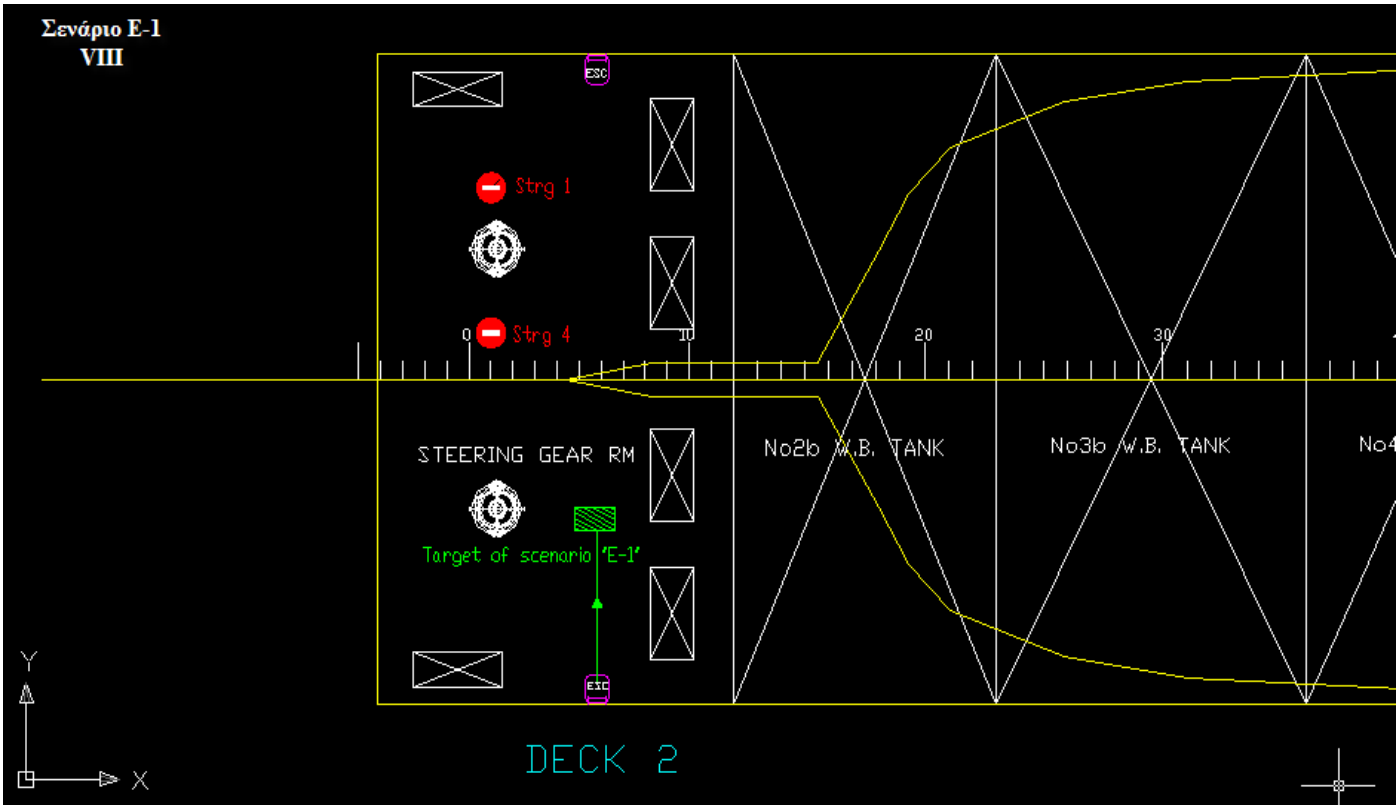
(Σχέδιο E_1-5)



(Σχέδιο E_1-6)

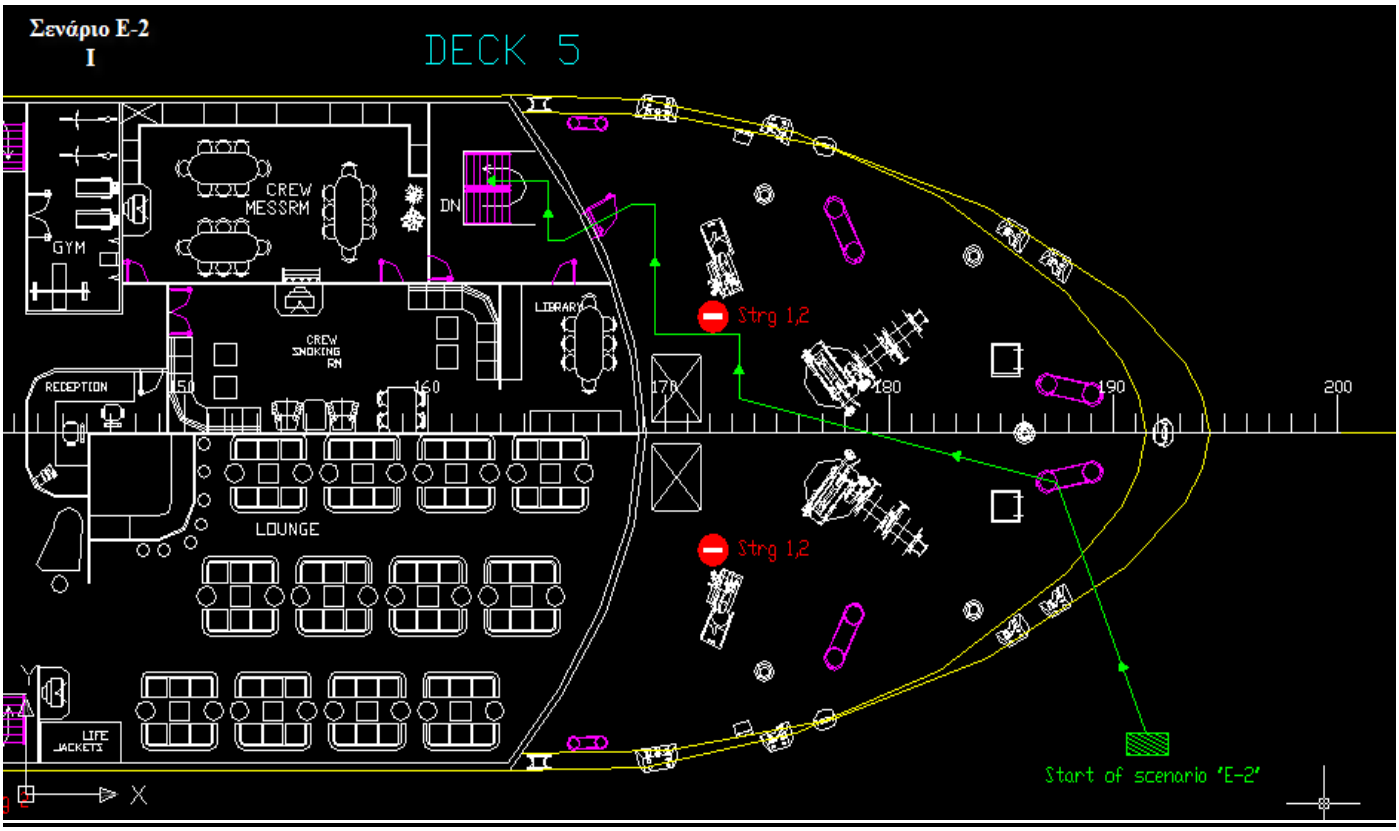


(Σχέδιο E_1-7)

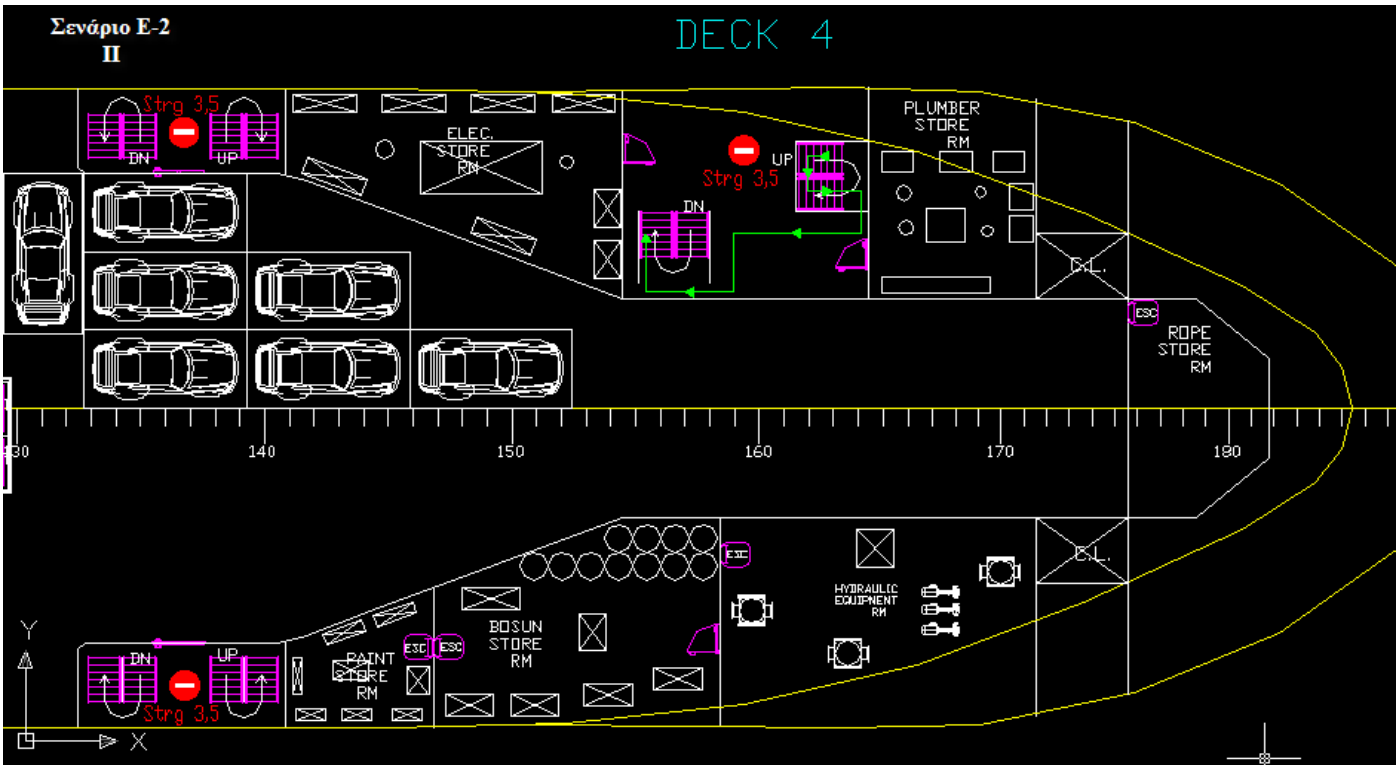


(Σχέδιο E_1-8)

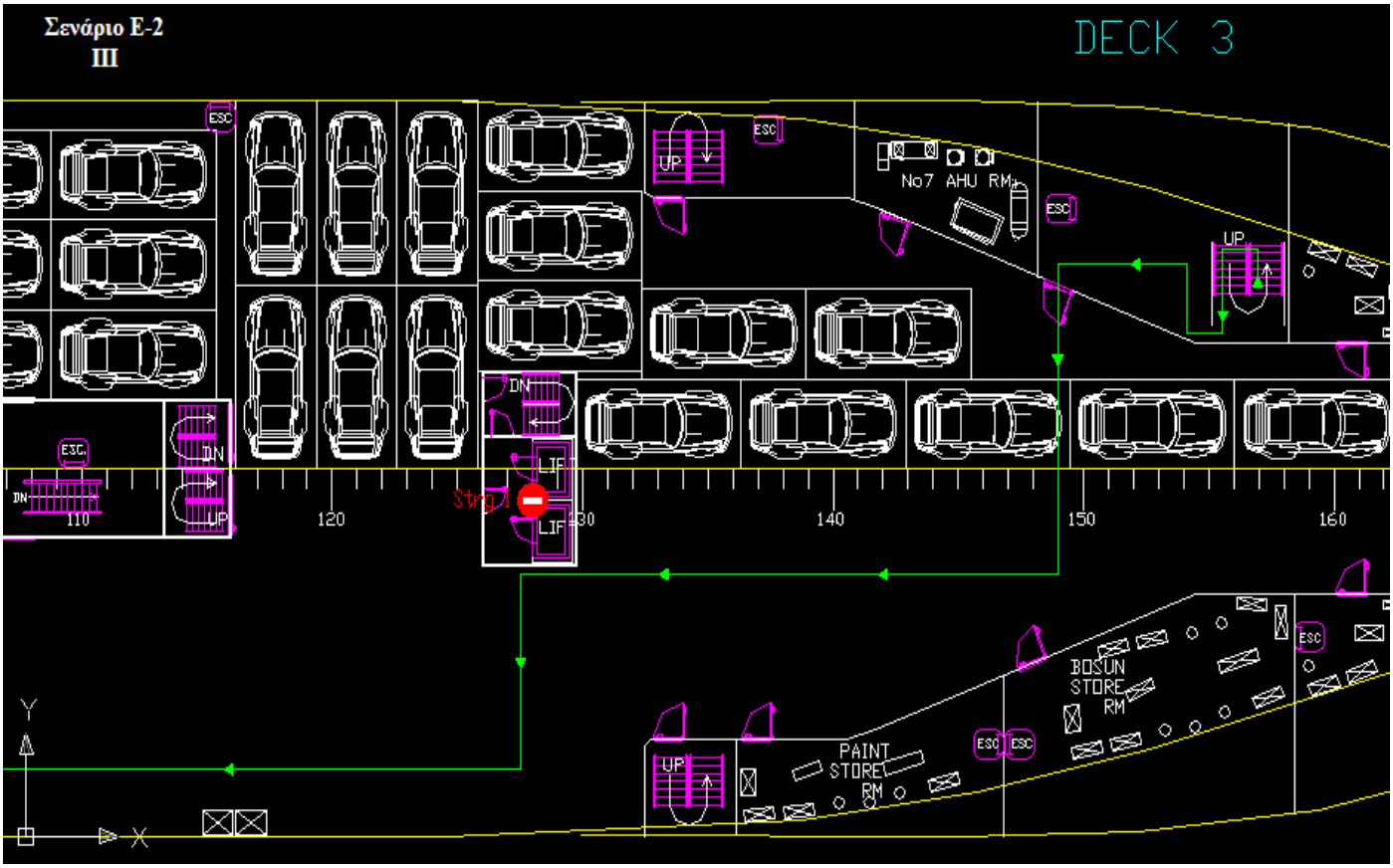
3.8.6.2 Στρατηγική E_2



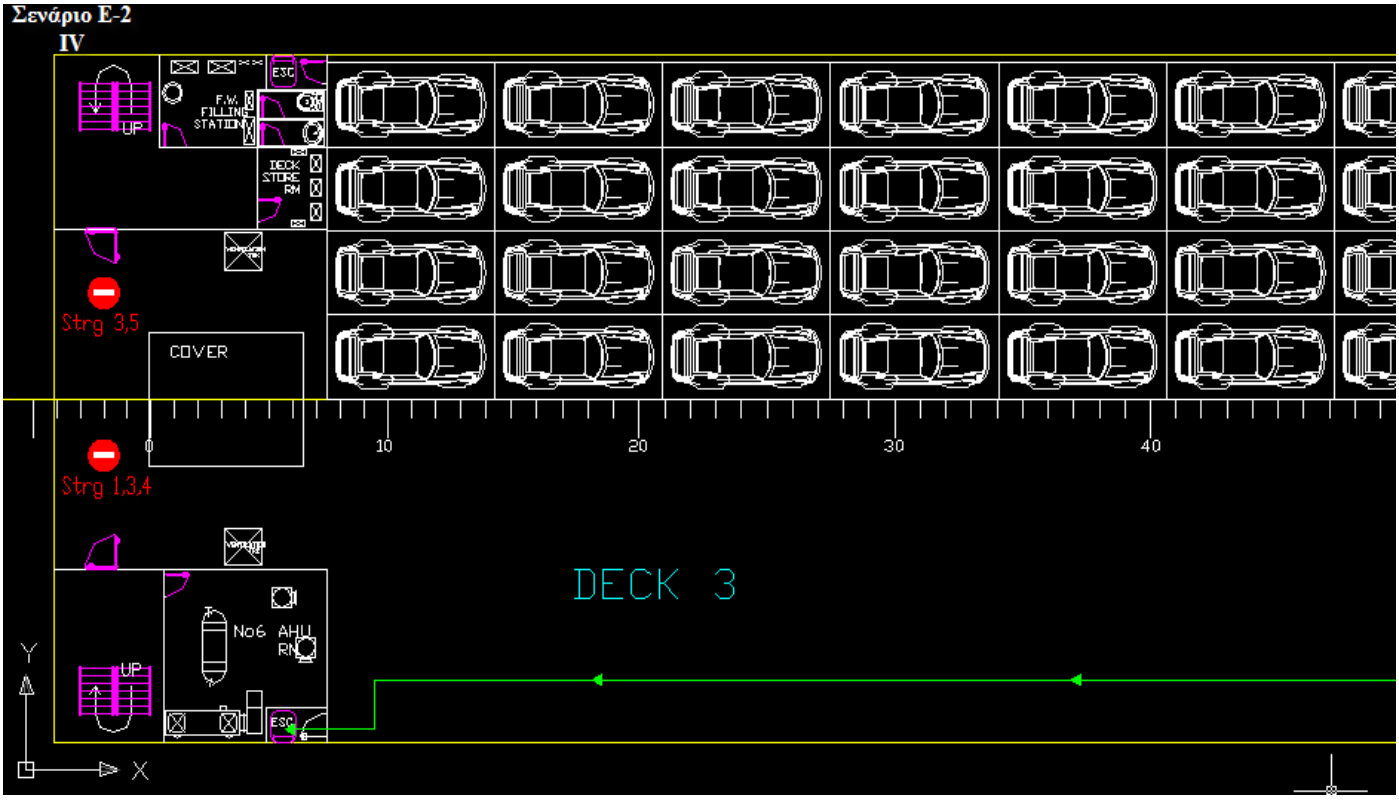
(Σχέδιο E_2-1)



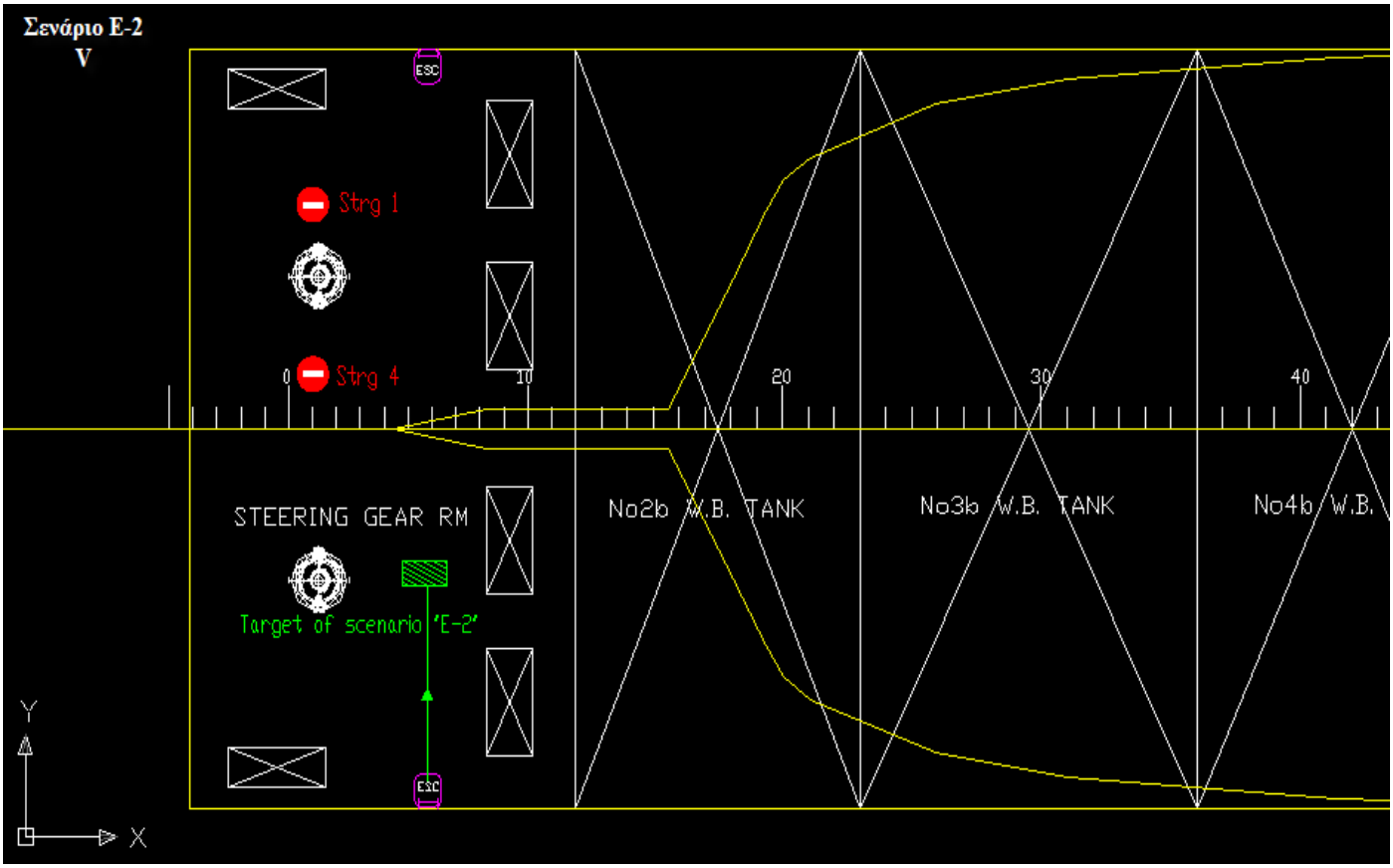
(Σχέδιο E_2-2)



(Σχέδιο E_2-3)

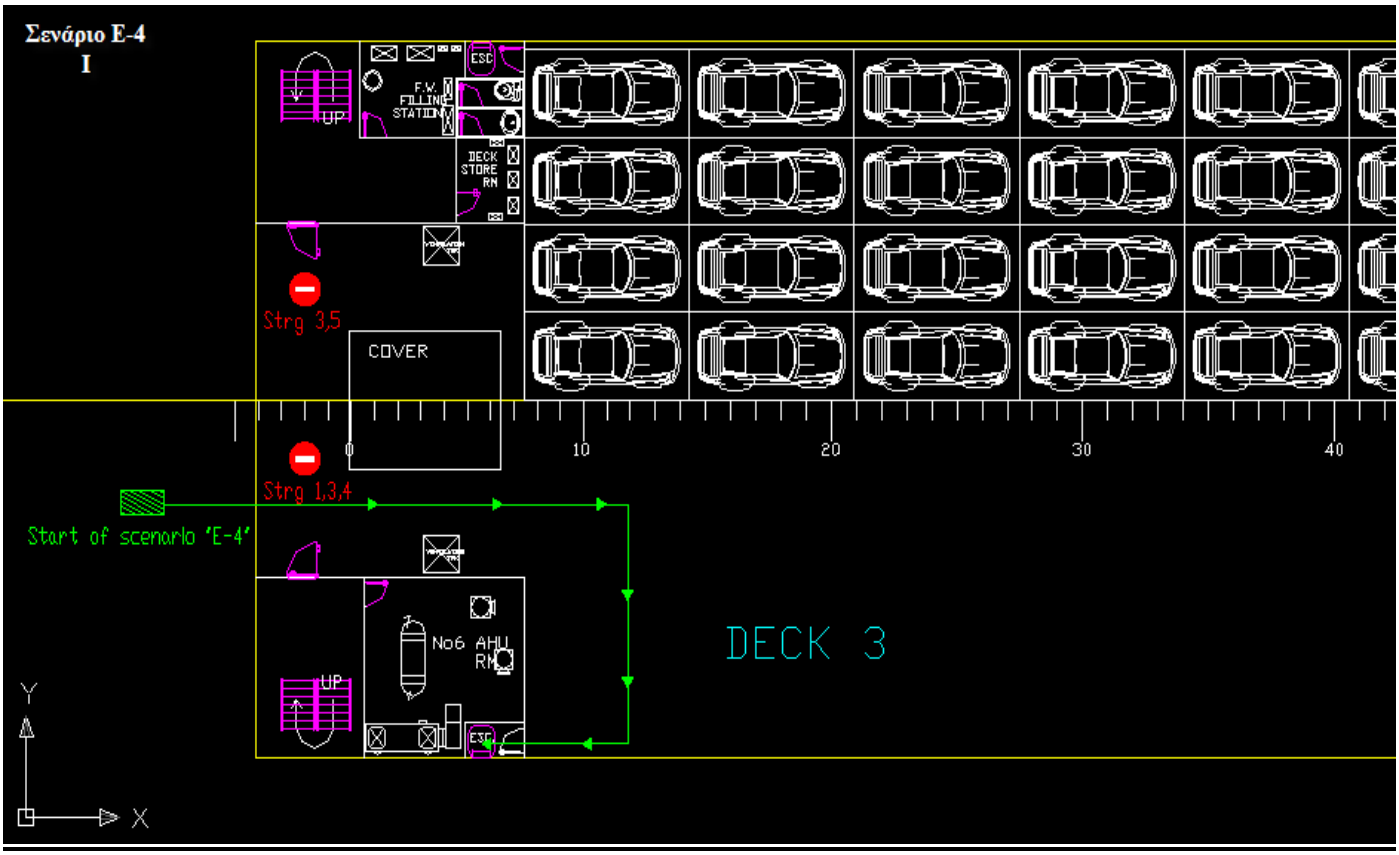


(Σχέδιο E_2-4)

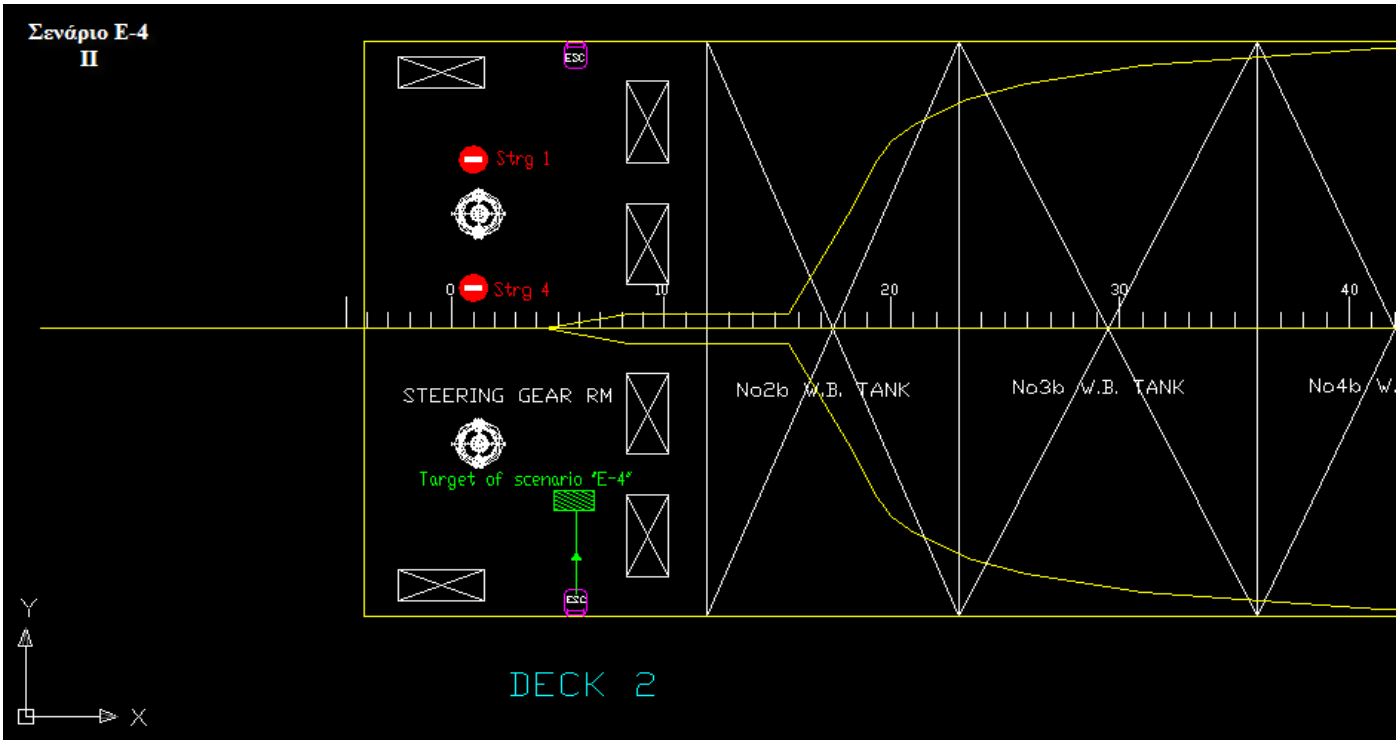

Σενάριο E-2
V
ESC
Strg 1
Strg 4
0
10
20
30
40
STEERING GEAR RM
No2b W.B. TANK
No3b W.B. TANK
No4b W.B.
Target of scenario 'E-2'
ESC
Y
X

(Σχέδιο E_2-5)

3.8.6.3 Στρατηγική E_4

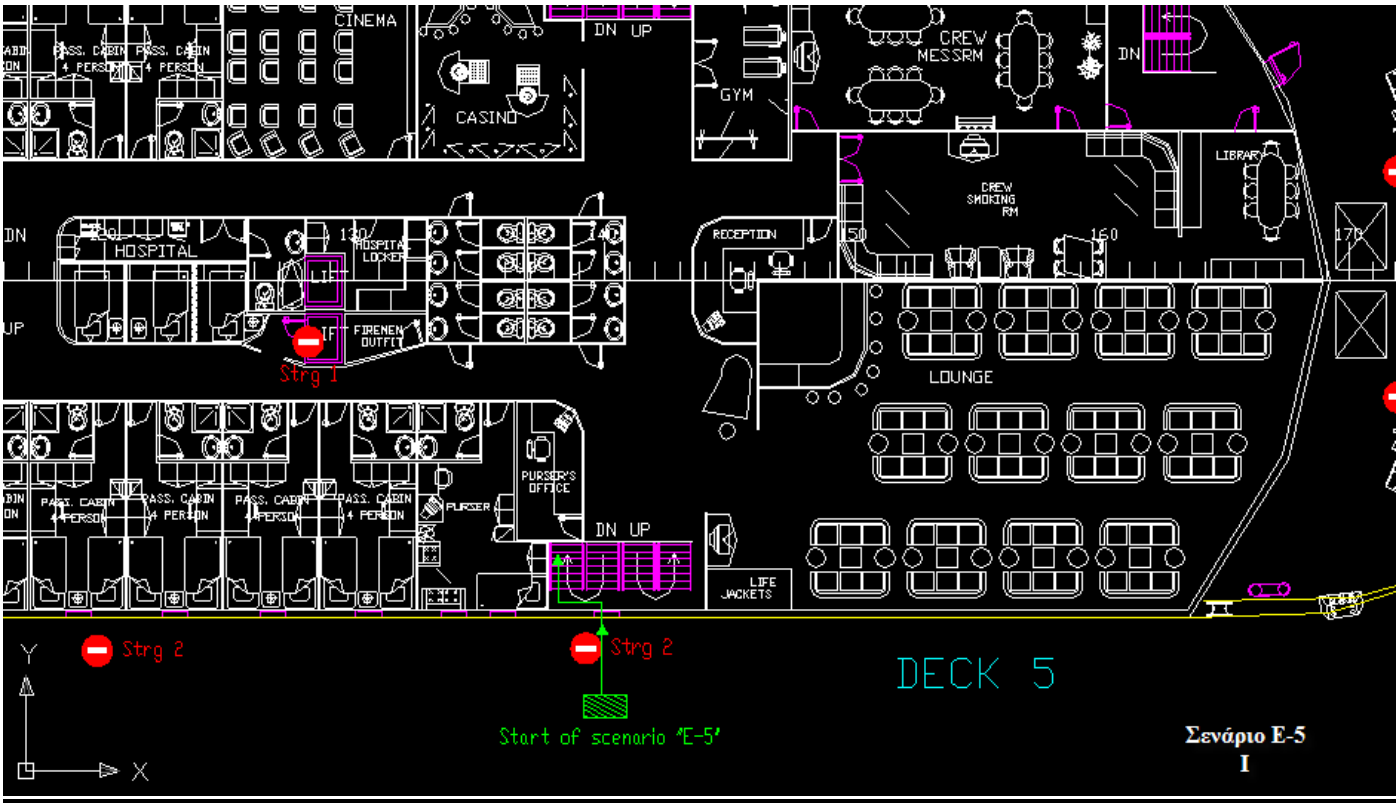


(Σχέδιο E_4-1)

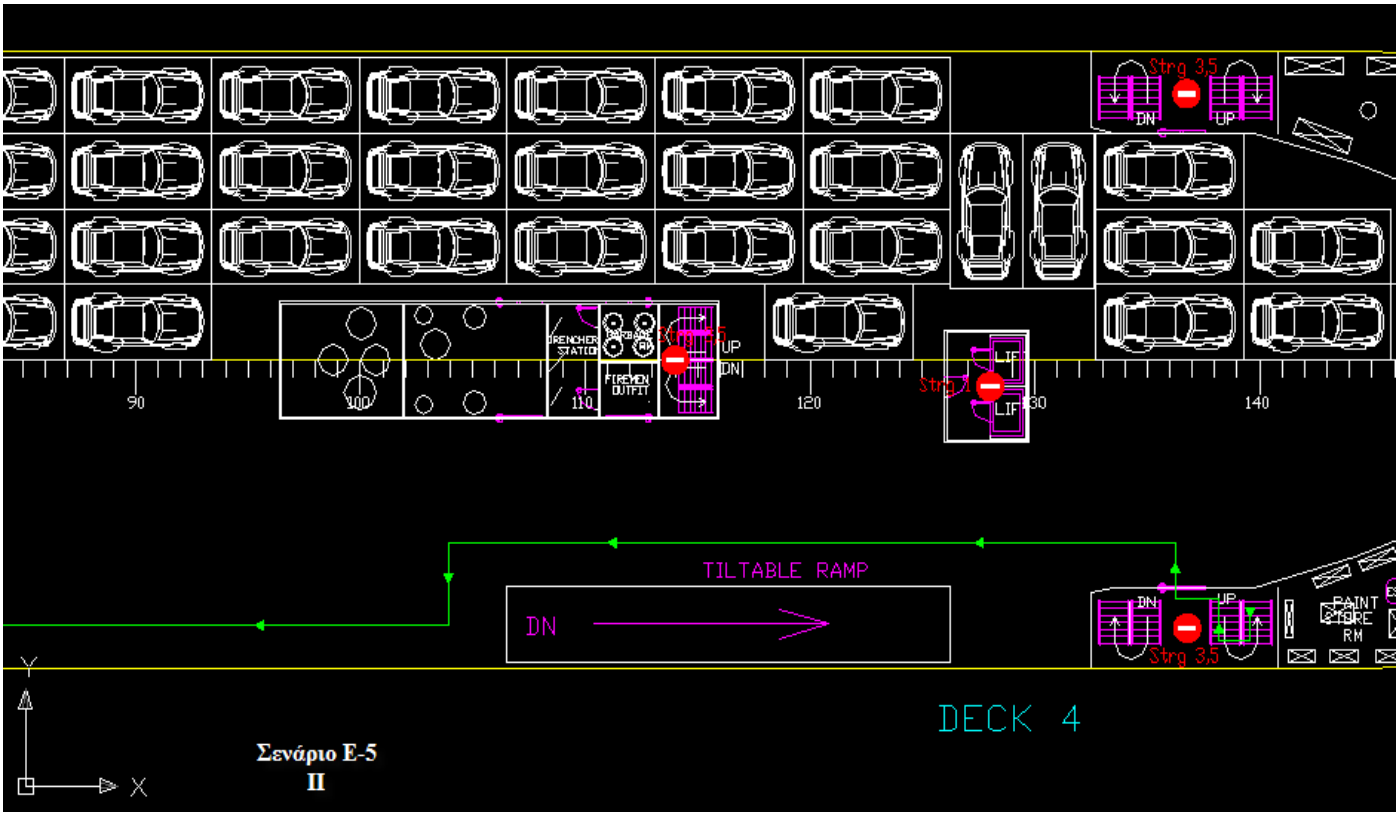


(Σχέδιο E_4-2)

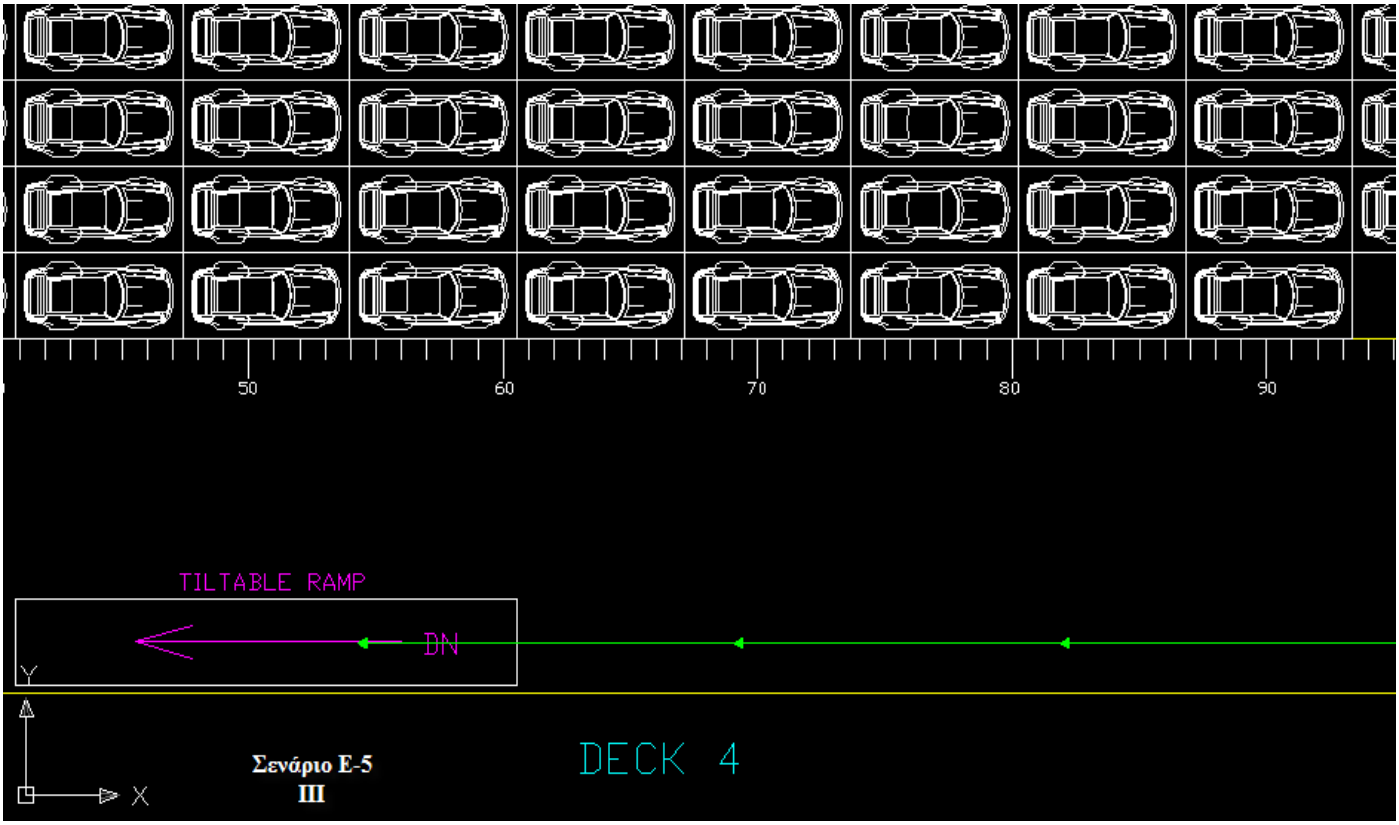
3.8.6.4 Στρατηγική E_5



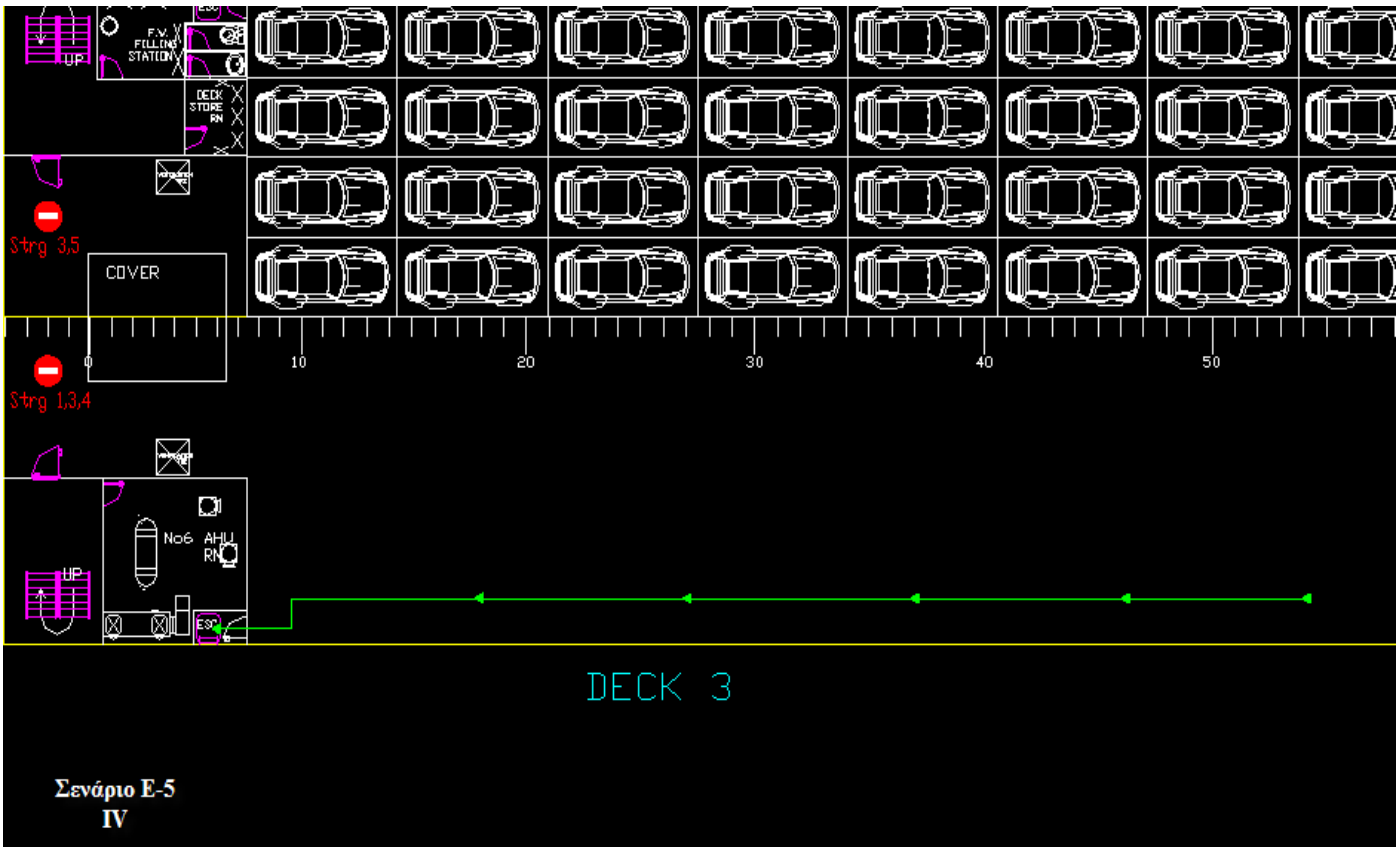
(Σχέδιο E_5-1)



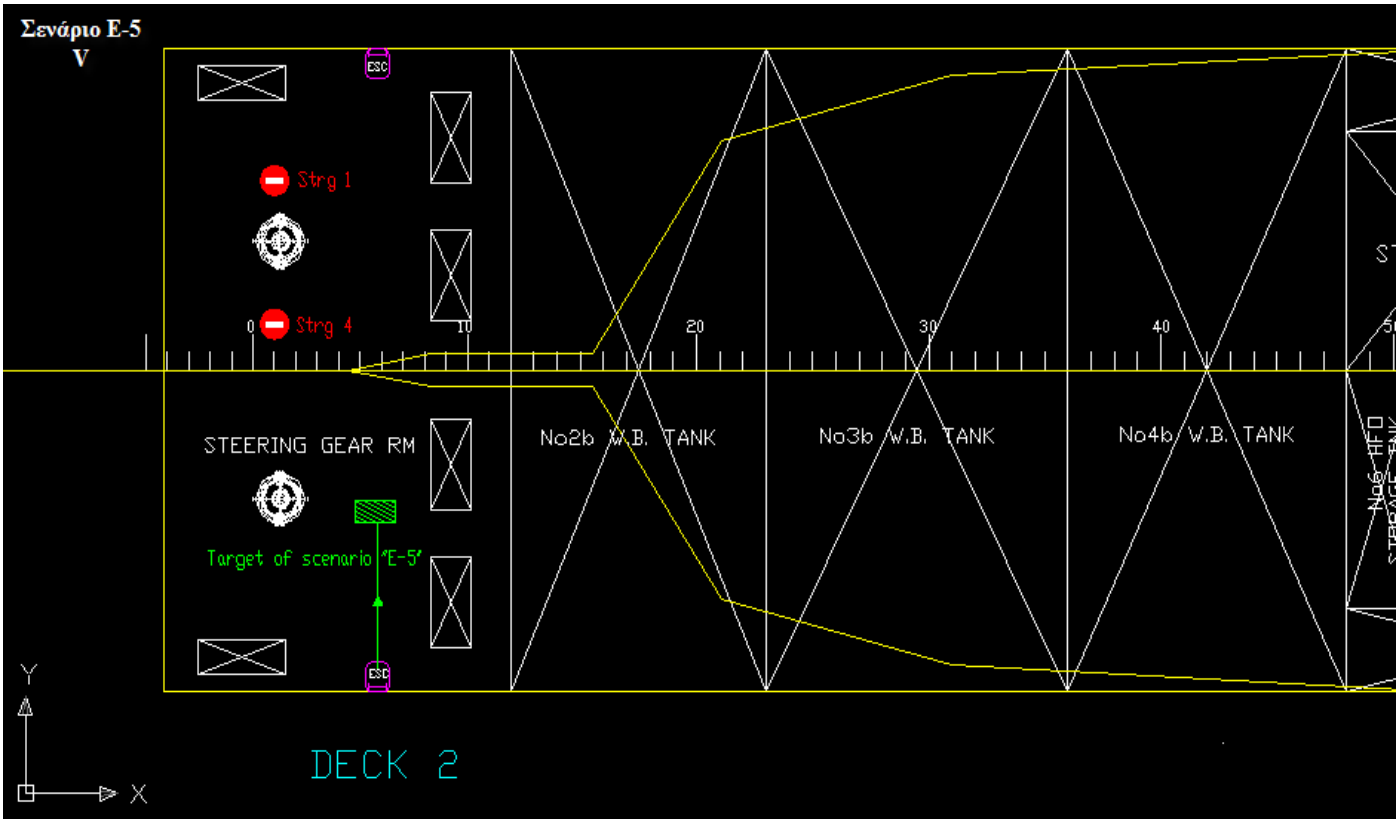
(Σχέδιο E_5-2)



(Σχέδιο E_5-3)



(Σχέδιο E_5-4)


Σενάριο E-5
V
Strg 1
Strg 4
0
10
20
30
40
STEERING GEAR RM
Target of scenario "E-5"
No2b W.B. TANK
No3b W.B. TANK
No4b W.B. TANK
Y
X
DECK 2

(Σχέδιο E_5-5)

4. ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΠΙΘΕΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο τελευταίο κομμάτι αυτό της εργασίας μας έχουμε κάνει μια προσπάθεια ανάλογη με αυτή του προηγούμενου κεφαλαίου. Πιο συγκεκριμένα έχουμε κατασκευάσει ένα υποθετικό σενάριο επίθεσης τρομοκρατών σε συγκεκριμένο πλοίο και προσπαθούμε να προσδιορίσουμε την κατάληξή του. Η διαφορά με τα σενάρια του προηγούμενου κεφαλαίου είναι εμφανής και οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το θεωρητικό υπόβαθρο της λύσης μας είναι πλέον ένα άλλο κομμάτι της θεωρίας παιγνίων, τα Δυναμικά Παίγνια. Κατά την επίλυση έχουμε επικεντρωθεί σε παραλλαγές του ίδιου σεναρίου.

Γενικά βασικός κορμός του σεναρίου μας έχει ως εξής: Πλοίο με εξέχουσες προσωπικότητες δένει στο λιμάνι με σκοπό να περάσει εκεί τη βραδιά. Κατά την παραμονή τους στο λιμάνι ομάδα τρομοκρατών (Τ) έχει σκοπό να επιτεθεί στο πλοίο, το πλοίο από τη μεριά του έχει λάβει μέσα προφύλαξης με την βοήθεια εταιρείας ιδιωτικής φύλαξης (Φ). Φοβούμενοι το ενδεχόμενο πιθανής επίθεσης οι τοπικές αρχές έχουν σε ετοιμότητα τις δυνάμεις καταστολής (Δ), οι οποίες θα ξεκινήσουν για το λιμάνι ταυτόχρονα με την εκδήλωση επίθεσης των (Τ).

4.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Το σενάριο με τις παραλλαγές του, πάνω στις οποίες θα δουλέψουμε, μπορούμε να το προσεγγίσουμε με τη βοήθεια της θεωρίας Δυναμικών παιγνίων Τέλειας αλλά και Ατελούς Πληροφόρησης. Πιο συγκεκριμένα απευθυνόμαστε στα δυναμικά παίγνια καθώς στο σενάριο μας πρώτα κινείται ο ένας παίκτης και μετά ο άλλος, (διαδοχικές επιλογές κίνησης των παικτών και όχι ταυτόχρονες), ενώ μιλάμε και για ατελή πληροφόρηση διότι σε ορισμένες από τις περιπτώσεις που θα εξετάσουμε οι παίκτες κατά την επέμβασή τους δεν γνωρίζουν όλη την ιστορία του παιγνίου όταν έρθει η σειρά τους να κινηθούν. Θα πρέπει να τονιστεί επίσης ότι και σε αυτή την περίπτωση θεωρούμε όλους τους παίκτες ορθολογικούς, ο καθένας κοιτάζει την βελτιστοποίηση του κέρδους του και δεν ενδιαφέρεται για τις απώλειες του αντιπάλου.

4.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 1

Κρουαζιερόπλοιο με εξέχουσες προσωπικότητες δένει στο λιμάνι με σκοπό να περάσει εκεί τη βραδιά. Κατά την παραμονή τους στο λιμάνι ο δήμαρχος της πόλης θα διοργανώσει δεξίωση πάνω στο πλοίο προς τιμή τους. Ομάδα τρομοκρατών (Τ) έχει σκοπό να επιτεθεί στο πλοίο με στόχο να το καταλάβει και να ζητήσει λύτρα. Το πλοίο από τη μεριά του έχει λάβει μέσα προφύλαξης με την βοήθεια εταιρείας ιδιωτικής φύλαξης (Φ), τα οποία όμως οι (Τ) μπορούν να παρατηρήσουν και στην συνέχεια να δράσουν εφαρμόζοντας την δική τους στρατηγική. Φοβούμενοι το ενδεχόμενο πιθανής επίθεσης οι τοπικές αρχές έχουν σε ετοιμότητα τις δυνάμεις καταστολής (Δ), οι οποίες θα ξεκινήσουν για το λιμάνι ταυτόχρονα με την εκδήλωση επίθεσης των τρομοκρατών, αφού όταν αυτή συμβεί το πλήρωμα θα ενεργοποιήσει το συναγερμό του πλοίου προτού ακόμα μάθουν αν αναχαιτίστηκε ή όχι από τους (Φ) η εν λόγω επίθεση. Οι (Δ) γνωρίζουν μόνο την αρχική αμυντική επιλογή των (Φ).

Τα χαρακτηριστικά της εκδοχής αυτής του σεναρίου μας είναι δύο. Καταρχήν οι δύο πρώτοι παίκτες (Φ και Τ) έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε τρεις στρατηγικές, και επιπλέον ότι οι επιτιθέμενοι έχουν το πλεονέκτημα της πληροφόρησης, σε αντίθεση με τους (Φ) που έχουν πλήρη άγνοια και τους (Δ) που είναι μερικώς ενημερωμένοι.

4.3.1 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)

Οι Φύλακες της ιδιωτικής εταιρείας έχουν να επιλέξουν μεταξύ τριών στρατηγικών. Το προσωπικό της εταιρείας όμως επαρκεί για εκτέλεση μόνο μιας εκ των τριών στρατηγικών, οπότε θα πρέπει να ρίξει το βάρος της άμυνας σε μία μόνο εξ αυτών και να επανδρώσει τις άλλες μόνο επιφανειακά (χωρίς ουσιαστικό αποτέλεσμα).

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές $Φ_1$ έως $Φ_3$ όπου:

$Φ_1$: Περιφρούρηση του σκάφους από οπλισμένους φύλακες.

$Φ_2$: Έλεγχος ταυτοτήτων και ταυτοποίηση στοιχείων όσων επιβαίνουν στο πλοίο.

$Φ_3$: Οργανωμένος έλεγχος αποσκευών των επιβαινόντων.

4.3.2 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ)

Οι Τρομοκράτες έχουν και αυτοί στη διάθεσή τους τρεις στρατηγικές από τις οποίες θα επιλέξουν μια, έχουν όμως το πλεονέκτημα ότι γνωρίζουν την επιλογή των (Φ) προτού δράσουν.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές T_1 έως T_3 όπου:

T_1: Μετωπική επίθεση το βράδυ ώστε να εισέλθουν στο σκάφος, εξοπλισμένοι με βαρύ οπλισμό.

T_2: Είσοδος στο πλοίο παριστάνοντας τηλεοπτικό συνεργείο που έχει σκοπό να καλύψει την εκδήλωση έχοντας κρυμμένο ελαφρύ οπλισμό.

T_3: Έχουν εισέλθει στο πλοίο ως επιβάτες, με κρυμμένο στις αποσκευές τους μεγάλης ισχύος εκρηκτικό μηχανισμό, τον οποίο θα απειλήσουν να πυροδοτήσουν αν δεν ικανοποιηθούν τα αιτήματά τους (θεωρούμε τον εκρηκτικό μηχανισμό σαν βαρύ οπλισμό).

4.3.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Δυνάμεων Καταστολής (Δ)

Οι Δυνάμεις καταστολής ειδοποιούνται μέσω συναγερμού όταν ξεκινάει η επίθεση των Τρομοκρατών αλλά μέχρι να φτάσουν οργανωμένα στο λιμάνι η έκβαση της επίθεσης έχει ήδη κριθεί. Γνωρίζοντας μόνο την αρχική αμυντική επιλογή των (Φ) και μην έχοντας καμία πληροφορία για τους (Τ) έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο στρατηγικές.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές $Δ_1$ και $Δ_2$ όπου:

$Δ_1$: Διαπραγματεύσεις με τους Τρομοκράτες αν αυτοί έχουν πετύχει το σκοπό τους.

$Δ_2$: Διενέργεια επιχείρησης σωτηρίας των ομήρων και σύλληψης/εξουδετέρωσης των Τρομοκρατών.

4.3.4 Αποδόσεις / Συμβάσεις :

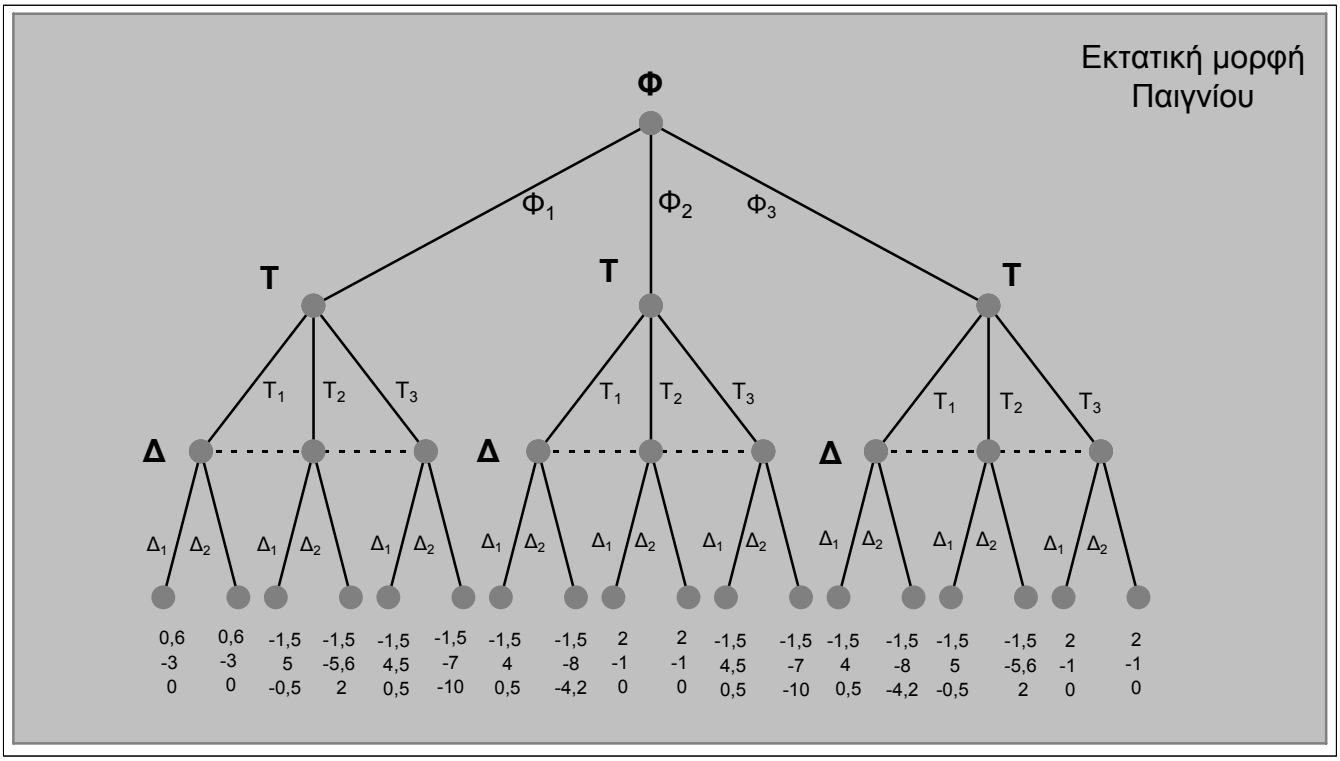
- Αν οι Φύλακες κερδίσουν τους Τρομοκράτες όταν οι τελευταίοι είναι ελαφρά οπλισμένοι ή προσπαθούν να εισέλθουν με εκρηκτικά στο πλοίο έχουν απόδοση: **Φ → +2,0 εκ. €** (η ιδιωτική εταιρεία φύλαξης έχει κάνει συμφωνία με την πλοιοκτήτρια εταιρεία να λάβει εάν όλα πάνε καλά το ποσό των 2,0 εκ. €. Στην περίπτωση όμως που αποτύχει η φύλαξη, η ιδιωτική εταιρεία οφείλει να καταβάλει στο πλοίο ρήτρα 1,5 εκ. €). Στην περίπτωση αυτή οι **Τ → -1,0 εκ. €**, καθώς αποτυγχάνουν και συλλαμβάνονται. (Έστω ότι μιλάμε για 5 τρομοκράτες επικυρηγμένους με 0,2 εκ. € ο καθένας στην περίπτωση που παραδοθεί στις αρχές ζωντανός).
- Αν οι Φύλακες κερδίσουν τους Τρομοκράτες όταν οι τελευταίοι είναι βαριά οπλισμένοι έχουν απόδοση: **Φ → +0,6 εκ. €** (θεωρούμε ότι υπάρχει απώλεια ενός φύλακα κατά την συμπλοκή και υποθέτοντας ότι το κόστος της ανθρώπινης ζωής στη χώρα μας είναι 1,4 εκ. €, τότε οι Φ έχουν κέρδος 2,0 - 1,4 = 0,6 εκ. €). Στην περίπτωση αυτή οι **Τ → -3,0 εκ. €**, καθώς θεωρούμε ότι σκοτώνονται 2 από αυτούς κατά την εμπλοκή ενώ χάνουν και μέρος του οπλισμού τους.
- Αν οι Φύλακες χάσουν την μάχη με τους Τρομοκράτες τότε έχουν απόδοση: **Φ → -1,5 εκ. €** (το ποσό της ρήτρας).

- Στα σενάρια που οι Φύλακες έχουν αναχαιτίσει τους Τρομοκράτες οι Δυνάμεις καταστολής έχουν απόδοση: **Δ → 0** (καθώς δεν χρειάζεται καν να επέμβουν)
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι ελαφρά οπλισμένοι και διαπραγματεύονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → +5 εκ. € & Δ → -0,5 εκ. €** (καθώς οι τρομοκράτες έχουν καταφέρει την επίτευξη του στόχου τους, τα λύτρα των 5 εκ. €, χωρίς να έχουν απώλειες ή κάποιο κόστος επιχείρησής, ενώ από την άλλη μεριά οι δυνάμεις καταστολής δεν έχουν πάρει την καλύτερη δυνατή απόφαση, όπως θα φανεί στην συνέχεια, και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση του σώματός τους).
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι ελαφρά οπλισμένοι και εμπλέκονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → -5,6 εκ. € & Δ → +2 εκ. €** (Θεωρούμε ότι οι τρομοκράτες έχουν απώλειες τριών ατόμων, ενώ οι υπόλοιποι δύο συλλαμβάνονται, και από την άλλη οι δυνάμεις καταστολής έχουν επιτύχει την θετικότερη δυνατή εξέλιξη και για αυτό το σώμα τους επιβραβεύεται με ένα ποσό των 2 εκ. €)
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, φέρουν βαρύ οπλισμό και διαπραγματεύονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → +4 εκ. € & Δ → +0,5 εκ. €** (Στην περίπτωση αυτή οι τρομοκράτες έχουν καταφέρει την επίτευξη του στόχου τους, τα λύτρα των 5 εκ. €, χωρίς να έχουν απώλειες, έχουν όμως σαν κόστος επιχείρησής το κόστος του οπλισμού 1 εκ. €. Από την άλλη μεριά οι δυνάμεις καταστολής έχουν πάρει την καλύτερη δυνατή απόφαση, όπως θα φανεί στην συνέχεια, και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα μια μικρή επιβράβευση για την αναβάθμιση του σώματός τους).
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι βαριά οπλισμένοι και εμπλέκονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → -8 εκ. € & Δ → -4,2 εκ. €** (Θεωρούμε στην περίπτωση αυτή ότι και οι 5 τρομοκράτες σκοτώνονται κατά την εμπλοκή, ενώ κατάσχεται και ο οπλισμός της οργάνωσής τους, δηλ. $5 \times 1,4 + 1,0 = 8,0$ εκ. €. Από την άλλη και οι δυνάμεις ασφαλείας έχουν 3 νεκρούς από την εμπλοκή καθώς οι τρομοκράτες ήταν καλά οπλισμένοι, δηλ. $3 \times 1,4 = 4,2$ εκ. €).
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι οπλισμένοι με εκρηκτικό μηχανισμό και διαπραγματεύονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → +4,5 εκ. € & Δ → +0,5 εκ. €** (Στην περίπτωση αυτή οι τρομοκράτες έχουν καταφέρει την επίτευξη του στόχου τους, τα λύτρα των 5 εκ. €, έχοντας απώλειες το κόστος απόκτησης του εκρηκτικού μηχανισμού 0,5 εκ. €. Από την άλλη μεριά οι δυνάμεις καταστολής έχουν πάρει την καλύτερη δυνατή απόφαση, όπως θα φανεί στην συνέχεια, και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα μια μικρή επιβράβευση για την αναβάθμιση του σώματός τους).

- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι οπλισμένοι με εκρηκτικό μηχανισμό και εμπλέκονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → -7 εκ. € & Δ → -10 εκ. €** (Θεωρούμε στην περίπτωση αυτή ότι και οι 5 τρομοκράτες σκοτώνονται κατά την εμπλοκή δηλ. $5 \times 1,4 = 7,0$ εκ. €. Από την άλλη και οι δυνάμεις ασφαλείας έχουν 6 νεκρούς από την εμπλοκή καθώς πιθανές υλικές ζημιές από την έκρηξη του μηχανισμού, δηλ. $6 \times 1,4 + 1,6 = 10$ εκ. €).

4.3.5 Δένδρο παιγνίου – Πίνακας αποδόσεων – Λύση

Στο σενάριο μας έχουμε την πρόθεση τρομοκρατών να επιβιβαστούν στο πλοίο και να πιάσουν ομήρους με σκοπό να ζητήσουν λύτρα. Για να το πετύχουν αυτό έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε τρεις διαθέσιμες στρατηγικές (T_1-T_3), τις οποίες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν με τις αντίστοιχες δικές τους στρατηγικές (Φ_1-Φ_3), οι φύλακες του πλοίου. Στην συνέχεια έχουμε και την επέμβαση των (Δ) οι οποίοι με τις δύο στρατηγικές τους τάσσονται στο πλευρό των (Φ).Έχοντας λοιπόν τις διαθέσιμες στρατηγικές, και έχοντας υπολογίσει τις αποδόσεις των πιθανών εκβάσεων κάθε σεναρίου θα έχω το παρακάτω δένδρο παιγνίων (Σχήμα 16):



(Σχήμα 16: Εκτατική μορφή 1ου Σεναρίου Δυναμικών παιγνίων)

Οπότε βάση των παραπάνω δεδομένων μπορώ να ετοιμάσω και τον πίνακα απόδοσης (payoff table). Επειδή στο παίγνιο μας συμμετέχουν τρεις παίκτες οι πίνακες απόδοσης του παιγνίου θα είναι όσοι και οι επιλογές του τρίτου παίκτη (Δ). Σε κάθε κελί του πίνακα ο πρώτος αριθμός αντιστοιχεί στους (Φ), ο δεύτερος στους (Τ) και ο τρίτος στους (Δ) :

Τρομοκράτες (Τ)

		1	***2***	***3***
	1	0.6,-3, 0	-1.5, 5,-0.5	-1.5, 4.5, 0.5
Φύλακες (Φ)	***2***	-1.5, 4, 0.5	2,-1, 0	-1.5, 4.5, 0.5
	3	-1.5, 4, 0.5	-1.5, 5,-0.5	2,-1, 0

Για επιλογή Δ_1 των Δυνάμεων καταστολής (Δ)

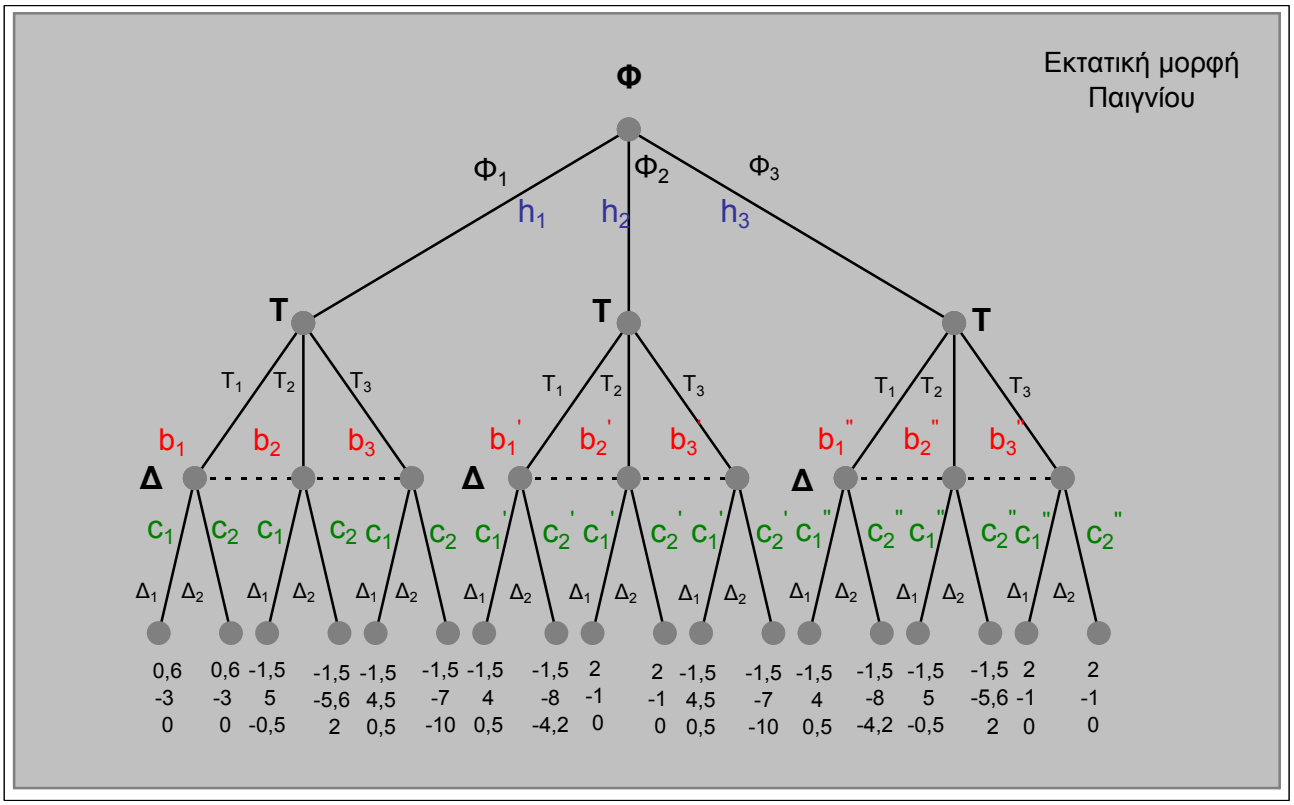
Τρομοκράτες (Τ)

		1	***2***	***3***
	1	0.6,-3, 0	-1.5,-5.6, 2	-1.5,-7,-10
Φύλακες (Φ)	***2***	-1.5,-8,-4.2	2,-1, 0	-1.5,-7,-10
	3	-1.5,-8,-4.2	-1.5,-5.6, 2	2,-1, 0

Για επιλογή Δ_2 των Δυνάμεων καταστολής (Δ)

(Πίνακας 39: Κανονική μορφή αναπαράστασης του 1^{ου} Σεναρίου δυναμικών παιγνίων)

Παρατηρώντας τους πίνακες αποδόσεων διαπιστώνουμε ότι δεν μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποια επιλογή, αλλά ούτε να προχωρήσουμε σε κάποια απλοποίηση στους πίνακες. Έτσι, όπως άλλωστε συνηθίζεται στα δυναμικά παίγνια, επιστρέφουμε στην εκτατική αναπαράστασή του παιγνίου έχοντας τοποθετήσει επάνω και τις πιθανότητες βάση των οποίων θα επιλέξει ο κάθε παίκτης τις απλές στρατηγικές του.



(Σχήμα 17: Εκτατική μορφή 1ου Σεναρίου Δυναμικών παιγνίων με εισαγωγή πιθανοτήτων)

Η διακεκομμένη γραμμή που φαίνεται στους κόμβους κίνησης του παίκτη Δ στο Σχήμα 17 δείχνει ότι αυτός δεν γνωρίζει τι έχει παίξει ο παίκτης Τ πριν από αυτόν, γνωρίζει όμως σε ποιον από τους τρεις κόμβος βρίσκεται.

Είναι προφανές ότι:

$h_1+h_2+h_3=1,\ b_1+b_2+b_3=1,\ b_1'+b_2'+b_3'=1,\ b_1''+b_2''+b_3''=1,\ c_1+c_2=1,\ c_1'+c_2'=1\ \&\ c_1''+c_2''=1$

Οι πιθανότητες να καταλήξει ο παίκτης Δ σε έναν από τους κόμβους επιλογής του που περιλαμβάνονται στα τριμελή σύνολα πληροφόρησης είναι από τα αριστερά προς τα δεξιά αντίστοιχα: $h_1b_1,\ h_1b_2,\ h_1b_3,\ h_2b_1',\ h_2b_2',\ h_2b_3',\ h_3b_1'',\ h_3b_2'',\ h_3b_3''$ το άθροισμα των οποίων είναι η μονάδα. Έτσι:

1) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική Φ_1, τότε ο Δ βρίσκεται στο αριστερό τριμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την Δ_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την Δ_2, εάν

$$0h_1b_1-0{,}5h_1b_2+0{,}5h_1b_3 \geq 0h_1b_1+2h_1b_2-10h_1b_3 \Rightarrow 10{,}5h_1b_3-2{,}5h_1b_2 \geq 0$$

$$\Rightarrow b_3 \geq \frac{2{,}5}{10{,}5}b_2 \Rightarrow b_3 \geq \frac{5}{21}b_2$$

i. Έτσι εάν $b_3 \geq (5/21)b_2$ τότε ο Δ επιλέγει την Δ_1 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_2 για κερδίσει +5 αντί των +4,5 και -3 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Όμως τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση -1,5 και ο Δ -0,5.

ii. Αν $b_3 < (5/21)b_2$ τότε ο Δ επιλέγει την Δ_2 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_1 για κερδίσει -3 αντί των -5,6 και -7 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση +0,6 και ο Δ 0.

2) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική Φ_2, τότε ο Δ βρίσκεται στο μεσαίο τριμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την Δ_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την Δ_2, εάν

$$0{,}5h_2b_1^{'}+0h_2b_2^{'}+0{,}5h_2b_3^{'} \geq -4{,}2h_2b_1^{'}+0h_2b_2^{'}-10h_2b_3^{'} \Rightarrow 4{,}7h_2b_1^{'}+10{,}5h_2b_3^{'} \geq 0$$
$$\Rightarrow h_2(4{,}7b_1^{'}+10{,}5b_3^{'}) \geq 0$$

Κάτι το οποίο ισχύει πάντα καθώς τα μεγέθη h_2, $b_1^{'}$, $b_3^{'}$ είναι πιθανότητες και άρα θετικά. Έτσι ο Δ θα επιλέξει την Δ_1 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_3 για κερδίσει +4,5 αντί του +4 και -1 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές του. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση -1,5 και ο Δ +0,5.

3) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική Φ_3, τότε ο Δ βρίσκεται στο δεξιό τριμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την Δ_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την Δ_2, εάν

$$0{,}5h_3b_1^{''}-0{,}5h_3b_2^{''}+0h_3b_3^{''} \geq -4{,}2h_3b_1^{''}+2h_3b_2^{''}+0h_3b_3^{''} \Rightarrow 4{,}7h_3b_1^{''}-2{,}5h_3b_2^{''} \geq 0$$
$$\Rightarrow b_1^{''} \geq \frac{2{,}5}{4{,}7}b_2^{''} \Rightarrow b_1^{''} \geq \frac{25}{47}b_2^{''}$$

i. Έτσι εάν $b_1^{''} \geq (25/47)b_2^{''}$ τότε ο Δ επιλέγει την Δ_1 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_2 για κερδίσει +5 αντί των +4 και -1 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Όμως τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση -1,5 και ο Δ -0,5.

ii. Αν $b_1^{''} < (25/47)b_2^{''}$ τότε ο Δ επιλέγει την Δ_2 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_3 για κερδίσει -1 αντί των -5,6 και -8 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση +2 και ο Δ 0.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι οι επιλογές των παικτών εξαρτώνται από τις πιθανότητες που έχουν ορίσει οι Τ στις απλές στρατηγικές τους. Αν συνοψίσουμε τα παραπάνω αποτελέσματα και προσθέσουμε μια επιπλέον παραδοχή για τους Φ, ότι για την επιλογή της στρατηγικής τους θα λάβουν υπόψη τους όχι την ατομική τους απόδοση αλλά την αθροιστική απόδοση με τους Δ τότε:

- Αν $b_3 \geq (5/21)b_2$ και $b_1'' \geq (25/47)b_2''$ τότε οι Δ ακολουθούν και στα τρία πολυμελή σύνολά τους την επιλογή Δ_1, έτσι οι Τ αν βρίσκονται στον αριστερό κόμβο τους (έχουν αυτή την πληροφόρηση) επιλέγουν T_2 με αποτέλεσμα (-1.5,+5,-0.5). Αν βρίσκονται στον μεσαίο κόμβο τους επιλέγουν T_3 με αποτέλεσμα (-1.5,+4.5,+0.5). Τέλος αν βρίσκονται στον δεξιό κόμβο τους επιλέγουν T_2 με αποτέλεσμα (-1.5,+5,-0.5). Γνωρίζοντας τον παραπάνω συλλογισμό των Τ οι Φ όπως είναι λογικό θα επιλέξουν την στρατηγική τους Φ_2 όποτε η όλη ιστορία του παιγνίου είναι η (Φ_2, T_3,Δ_1) με απόδοση (-1.5,+4.5,+0.5).

- Αν $b_3 \geq (5/21)b_2$ και $b_1'' < (25/47)b_2''$ τότε οι Δ επιλέγουν την στρατηγική Δ_1 στα δύο πρώτα πολυμελή σύνολά τους και ακολουθούν την στρατηγική Δ_2 στο τελευταίο πολυμελές σύνολό τους (το δεξιό). Έτσι οι Τ αν βρίσκονται στον αριστερό κόμβο τους επιλέγουν T_2 με αποτέλεσμα (-1.5,+5,-0.5). Αν βρίσκονται στον μεσαίο κόμβο τους επιλέγουν T_3 με αποτέλεσμα (-1.5,+4.5,+0.5). Τέλος αν βρίσκονται στον δεξιό κόμβο τους επιλέγουν T_3 με αποτέλεσμα (+2,-1,0). Γνωρίζοντας τον παραπάνω συλλογισμό των Τ οι Φ όπως είναι λογικό θα επιλέξουν την στρατηγική τους Φ_3 όποτε η όλη ιστορία του παιγνίου είναι η (Φ_3, T_3,Δ_2) με απόδοση (+2,-1,0).

- Αν $b_3 < (5/21)b_2$ και $b_1'' \geq (25/47)b_2''$ τότε οι Δ επιλέγουν την στρατηγική Δ_1 στα δύο τελευταία πολυμελή σύνολά τους και ακολουθούν την στρατηγική Δ_2 στο πρώτο πολυμελές σύνολό τους (το αριστερό). Έτσι οι Τ αν βρίσκονται στον αριστερό κόμβο τους επιλέγουν T_1 με αποτέλεσμα (+0.6,-3,0). Αν βρίσκονται στον μεσαίο κόμβο τους επιλέγουν T_2 με αποτέλεσμα (-1.5,+4.5,+0.5). Τέλος αν βρίσκονται στον δεξιό κόμβο τους επιλέγουν T_2 με αποτέλεσμα (-1.5,+5,-0.5). Γνωρίζοντας τον παραπάνω συλλογισμό των Τ οι Φ όπως είναι λογικό θα επιλέξουν την στρατηγική τους Φ_1 όποτε η όλη ιστορία του παιγνίου είναι η (Φ_1,T_1,Δ_2) με απόδοση (+0.6,-3,0).

- Αν $b_3 < (5/21)b_2$ και $b_1'' < (25/47)b_2''$ τότε οι Δ επιλέγουν στο αριστερό και δεξιό πολυμελές σύνολό τους την στρατηγική Δ_2, ενώ στο μεσαίο την στρατηγική Δ_1. Έτσι οι αν Τ βρίσκονται στον αριστερό κόμβο τους επιλέγουν T_1 με αποτέλεσμα (+0.6,-3,0). Αν βρίσκονται στον μεσαίο κόμβο τους επιλέγουν T_3 με αποτέλεσμα (-1.5,+4.5,+0.5). Τέλος αν βρίσκονται στον δεξιό κόμβο τους επιλέγουν T_3 με (+2,-1,0). Γνωρίζοντας τον παραπάνω συλλογισμό των Τ οι Φ όπως είναι λογικό θα επιλέξουν την στρατηγική τους Φ_3 όποτε η όλη ιστορία του παιγνίου είναι η (Φ_3, T_3,Δ_2) με απόδοση (+2,-1,0).

Άρα έχουμε τρεις τέλειες για τα υποπαίγνια ισορροπίες Nash που δημιουργεί η οπισθοβατική επαγωγή, τις:

(Φ_2,T_3,Δ_1) αν $b_3 \geq (5/21)b_2$ και $b_1'' \geq (25/47)b_2''$,

(Φ_1,T_1,Δ_2) αν $b_3 < (5/21)b_2$ και $b_1'' \geq (25/47)b_2''$,

(Φ_3,T_3,Δ_2) αν $b_1'' < (25/47)b_2''$.

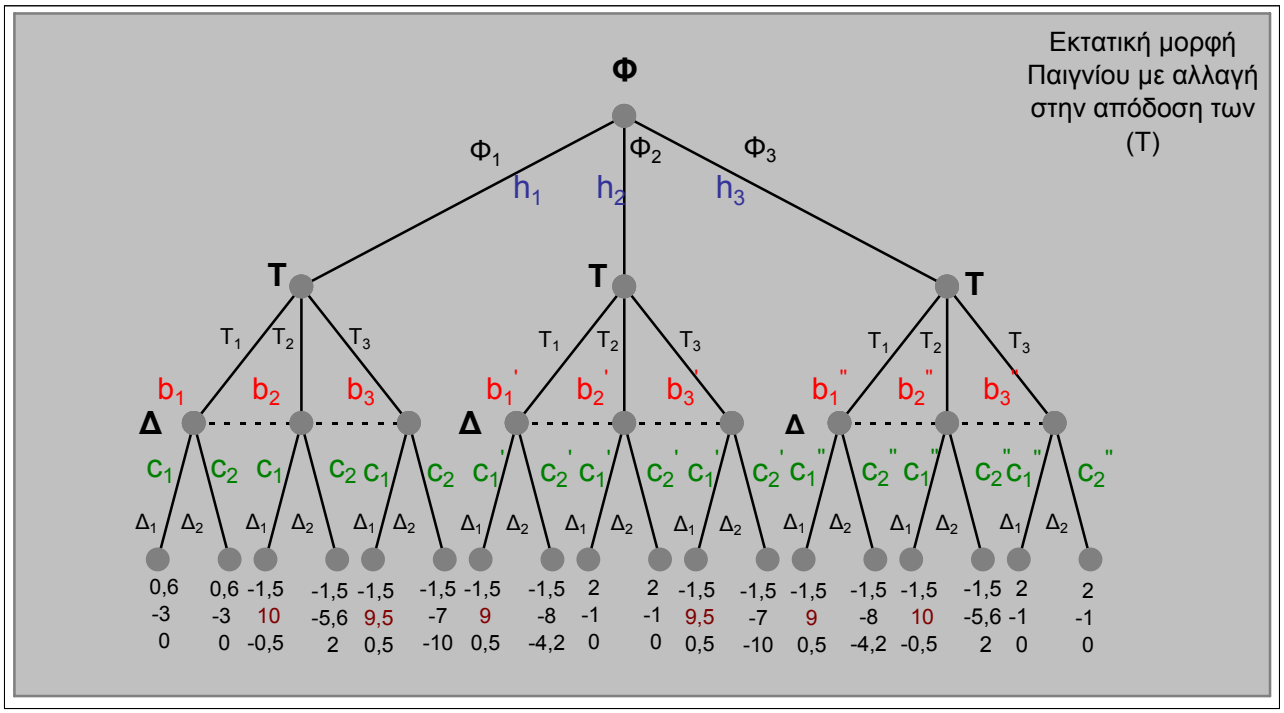
Επειδή όμως έχουμε υποθέσει ότι οι Τ είναι ορθολογικοί και μπορούν να κάνουν όλο τον παραπάνω συλλογισμό μπορούν να θέσουν $b_3 \geq (5/21)b_2$ και $b_1'' \geq (25/47)b_2''$ στις απλές στρατηγικές τους ώστε να χειραγωγήσουν το παίγνιο εκεί που το θέλουν αυτοί, δηλαδή στη στρατηγική (Φ_2,T_3,Δ_1) με αποτέλεσμα (-1.5,+4.5,+0.5). Όποτε η μόνη πλήρως συνεπής ακολουθητικά ορθολογική λύση για το σενάριο μας είναι η (Φ_2,T_3,Δ_1) με την ακολουθία (T_2,Δ_1) στο αριστερό και δεξιό υποπαίγνιο. Δηλαδή η λύση στο σενάριό μας είναι η **{(Φ_2),(T_3,T_2),(Δ_1,Δ_1)}**.

4.3.6 Αναλύσεις ευαισθησίας – Σχολιασμός

Ας προσπαθήσουμε τώρα να δούμε τι θα συμβεί στο αποτέλεσμα που προέκυψε στην περίπτωση που αλλάξουμε ορισμένες από τις αποδόσεις του δένδρου παιγνίου. Η λογική της διαδικασίας θα είναι παρόμοια με αυτή που εφαρμόσαμε στα παίγνια μηδενικού αθροίσματος, αν και μια καταρχήν σημαντική διαφορά είναι ότι για τη λύση των δυναμικών παιγνίων δεν μπορέσαμε να αναπτύξουμε τρόπο εύρεσης της λύσης του σεναρίου με τη βοήθεια προγραμματισμού του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η όλη διαδικασία δηλαδή θα γίνει όπως και προηγουμένως στηριζόμενη στη μέθοδο της οπισθοβατικής επαγωγής (BI-O).

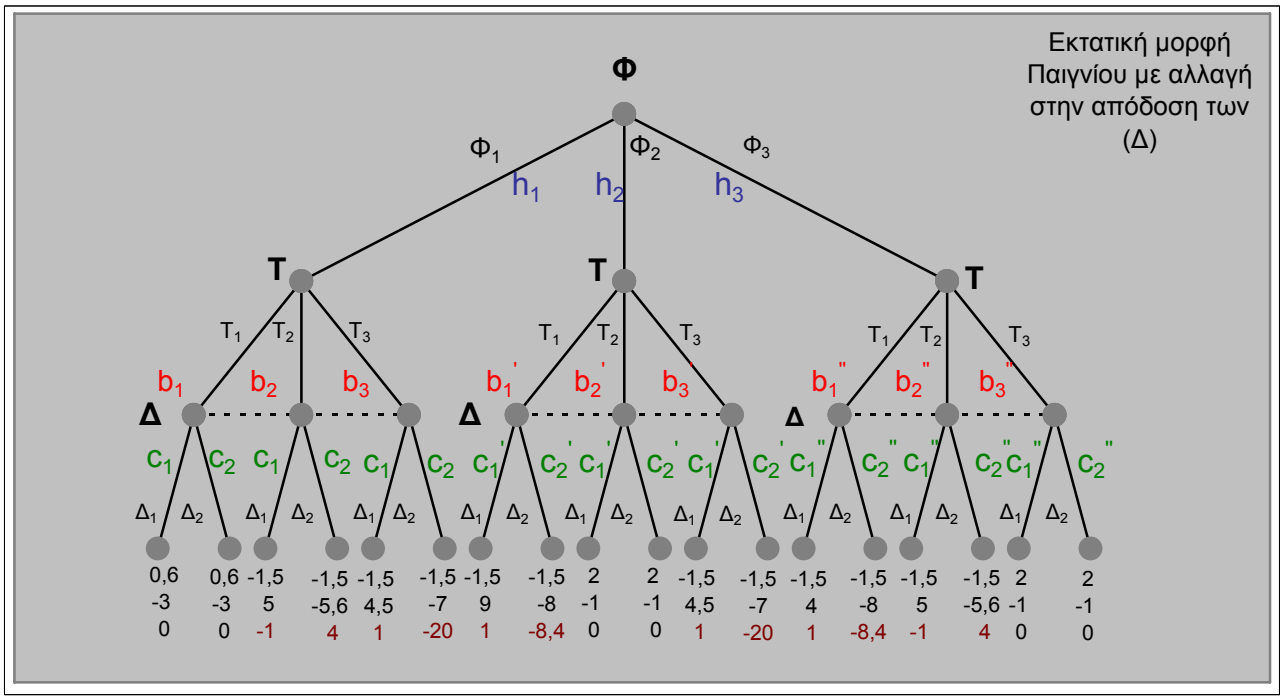
Οπότε θα κρατήσουμε σταθερές τις αποδόσεις των πιθανών εκβάσεων του παιγνίου και θα διπλασιάσουμε το ποσό που ζητούν οι επιτιθέμενοι σαν λύτρα (από 5 σε 10 εκ. €) για να δούμε την επίδραση της μεταβολής αυτής στο τελικό αποτέλεσμα. Οι αλλαγές εμφανίζονται με καφέ χρώμα στην νέα εκτατική απεικόνιση του σεναρίου.

Επαναλαμβάνοντας την διαδικασία επίλυσης καταλήγω με τον ίδιο τρόπο στην ίδια λύση, με μόνη διαφορά το ποσό που θα αποκομίσουν τελικά οι (Τ). Η λύση στο σενάριό μας είναι και πάλι η **{(Φ_2),(T_3,T_2),(Δ_1,Δ_1)}** με (-1.5,+9.5,+0.5). Πιο συγκεκριμένα η αρχική αλλαγή περνάει αυτούσια μέσα στο τελικό αποτέλεσμα χωρίς να έχει εμπλακεί κάπου στην διαδικασία επίλυσης. Το συγκεκριμένο εγχείρημα, δηλαδή, δεν μπορεί να βοηθήσει στην αποκομιδή χρήσιμων συμπερασμάτων.



(Σχήμα 18: Εκτατική μορφή 1ου Σεναρίου Δυναμικών παιγνίων με αλλαγή στην απόδοση των (Τ))

Ας κάνουμε μια προσπάθεια ακόμα αλλάζοντας αυτή τη φορά όχι τις αποδόσεις των (Τ) αλλά των (Δ) οι οποίοι βάση της οπισθοβατικής μεθόδου έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή στον τρόπο επίλυσης. Έτσι αν διπλασιάσουμε τις αποδόσεις των (Δ) η νέα εκτατική απεικόνιση του σεναρίου φαίνεται παρακάτω με τις αλλαγές να εμφανίζονται πάλι με καφέ χρώμα.



(Σχήμα 19: Εκτατική μορφή 1ου Σεναρίου Δυναμικών παιγνίων με αλλαγή στην απόδοση των (Δ))

Είναι προφανές από το Σχήμα 19 ότι:
$h_1+h_2+h_3=1,\ b_1+b_2+b_3=1,\ b_1^{'}+b_2^{'}+b_3^{'}=1,\ b_1^{''}+b_2^{''}+b_3^{''}=1,\ c_1+c_2=1,\ c_1^{'}+c_2^{'}=1\ \&\ c_1^{''}+c_2^{''}=1$

Οι πιθανότητες να καταλήξει ο παίκτης Δ σε έναν από τους κόμβους επιλογής του που περιλαμβάνονται στα τριμελή σύνολα πληροφόρησης είναι από τα αριστερά προς τα δεξιά αντίστοιχα: $h_1b_1,\ h_1b_2,\ h_1b_3,\ h_2b_1^{'},\ h_2b_2^{'},\ h_2b_3^{'},\ h_3b_1^{''},\ h_3b_2^{''},\ h_3b_3^{''}$ το άθροισμα των οποίων είναι η μονάδα. Έτσι:

1) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική $Φ_1$, τότε ο Δ βρίσκεται στο αριστερό τριμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την $Δ_1$ στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την $Δ_2$, εάν

$$0h_1b_1-1h_1b_2+1h_1b_3 \geq 0h_1b_1+4h_1b_2-20h_1b_3 \Rightarrow 21h_1b_3-5h_1b_2 \geq 0$$
$$\Rightarrow b_3 \geq \frac{5}{21}b_2$$

iii. Έτσι εάν $b_3 \geq (5/21)b_2$ τότε ο Δ επιλέγει την $Δ_1$ και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_2 για κερδίσει +5 αντί των +4,5 και -3 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Όμως τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση -1,5 και ο Δ -0,5.

iv. Αν $b_3 < (5/21)b_2$ τότε ο Δ επιλέγει την $Δ_2$ και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_1 για κερδίσει -3 αντί των -5,6 και -7 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση +0,6 και ο Δ 0.

2) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική $Φ_2$, τότε ο Δ βρίσκεται στο μεσαίο τριμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την $Δ_1$ στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την $Δ_2$, εάν

$$1h_2b_1^{'}+0h_2b_2^{'}+1h_2b_3^{'} \geq -8,4h_2b_1^{'}+0h_2b_2^{'}-20h_2b_3^{'} \Rightarrow 9,4h_2b_1^{'}+21h_2b_3^{'} \geq 0$$
$$\Rightarrow h_2(9,4b_1^{'}+21b_3^{'}) \geq 0 \Rightarrow h_2(4,7b_1^{'}+10,5b_3^{'}) \geq 0$$

Κάτι το οποίο ισχύει πάντα καθώς τα μεγέθη $h_2,\ b_1^{'},\ b_3^{'}$ είναι πιθανότητες και άρα θετικά. Έτσι ο Δ θα επιλέξει την $Δ_1$ και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_3 για κερδίσει +4,5 αντί του +4 και -1 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές του. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση -1,5 και ο Δ +0,5.

3) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική $Φ_3$, τότε ο Δ βρίσκεται στο δεξιό τριμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την $Δ_1$ στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την $Δ_2$, εάν

$$1h_3b_1''-1h_3b_2''+0h_3b_3'' \geq -8,4h_3b_1''+4h_3b_2''+0h_3b_3'' \Rightarrow 9,4h_3b_1''-5h_3b_2'' \geq 0$$
$$\Rightarrow b_1'' \geq \frac{5}{9,4}b_2'' \Rightarrow b_1'' \geq \frac{25}{47}b_2''$$

iii. Έτσι εάν $b_1'' \geq (25/47)b_2''$ τότε ο Δ επιλέγει την Δ_1 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_2 για κερδίσει +5 αντί των +4 και -1 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Όμως τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση -1,5 και ο Δ -0,5.

iv. Αν $b_1'' < (25/47)b_2''$ τότε ο Δ επιλέγει την Δ_2 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_3 για κερδίσει -1 αντί των -5,6 και -8 που θα του απέφεραν οι άλλες επιλογές. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση +2 και ο Δ 0.

Είναι προφανές ότι είναι ανούσιο να συνεχίσουμε την διαδικασία, καθώς τα αποτελέσματα είναι ακριβώς τα ίδια με του αρχικού σεναρίου και η λύση που θα προκύψει θα είναι και πάλι η **{(Φ_2),(T_3,T_2),(Δ_1,Δ_1)}** με (-1.5,+4.5,+1). Με μόνη αλλαγή δηλαδή την διπλασιασμένη απόδοση των (Δ).

Κλείνοντας, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι αλλαγές στην λύση του σεναρίου μας θα μπορούσαν να επιτευχθούν αν μεταβάλλαμε μεμονωμένα κάποιες τιμές μέσα από το σενάριο, κάτι τέτοιο όμως θα ήταν σαν να μεταβάλλαμε τις ίδιες τις στρατηγικές οπότε σαν να μιλούσαμε για άλλο σενάριο. Καταλήγουμε δηλαδή στο συμπέρασμα ότι δεν έχει νόημα να προχωρήσουμε περαιτέρω σε αναλύσεις ευαισθησίας στα δυναμικά παίγνια. Τέλος, είναι σημαντικό εδώ να αναφέρουμε ότι το συγκεκριμένο παίγνιο δεν προσφέρεται για την μελέτη των παραλλαγών που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε, για αυτό στην συνέχεια του κεφαλαίου θα μειώσουμε τις επιλογές των παιχτών και θα δούμε επιπλέον πράγματα σε μια πιο απλοποιημένη μορφή του.

4.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Κρουαζιερόπλοιο με εξέχουσες προσωπικότητες δένει στο λιμάνι με σκοπό να περάσει εκεί τη βραδιά. Κατά την παραμονή τους στο λιμάνι ο δήμαρχος της πόλης θα διοργανώσει δεξίωση πάνω στο πλοίο προς τιμή τους. Ομάδα τρομοκρατών (Τ) έχει σκοπό να επιτεθεί στο πλοίο με στόχο να πιάσει αιχμαλώτους, τους οποίους θα χρησιμοποιήσει ως μέσο διαπραγμάτευσης για την απόκτηση χρηματικού ποσού ως λύτρα. Το πλοίο από τη μεριά του έχει λάβει μέσα προφύλαξης με την βοήθεια εταιρίας φύλαξης (Φ), τα οποία όμως οι (Τ) μπορούν να παρατηρήσουν και στην συνέχεια να δράσουν εφαρμόζοντας την δική τους στρατηγική. Φοβούμενοι το ενδεχόμενο πιθανής επίθεσης οι τοπικές αρχές έχουν σε ετοιμότητα τις δυνάμεις καταστολής (Δ), οι οποίες θα ξεκινήσουν για το λιμάνι ταυτόχρονα με την εκδήλωση επίθεσης των τρομοκρατών, αφού όταν αυτή συμβεί το πλήρωμα θα ενεργοποιήσει το συναγερμό του πλοίου προτού ακόμα μάθουν αν αναχαιτίστηκε ή όχι από τους (Φ) η εν λόγω επίθεση. Οι (Δ) γνωρίζουν μόνο την αρχική αμυντική επιλογή των (Φ).

Τα χαρακτηριστικά της εκδοχής αυτής του σεναρίου μας είναι δύο. Καταρχήν οι δύο πρώτοι παίκτες (Φ και Τ) έχουν να επιλέξουν ανάμεσα από δύο στρατηγικές, και επιπλέον πάλι ότι οι επιτιθέμενοι έχουν το πλεονέκτημα της πληροφόρησης, σε αντίθεση με τους (Φ) που έχουν πλήρη άγνοια και τους (Δ) που είναι μερικώς ενημερωμένοι.

4.4.1 Διαθέσιμες στρατηγικές Φυλάκων (Φ)

Οι Φύλακες της ιδιωτικής εταιρείας έχουν να επιλέξουν μεταξύ δύο στρατηγικών. Το προσωπικό της εταιρείας όμως δεν επαρκεί για εκτέλεση και των δύο στρατηγικών, οπότε θα πρέπει να ρίξει το βάρος της άμυνας σε μία μόνο εξ αυτών και να επανδρώσει την άλλη μόνο επιφανειακά (χωρίς ουσιαστικό αποτέλεσμα).

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Φ-1 έως Φ-2 όπου:
Φ-1: Περιφρούρηση του σκάφους από οπλισμένους φύλακες.
Φ-2: Έλεγχος ταυτοτήτων και ταυτοποίηση στοιχείων όσων επιβαίνουν στο πλοίο.

4.4.2 Στρατηγικές επίθεσης των Τρομοκρατών (Τ)

Οι Τρομοκράτες έχουν και αυτοί στη διάθεσή τους δύο στρατηγικές από τις οποίες θα επιλέξουν μια, έχουν όμως το πλεονέκτημα ότι γνωρίζουν την επιλογή των (Φ) προτού δράσουν.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Τ-1 & Τ-2 όπου:
Τ-1: Μετωπική επίθεση το βράδυ ώστε να εισέλθουν στο σκάφος, εξοπλισμένοι με βαρύ οπλισμό.

Τ-2: Είσοδος στο πλοίο παριστάνοντας τηλεοπτικό συνεργείο που έχει σκοπό να καλύψει την εκδήλωση έχοντας κρυμμένο ελαφρύ οπλισμό.

4.4.3 Διαθέσιμες στρατηγικές Δυνάμεων Καταστολής (Δ)

Οι Δυνάμεις καταστολής ειδοποιούνται μέσω συναγερμού όταν ξεκινάει η επίθεση των Τρομοκρατών αλλά μέχρι να φτάσουν οργανωμένα στο λιμάνι η έκβαση της επίθεσης έχει ήδη κριθεί. Γνωρίζοντας μόνο την αρχική αμυντική επιλογή των (Φ) και μην έχοντας καμία πληροφορία για τους (Τ) έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο στρατηγικές.

Έτσι θα έχω τις στρατηγικές Δ-1 και Δ-2 όπου:

Δ-1: Διαπραγματεύσεις με τους Τρομοκράτες αν αυτοί έχουν πετύχει το σκοπό τους.

Δ-2: Διενέργεια επιχείρησης σωτηρίας των ομήρων και σύλληψης/εξουδετέρωσης των Τρομοκρατών.

4.4.4 Αποδόσεις / Συμβάσεις :

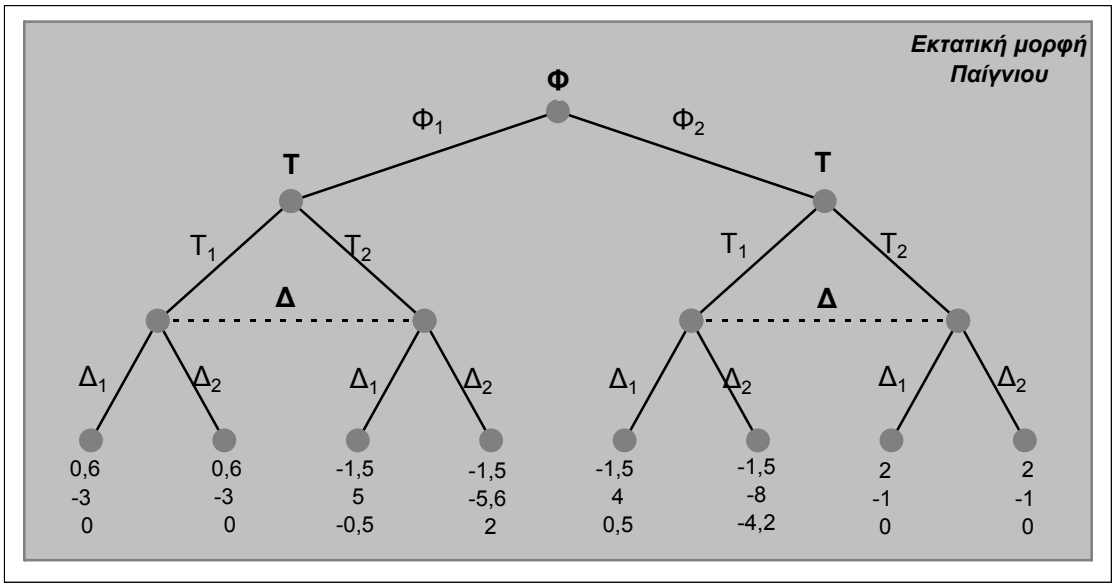
- Αν οι Φύλακες κερδίσουν τους Τρομοκράτες όταν οι τελευταίοι είναι ελαφρά οπλισμένοι έχουν απόδοση: **Φ → +2,0 εκ. €** (η ιδιωτική εταιρεία φύλαξης έχει κάνει συμφωνία με την πλοιοκτήτρια εταιρεία να λάβει εάν όλα πάνε καλά το ποσό των 2,0 εκ. €. Στην περίπτωση όμως που αποτύχει η φύλαξη, η ιδιωτική εταιρεία οφείλει να καταβάλει στο πλοίο ρήτρα 1,5 εκ. €). Στην περίπτωση αυτή οι **Τ → -1,0 εκ. €**, καθώς αποτυγχάνουν και συλλαμβάνονται. (Έστω ότι μιλάμε για 5 τρομοκράτες επικυρηγμένους με 0,2 εκ. € ο καθένας στην περίπτωση που παραδοθεί στις αρχές ζωντανός).
- Αν οι Φύλακες κερδίσουν τους Τρομοκράτες όταν οι τελευταίοι είναι βαριά οπλισμένοι έχουν απόδοση: **Φ → +0,6 εκ. €** (θεωρούμε ότι υπάρχει απώλεια ενός φύλακα κατά την συμπλοκή και υποθέτοντας ότι το κόστος της ανθρώπινης ζωής στη χώρα μας είναι 1,4 εκ. €, τότε οι Φ έχουν κέρδος 2,0 - 1,4 = 0,6 εκ. €). Στην περίπτωση αυτή οι **Τ → -3,0 εκ. €**, καθώς θεωρούμε ότι σκοτώνονται 2 από αυτούς κατά την εμπλοκή ενώ χάνουν και μέρος του οπλισμού τους.
- Αν οι Φύλακες χάσουν την μάχη με τους Τρομοκράτες τότε έχουν απόδοση: **Φ → -1,5 εκ. €** (το ποσό της ρήτρας).
- Στα σενάρια που οι Φύλακες έχουν αναχαιτίσει τους Τρομοκράτες οι Δυνάμεις καταστολής έχουν απόδοση: **Δ → 0** (καθώς δεν χρειάζεται καν να επέμβουν)
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι ελαφρά οπλισμένοι και διαπραγματεύονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → +5 εκ. € & Δ → -0,5 εκ. €** (καθώς οι τρομοκράτες έχουν καταφέρει την επίτευξη του

στόχου τους, τα λύτρα των 5 εκ. €, χωρίς να έχουν απώλειες ή κάποιο κόστος επιχείρησής, ενώ από την άλλη μεριά οι δυνάμεις καταστολής δεν έχουν πάρει την καλύτερη δυνατή απόφαση, όπως θα φανεί στην συνέχεια, και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση του σώματός τους).

- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι ελαφρά οπλισμένοι και εμπλέκονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → -5,6 εκ. € & Δ → +2 εκ. €** (Θεωρούμε ότι οι τρομοκράτες έχουν απώλειες τριών ατόμων, ενώ οι υπόλοιποι δύο συλλαμβάνονται, και από την άλλη οι δυνάμεις καταστολής έχουν επιτύχει την θετικότερη δυνατή εξέλιξη και για αυτό το σώμα τους επιβραβεύεται με ένα ποσό των 2 εκ. €)
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, φέρουν βαρύ οπλισμό και διαπραγματεύονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → +4 εκ. € & Δ → +0,5 εκ. €** (Στην περίπτωση αυτή οι τρομοκράτες έχουν καταφέρει την επίτευξη του στόχου τους, τα λύτρα των 5 εκ. €, χωρίς να έχουν απώλειες, έχουν όμως σαν κόστος επιχείρησής το κόστος του οπλισμού 1 εκ. €. Από την άλλη μεριά οι δυνάμεις καταστολής έχουν πάρει την καλύτερη δυνατή απόφαση, όπως θα φανεί στην συνέχεια, και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα μια μικρή επιβράβευση για την αναβάθμιση του σώματός τους).
- Αν οι Τρομοκράτες έχουν επικρατήσει των Φ, είναι βαριά οπλισμένοι και εμπλέκονται με τους Δ έχουν απόδοση: **Τ → -8 εκ. € & Δ → -4,2 εκ. €** (Θεωρούμε στην περίπτωση αυτή ότι και οι 5 τρομοκράτες σκοτώνονται κατά την εμπλοκή, ενώ κατάσχεται και ο οπλισμός της οργάνωσής τους, δηλ. $5 \times 1,4 + 1,0 = 8,0$ εκ. €. Από την άλλη και οι δυνάμεις ασφαλείας έχουν 3 νεκρούς από την εμπλοκή καθώς οι τρομοκράτες ήταν καλά οπλισμένοι, δηλ. $3 \times 1,4 = 4,2$ εκ. €).

4.4.5 Δένδρο παιγνίου – Πίνακας αποδόσεων – Λύση

Στο σενάριο μας έχουμε την πρόθεση τρομοκρατών να επιβιβαστούν στο πλοίο και να πιάσουν ομήρους με σκοπό να διαπραγματευτούν τα αιτήματά τους. Για να το πετύχουν αυτό έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο διαθέσιμες στρατηγικές (T_1-T_2), τις οποίες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν με τις αντίστοιχες δικές τους στρατηγικές ($Φ_1$-$Φ_2$), οι φύλακες του πλοίου. Στην συνέχεια έχουμε και την επέμβαση των (Δ) οι οποίοι με τις δύο στρατηγικές τους τάσσονται στο πλευρό των (Φ). Έχοντας λοιπόν τις διαθέσιμες στρατηγικές, και έχοντας υπολογίσει τις αποδόσεις των πιθανών εκβάσεων κάθε σεναρίου προκύπτει το παρακάτω δέντρο παιγνίων:



(Σχήμα 20: Εκτατική μορφή 2ου Σεναρίου Δυναμικών παιγνίων)

Οπότε βάση των παραπάνω δεδομένων μπορώ να ετοιμάσω και τον πίνακα απόδοσης (payoff table). Επειδή στο παίγνιο μας συμμετέχουν τρεις παίκτες οι πίνακες απόδοσης του παιγνίου θα είναι όσοι και οι επιλογές του τρίτου παίκτη (Δ). Σε κάθε κελί του πίνακα ο πρώτος αριθμός αντιστοιχεί στους (Φ), ο δεύτερος στους (Τ) και ο τρίτος στους (Δ) :

Τρομοκράτες (Τ)

		1	*2*
	1	0.6, -3, 0	-1.5, 5, -0.5
Φύλακες (Φ)	*2*	-1.5, 4, 0.5	2, -1, 0

Για την επιλογή $Δ_1$ των Δυνάμεων καταστολής (Δ)

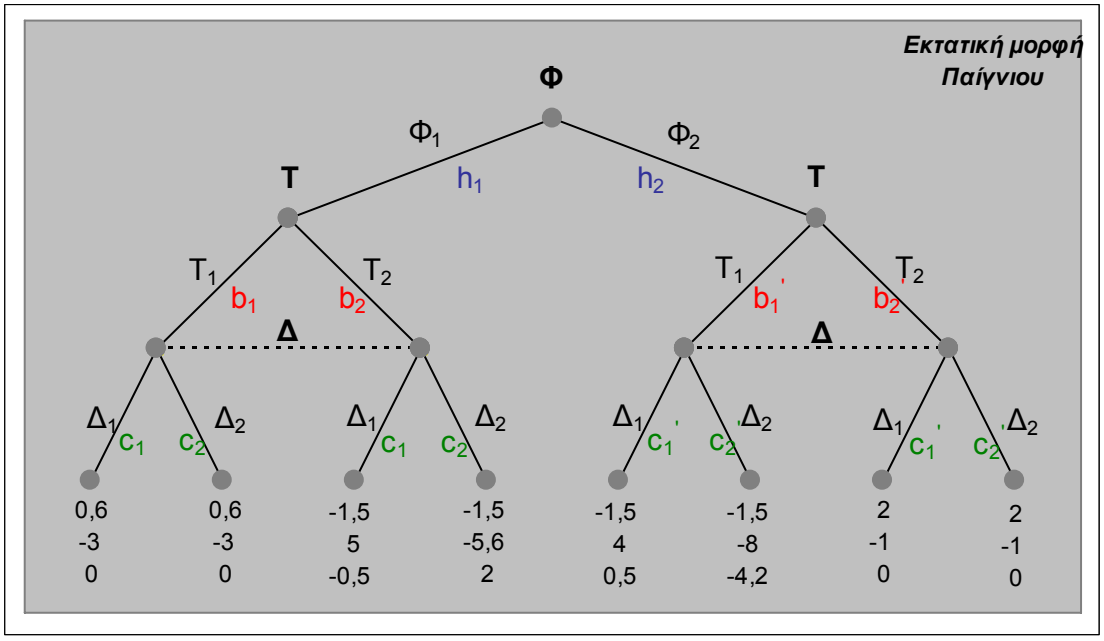
Τρομοκράτες (Τ)

		1	*2*
	1	0.6, -3, 0	-1.5, -5.6, 2
Φύλακες (Φ)	*2*	-1.5, -8, -4.2	2, -1, 0

Για την επιλογή $Δ_2$ των Δυνάμεων καταστολής (Δ)

(Πίνακας 40: Κανονική μορφή αναπαράστασης του 2ου Σεναρίου δυναμικών παιγνίων)

Παρατηρώντας τους πίνακες αποδόσεων διαπιστώνουμε ότι δεν μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποια επιλογή, αλλά ούτε και να προχωρήσουμε σε κάποια απλοποίηση στους πίνακες. Έτσι, όπως άλλωστε συνηθίζεται στα δυναμικά παίγνια, επιστρέφουμε στην εκτατική αναπαράστασή του παιγνίου έχοντας τοποθετήσει επάνω και τις πιθανότητες βάση των οποίων θα επιλέξει ο κάθε παίκτης τις απλές στρατηγικές του.



(Σχήμα 21: Εκτατική μορφή 2ου Σεναρίου Δυναμικών παιγνίων με εισαγωγή πιθανοτήτων)

Η διακεκομμένη γραμμή που φαίνεται στους κόμβους κίνησης του παίκτη Δ στο Σχήμα 21 δείχνει ότι αυτός δεν γνωρίζει τι έχει παίξει ο παίκτης Τ πριν από αυτόν, γνωρίζει όμως σε ποιον από τους δύο κόμβους βρίσκεται.

Είναι προφανές από το Σχήμα 21 ότι:

$$h_1+h_2=1,\ b_1+b_2=1,\ b_1'+b_2'=1,\ c_1+c_2=1\ \&\ c_1'+c_2'=1.$$

Οι πιθανότητες να καταλήξει ο παίκτης Δ σε έναν από τους κόμβους επιλογής του που περιλαμβάνονται στα διμελή σύνολα πληροφόρησης είναι από τα αριστερά προς τα δεξιά αντίστοιχα: $h_1b_1,\ h_1b_2,\ h_2b_1',\ h_2b_2'$ το άθροισμα των οποίων είναι η μονάδα. Έτσι:

1) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική Φ_1, τότε ο Δ βρίσκεται στο αριστερό διμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την Δ_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την Δ_2, εάν:

$$0h_1b_1-0{,}5h_1b_2 \geq 0h_1b_1+2h_1b_2 \Rightarrow -2{,}5h_1b_2 \geq 0 \Rightarrow h_1b_2 \leq 0.$$

Κάτι το οποίο δεν ισχύει καθώς τα μεγέθη $h_1 \& b_2$ είναι πιθανότητες και άρα θετικά. Έτσι ο Δ θα επιλέξει την Δ_2 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_1 για λάβει -3 αντί του -5,6 που θα του απέφερε η άλλη επιλογή του. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση +0,6 και ο Δ 0.

2) Αν ο παίκτης Φ επιλέξει να ξεκινήσει με την στρατηγική Φ_2, τότε ο Δ βρίσκεται στο δεξιό διμελές σύνολο πληροφόρησής του και η προσδοκώμενη απόδοση από την Δ_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη από την Δ_2, εάν:

$$0,5h_2b_1^{'}+0h_2b_2^{'} \geq -4,2h_2b_1^{'}+0h_2b_2^{'} \Rightarrow 4,7h_2b_1^{'} \geq 0 \Rightarrow h_2b_1^{'} \geq 0.$$

Κάτι το οποίο ισχύει πάντα καθώς τα μεγέθη $h_2 \& b_1^{'}$ είναι πιθανότητες και άρα θετικά. Έτσι ο Δ θα επιλέξει την Δ_1 και τότε συμφέρει τον Τ να παίξει την T_1 για κερδίσει +4 αντί του -1 που θα του απέφερε η άλλη επιλογή του. Τότε ο Φ αποκομίζει απόδοση -1,5 και ο Δ +0,5.

Από τις δύο παραπάνω επιλογές του Φ είναι προφανές ότι αυτός θα καταλήξει στην Φ_1 για να αποκομίσει κέρδος +0,6 αντί απώλειας -1,5 που θα του αποφέρει η Φ_2. Τότε ο Δ θα επιλέξει την στρατηγική Δ_2 και συνεπώς ο Τ την T_1. Άρα έχουμε την μοναδική τέλεια για τα υποπαίγνια ισορροπία Nash που δημιουργεί η οπισθοβατική επαγωγή (λήμμα του Kuhn): (Φ_1,T_1,Δ_2) με αποτέλεσμα (+0.6,-3, 0) και την ακολουθία (T_1,Δ_1) στο δεξιό υποπαίγνιο. Δηλαδή η λύση στο σενάριό μας είναι η $\mathbf{\{(\Phi_1),(T_1,T_1),(\Delta_2,\Delta_1)\}}$.

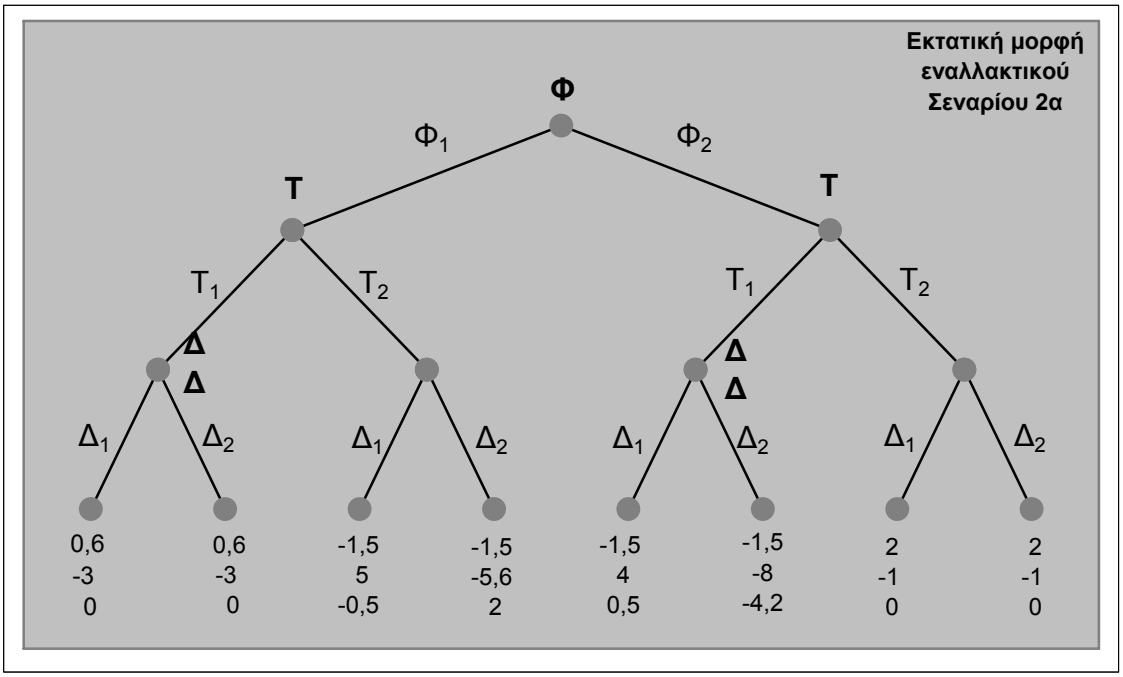
Εφόσον, όπως είδαμε στο Σενάριο 1 δεν ωφελεί να κάνουμε αναλύσεις ευαισθησίας θα δοκιμάσουμε την αντίδραση της μεθοδολογίας επίλυσης του σεναρίου μας σε ενδεχόμενη αλλαγή της πληροφόρησης των τριών παικτών που συμμετέχουν σε αυτό. Έτσι θα προκύψουν τρία εναλλακτικά παίγνια των οποίων το αποτέλεσμα πρέπει κανονικά να διαφέρει από το αρχικό.

4.4.6 Εναλλακτικό Σενάριο 2α

Στο Σενάριο 2 οι δυνάμεις καταστολής (Δ) ειδοποιούνται να επέμβουν σε επίθεση των Τρομοκρατών ενάντια στο πλοίο. Έτσι θα ξεκινήσουν για το λιμάνι ταυτόχρονα με την εκδήλωση επίθεσης των τρομοκρατών (αφού όταν αυτή συμβεί το πλήρωμα θα ενεργοποιήσει το συναγερμό του πλοίου), χωρίς να γνωρίζουν αν αναχαιτίστηκε ή όχι από τους (Φ) η εν λόγω επίθεση. Παράλληλα οι (Τ) ήταν σε θέση να γνωρίζουν τη στρατηγική επιλογή των (Φ). Στο εναλλακτικό αυτό σενάριο, θα δούμε την εξέλιξη του παιγνίου αν αυτό ήταν Πλήρους και Τέλειας πληροφόρησης.

Έστω, λοιπόν, ότι όλα τα δεδομένα στο σενάριο παραμένουν ίδια με μοναδική διαφοροποίηση ότι πλέον οι (Δ) καταφτάνουν στο λιμάνι γνωρίζοντας όλη την

ιστορία του παιγνίου μέχρι τη στιγμή της επέμβασή τους. Τότε η εκτατική μορφή του παιγνίου θα έχει ως εξής:



(Σχήμα 22: Εκτατική μορφή εναλλακτικού Σεναρίου 2α Δυναμικών παιγνίων)

Ας προχωρήσουμε τώρα στην επίλυση του παιγνίου του Σχήματος 22 με τη μέθοδο της οπισθοβατικής επαγωγής για δυναμικά παίγνια πλήρους και τέλειας πληροφόρησης (αλγόριθμος του Kuhn).

Καταρχήν ο παίκτης (Φ), που παίζει πρώτος, εξετάζει νοητικά δύο ενδεχόμενα: Έστω ότι ο ίδιος επιλέγει την στρατηγική $Φ_1$, τότε ο (Τ) με τη σειρά του έχει και αυτός δύο επιλογές:

- Αν επιλέξει την T_1, τότε ο παίκτης (Δ) είναι αδιάφορος ως προς το ποια από τις δύο στρατηγικές του να επιλέξει καθώς και οι δύο έχουν την ίδια απόδοση. Στην περίπτωση αυτή ο (Τ) χάνει -3, ενώ ο (Φ) κερδίζει 0,6.
- Αν επιλέξει την T_2, τότε συμφέρει τον (Δ) να επιλέξει τη $Δ_2$ στρατηγική του καθώς τότε κερδίζει 2 αντί -0,5 που θα είχε αν επέλεγε τη $Δ_1$. Στην περίπτωση αυτή ο (Τ) χάνει -5,6 , ενώ ο (Φ) χάνει και αυτός -1,5.

Άρα στην περίπτωση αυτή ο (Τ) επιλέγει την T_1 για να μειώσει τις απώλειές του.

Έστω ότι ο (Φ) επιλέγει την στρατηγική $Φ_2$, τότε ο (Τ) με τη σειρά του έχει πάλι δύο επιλογές:

- Αν επιλέξει την T_1, τότε συμφέρει τον (Δ) να επιλέξει τη $Δ_1$ στρατηγική του καθώς τότε κερδίζει 0,5 αντί -4,2 που θα είχε αν επέλεγε τη $Δ_2$. Στην περίπτωση αυτή ο (Τ) κερδίζει 4, ενώ ο (Φ) χάνει -1,5.

- Αν επιλέξει την T_2, τότε ο παίκτης (Δ) είναι αδιάφορος ως προς το ποια από τις δύο στρατηγικές του να επιλέξει καθώς και οι δύο έχουν την ίδια απόδοση. Στην περίπτωση αυτή ο (Τ) χάνει -1, ενώ ο (Φ) κερδίζει 2.

Άρα στην περίπτωση αυτή ο (Τ) επιλέγει πάλι την T_1 για να είναι ο νικητής του παιγνίου.

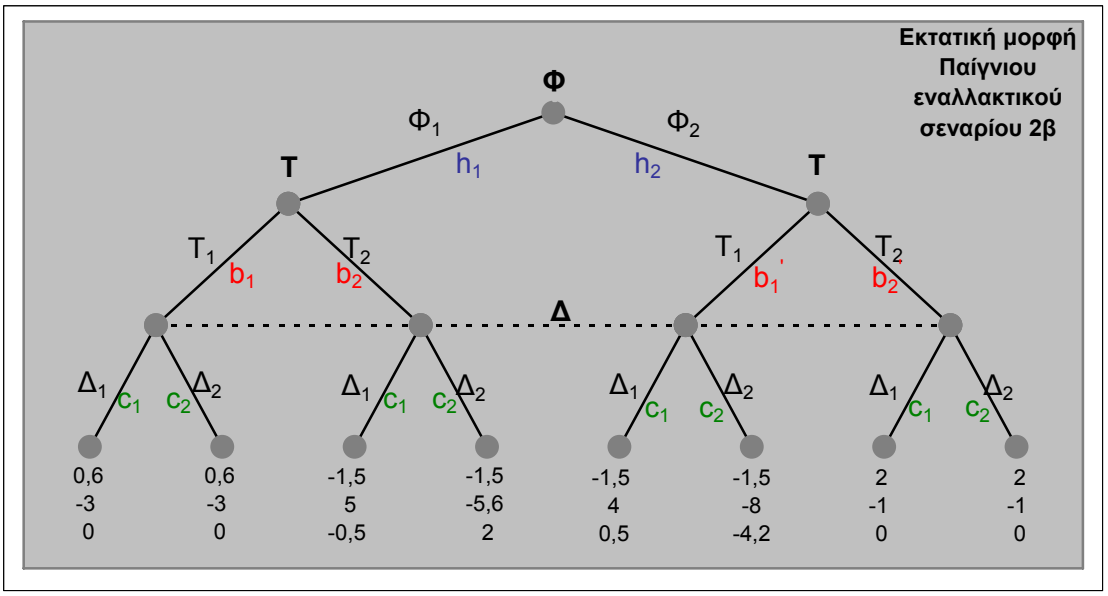
Σύμφωνα με τα παραπάνω ο (Φ), που παίζει πρώτος, θα επιλέξει την $Φ_1$ στρατηγική του αφού τότε αποκομίζει κέρδος 0,6 αντί απώλειας -1,5 που θα είχε με την $Φ_2$. Έτσι η λύση του παιγνίου είναι η $(Φ_1,T_1,Δ_i)$ με i=1,2 (λόγω της προτιμησιακής αδιαφορίας του (Δ)) αποτέλεσμα (+0.6,-3, 0) και την ακολουθία $(T_1,Δ_1)$ στο δεξιό υποπαίγνιο. Δηλαδή η λύση στο σενάριό μας είναι η $\mathbf{\{(Φ_1),(T_1,T_1),(Δ_i,Δ_1)\}}$.

Παρατηρούμε ότι έχουμε σχεδόν το ίδιο αποτέλεσμα με το Σενάριο 2 (το αποτέλεσμα του αρχικού σεναρίου περιλαμβάνεται στη λύση μας), γεγονός που ενισχύει την θετική επίδραση για το συνασπισμό των αμυνομένων της πληροφόρησης που λαμβάνουν οι (Δ).

4.4.7 Εναλλακτικό Σενάριο 2β

Στο Σενάριο 2 οι δυνάμεις καταστολής (Δ) ειδοποιούνται να επέμβουν σε επίθεση των Τρομοκρατών ενάντια στο πλοίο. Έτσι θα ξεκινήσουν για το λιμάνι ταυτόχρονα με την εκδήλωση επίθεσης των τρομοκρατών (αφού όταν αυτή συμβεί το πλήρωμα θα ενεργοποιήσει το συναγερμό του πλοίου), χωρίς να γνωρίζουν αν αναχαιτίστηκε ή όχι από τους (Φ) η εν λόγω επίθεση. Η μόνη πληροφορία που είχαν οι (Δ) είναι ότι γνώριζαν ποια στρατηγική φύλαξης είχαν λάβει οι (Φ) για την περιφρούρηση του πλοίου (ήξεραν δηλαδή σε ποιόν από τους δύο κόμβους του (Τ) στην εκτατική απεικόνιση του παιγνίου βρίσκονταν). Στο εναλλακτικό αυτό σενάριο, θα δούμε κατά πόσο έπαιξε ρόλο για την εξέλιξη του παιγνίου αυτή η πληροφορία και πόσο σημαντική ήταν τελικά για τον συνασπισμό (Φ) και (Δ).

Έστω, λοιπόν, ότι όλα τα δεδομένα στο σενάριο παραμένουν ίδια με μοναδική διαφοροποίηση ότι πλέον οι (Δ) καταφτάνουν στο λιμάνι χωρίς καμία πληροφόρηση όχι μόνο για τους (Τ) αλλά ούτε για τους (Φ), γνωρίζοντας μόνο το γεγονός ότι το πλοίο έχει δεχτεί επίθεση. Οι (Τ) συνεχίζουν να γνωρίζουν την επιλογή των (Φ) Τότε η εκτατική μορφή του παιγνίου θα έχει ως εξής:



(Σχήμα 23: Εκτατική μορφή εναλλακτικού Σεναρίου 2β Δυναμικών παιγνίων)

Είναι προφανές από το Σχήμα 23 ότι: $h_1+h_2=1$, $b_1+b_2=1$, $b_1'+b_2'=1$ & $c_1+c_2=1$.

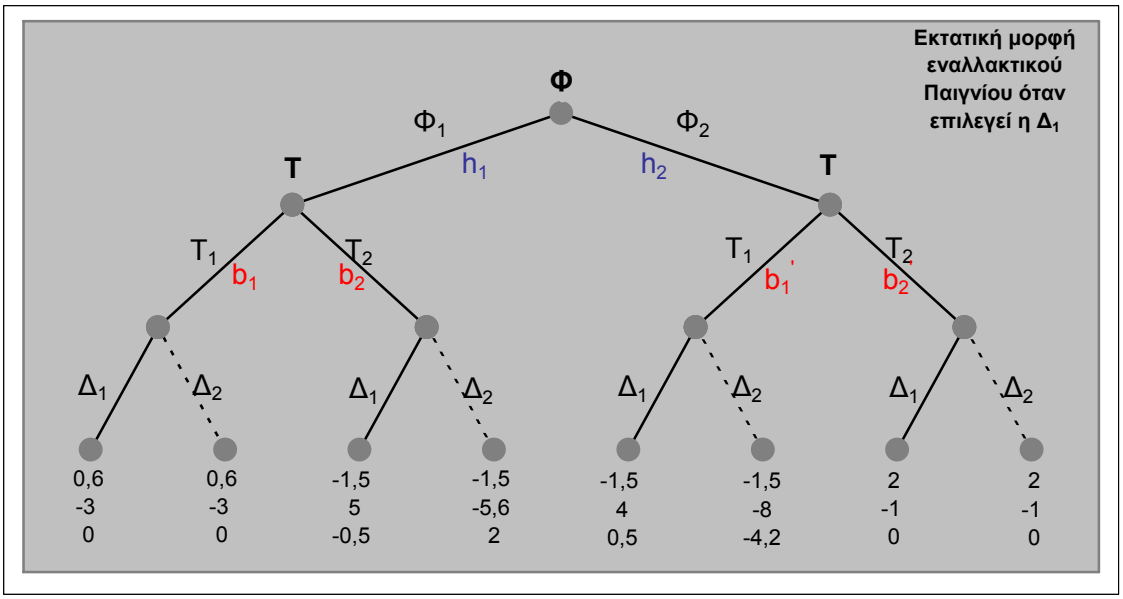
Η προσδωκόμενη απόδοση του παίκτη Δ από την Δ_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την Δ_2 εάν:

$$0h_1b_1-0{,}5h_1b_2+0{,}5h_2b_1'+0h_2b_2' \geq 0h_1b_1+2h_1b_2-4{,}2h_2b_1'+0h_2b_2' \Rightarrow$$
$$-0{,}5h_1b_2+0{,}5h_2b_1' \geq 2h_1b_2-4{,}2h_2b_1' \Rightarrow -0{,}5h_1b_2+0{,}5(1-h_1)b_1' \geq 2h_1b_2-4{,}2(1-h_1)b_1' \Rightarrow$$
$$-0{,}5h_1b_2+0{,}5b_1'-0{,}5h_1b_1' \geq 2h_1b_2-4{,}2b_1'+4{,}2h_1b_1' \Rightarrow -2{,}5h_1b_2+4{,}7b_1'-4{,}7h_1b_1' \geq 0 \Rightarrow$$
$$-h_1(4{,}7b_1'+2{,}5b_2)+4{,}7b_1' \geq 0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow h_1 \leq \frac{4{,}7b_1'}{4{,}7b_1'+2{,}5b_2}$$

- Έτσι, εάν $h_1 \leq \frac{4{,}7b_1'}{4{,}7b_1'+2{,}5b_2}$ ο (Δ) επιλέγει την στρατηγική Δ_1 και τότε το παίγνιο μας παίρνει την εξής νέα μορφή δυναμικού παιγνίου τέλειας πληροφόρησης που φαίνεται στο Σχήμα 19. Οι επιλογές του παιγνίου πλέον είναι οι συνεχείς γραμμές, ενώ οι διακεκομμένες γραμμές απεικονίζουν τις πορείες που δεν μπορούν να ακολουθηθούν.

  Άρα, αν ο (Φ) επιλέξει να ξεκινήσει το παίγνιο με την Φ_1 τότε ο (Τ) όπως είναι λογικό θα συνεχίσει με T_2, ώστε να αποκομίσει κέρδος +5 αντί απώλειας -3, ενώ για τους υπόλοιπους παίκτες θα έχουμε (Φ)→-1,5 και (Δ)→-0,2. Αν ο (Φ) επιλέξει να ξεκινήσει το παίγνιο με την Φ_2 τότε ο (Τ) όπως είναι λογικό θα ανταπαντήσει με την T_1, ώστε να αποκομίσει κέρδος +4 αντί απώλειας -1,

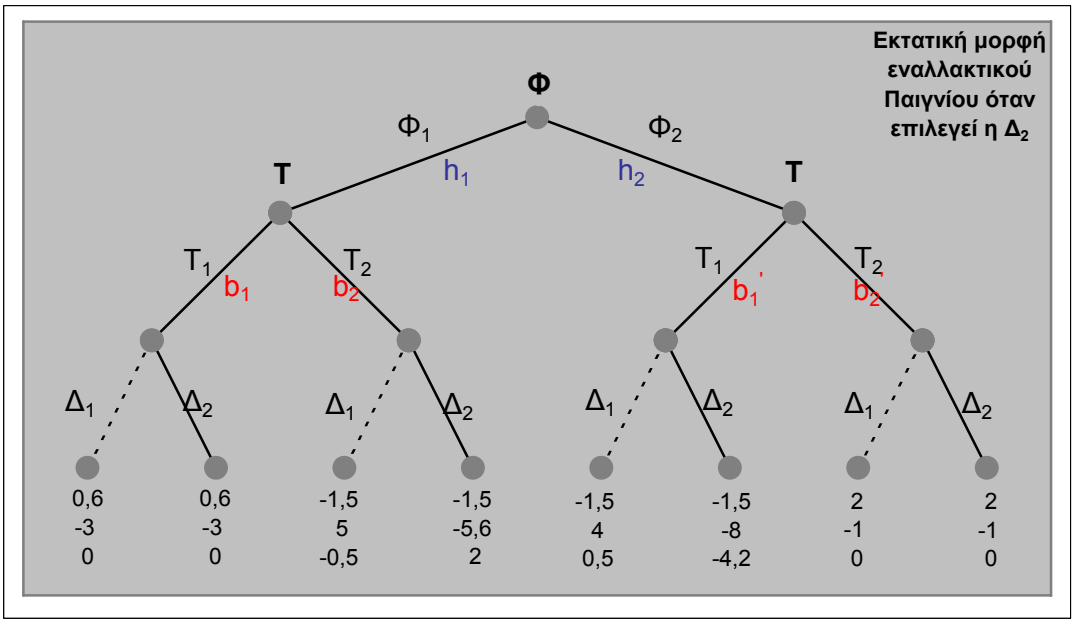
ενώ για τους υπόλοιπους παίκτες θα έχουμε (Φ)→-1,5 και (Δ)→+0,5. Αν τώρα κάνουμε την παραδοχή ότι οι (Φ) ενδιαφέρονται για th συνολική απόδοση που θα έχουν μαζί με τους (Δ) τότε είναι προφανές ότι θα ξεκινήσουν το παίγνιο με την επιλογή Φ_2 και η ισορροπία μας θα είναι η **(Φ_2,T_1,Δ_1)**.



(Σχήμα 24: Εκτατική μορφή εναλλακτικού Σεναρίου 2β όταν επιλεγεί η στρατηγική Δ_1)

- Εάν $h_1 > \dfrac{4{,}7b_1'}{4{,}7b_1'+2{,}5b_2}$ ο (Δ) επιλέγει την στρατηγική Δ_2 και τότε το παίγνιο μας παίρνει την παρακάτω μορφή δυναμικού παιγνίου τέλειας πληροφόρησης που φαίνεται στο Σχήμα 20.

Έτσι, αν ο (Φ) τώρα επιλέξει να ξεκινήσει το παίγνιο με την Φ_1 τότε ο (Τ) όπως είναι λογικό θα συνεχίσει με T_1, ώστε να αποκομίσει απόδοση -3 αντί απώλειας -5,6 , ενώ για τους υπόλοιπους παίκτες θα έχουμε (Φ)→+0,6 και (Δ)→0. Αν ο (Φ) επιλέξει να ξεκινήσει το παίγνιο με την Φ_2 τότε ο (Τ) όπως είναι λογικό θα ανταπαντήσει με την T_2, ώστε να αποκομίσει απόδοση -1 αντί απώλειας -8, ενώ για τους υπόλοιπους παίκτες θα έχουμε (Φ)→+2 και (Δ)→0. Αν τώρα κάνουμε την παραδοχή ότι οι (Φ) ενδιαφέρονται για το συνολική απόδοση που θα έχουν μαζί με τους (Δ) τότε είναι προφανές ότι θα ξεκινήσουν πάλι το παίγνιο με την επιλογή Φ_2 και η ισορροπία μας θα είναι η **(Φ_2,T_2,Δ_2)**.



(Σχήμα 25: Εκτατική μορφή εναλλακτικού Σεναρίου 2β όταν επιλεγεί η στρατηγική Δ_2)

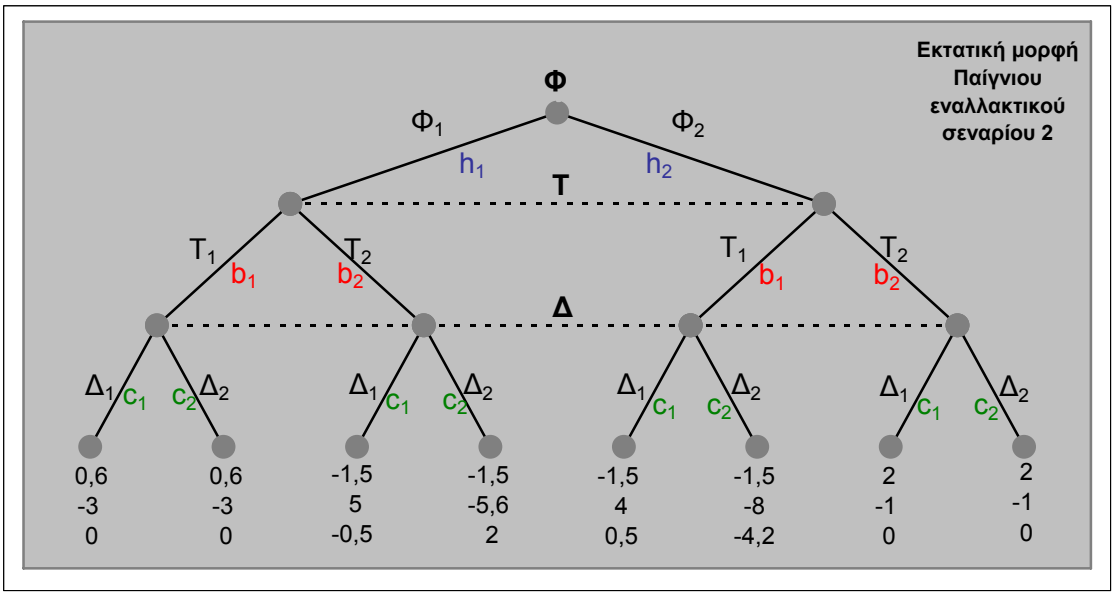
Συνοψίζοντας, λοιπόν, τα όσα προέκυψαν παραπάνω καταλήγουμε σε δύο τέλειες για τα υποπαίγνια ισορροπίες Nash που δημιουργεί η οπισθοβατική επαγωγή και οι οποίες είναι εξαρτώμενες από τις πιθανότητες που θα θέσουν οι δύο πρώτοι παίκτες για τις απλές στρατηγικές τους. Έτσι οι δύο λύσεις μας είναι:

1. **(Φ_2,T_1,Δ_1)** με απόδοση (-1.5,+4,+0.5) εάν $h_1 \leq 4,7\,b_1^{'}/(4,7b_1^{'}+2,5b_2)$ και η
2. **(Φ_2, T_2,Δ_2)** με απόδοση (+2,-1, 0) εάν $h_1 > 4,7b_1^{'}/(4,7b_1^{'}+2,5b_2)$.

Εύκολα παρατηρούμε ότι καμία από τις δύο προκύπτουσες λύσεις δεν είναι ίδια με την {(Φ_1),(T_1,T_1),(Δ_2,Δ_1)} του αρχικού μας σεναρίου, ενώ ταυτόχρονα είναι εμφανές ότι η επιπλέον πληροφόρηση στους (Δ) (που φαινόταν ασήμαντη) του Σεναρίου 2 έδινε ένα σημαντικό πλεονέκτημα στην συμμαχία (Φ) & (Δ) αφού δεν άφηνε περιθώρια ήττας, κάτι το οποίο χάθηκε στο δεύτερο σενάριο.

4.4.8 Εναλλακτικό Σενάριο 2γ

Έστω, ότι όλα τα δεδομένα παραμένουν ίδια με το προηγούμενο σενάριο με μοναδική διαφοροποίηση ότι πλέον όχι μόνο οι (Δ) καταφτάνουν στο λιμάνι χωρίς καμία πληροφόρηση, αλλά ότι το ίδιο ισχύει και για τους (Τ). Το νέο στοιχείο δηλαδή σε σχέση με πριν είναι ότι οι (Τ) πρέπει να επιτεθούν χωρίς να έχουν πληροφορίες για την αμυντική στρατηγική που θα υιοθετήσουν οι (Φ). Τότε η εκτατική μορφή του παιγνίου θα έχει ως εξής:



(Σχήμα 26: Εκτατική μορφή εναλλακτικού Σεναρίου 2γ Δυναμικών παιγνίων)

Το σενάριο αυτό θα μπορούσε άνετα να χαρακτηριστεί σαν σενάριο στατικού και όχι δυναμικού παιγνίου καθώς οι επιλογές των παικτών (Τ) και (Δ) συνδέονται με διακεκομμένες γραμμές. Αυτό σημαίνει ότι κανείς τους δεν γνωρίζει την επιλογή που έχουν κάνει οι προηγούμενοι παίκτες (το ίδιο και ο (Φ) διότι παίζει πρώτος) και άρα καλούνται να παίξουν σαν κάνουν ταυτόχρονη επιλογή στρατηγικής. Δηλαδή η δια της διακεκομμένης μορφής περιγραφή του ατελούς πληροφόρησης παιγνίου οδηγεί το παίγνιο σε στατικότητα. Μια προσπάθεια όμως λύσης του σεναρίου με τα κριτήρια της στατικής θεωρίας παιγνίων μάλλον θα περιέπλεκε παρά θα βοηθούσε στη λύση του παιγνίου καθώς έχουμε να κάνουμε με πάνω από ένα πίνακα αποδόσεων.

Είναι προφανές από το Σχήμα 26, λοιπόν ότι: $h_1+h_2=1$, $b_1+b_2=1$ & $c_1+c_2=1$.

Η προσδωκόμενη απόδοση του παίκτη (Δ) από την Δ_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την Δ_2 εάν:

$$0h_1b_1-0{,}5h_1b_2+0{,}5h_2b_1+0h_2b_2 \geq 0h_1b_1+2h_1b_2-4{,}2h_2b_1+0h_2b_2 \Rightarrow$$
$$-0{,}5h_1b_2+0{,}5h_2b_1 \geq 2h_1b_2-4{,}2h_2b_1 \Rightarrow -2{,}5h_1b_2+4{,}7h_2b_1 \geq 0 \Rightarrow$$
$$-2{,}5h_1(1-b_1)+4{,}7(1-h_1)b_1 \geq 0 \Rightarrow -2{,}5h_1+2{,}5h_1b_1+4{,}7b_1-4{,}7h_1b_1 \geq 0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow -2{,}5h_1-2{,}2h_1b_1+4{,}7b_1 \geq 0 \Rightarrow h_1 \leq \frac{4{,}7b_1}{2{,}5+2{,}2b_1}$$

- Έτσι, εάν $h_1 \leq \frac{4{,}7b_1}{2{,}5+2{,}2b_1}$ ο (Δ) επιλέγει την στρατηγική Δ_1 και τότε η προσδωκόμενη απόδοση του παίκτη (Τ) από την T_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την T_2 εάν:

$$-3h_1+4h_2 \geq 5h_1-1h_2 \Rightarrow -8h_1+5h_2 \geq 0 \Rightarrow$$
$$-8h_1+5(1-h_1) \geq 0 \Rightarrow -8h_1-5h_1+5 \geq 0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow h_1 \leq \frac{5}{13}$$

i. Όποτε, αν $h_1 \leq 5/13$ ο (Τ) επιλέγει την T_1 οπότε και ο (Φ) με τη σειρά του την Φ_1. Δηλαδή η ισορροπία θα είναι η (Φ_1,T_1,Δ_1).

ii. Αν $h_1 > 5/13$ ο (Τ) επιλέγει την T_2 οπότε και ο (Φ) με τη σειρά του την Φ_2. Δηλαδή η ισορροπία θα είναι η (Φ_2,T_2,Δ_1).

- Εάν $h_1 \geq \frac{4,7b_1}{2,5+2,2b_1}$ ο (Δ) επιλέγει την στρατηγική Δ_2 και τότε η προσδωκόμενη απόδοση του παίκτη (Τ) από την T_1 στρατηγική του θα είναι τουλάχιστον ίση εκείνης από την T_2 εάν:

$$-3h_1-8h_2 \geq -5,6h_1-1h_2 \Rightarrow 2,6h_1-7h_2 \geq 0 \Rightarrow$$
$$2,6h_1-7(1-h_1) \geq 0 \Rightarrow 9,6h_1-7 \geq 0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow h_1 \geq \frac{7}{9,6}$$

i. Όποτε, αν $h_1 \geq 7/9,6$ ο (Τ) επιλέγει την T_1 οπότε και ο (Φ) με τη σειρά του την Φ_1. Δηλαδή η ισορροπία θα είναι η (Φ_1,T_1,Δ_2).

ii. Αν $h_1 < 7/9,6$ ο (Τ) επιλέγει την T_2 οπότε και ο (Φ) με τη σειρά του την Φ_2. Δηλαδή η ισορροπία θα είναι η (Φ_2,T_2,Δ_2).

Συνοψίζοντας τα όσα προέκυψαν παραπάνω καταλήγουμε σε τέσσερεις τέλειες για τα υποπαίγνια ισορροπίες Nash που δημιουργεί η οπισθοβατική επαγωγή και οι οποίες είναι εξαρτώμενες από τις πιθανότητες που θα θέσουν οι δύο πρώτοι παίκτες για τις απλές στρατηγικές τους. Έτσι οι λύσεις μας είναι:

1. **(Φ_1,T_1,Δ_1)** με απόδοση (+0.6,-3, 0) εάν $h_1 \leq 4,7b_1/(2,5+2,2b_1)$ & $h_1 \leq 5/13$.
2. **(Φ_2,T_2,Δ_1)** με απόδοση (+2,-1, 0) εάν $5/13 < h_1 \leq 4,7b_1/(2,5+2,2b_1)$.
3. **(Φ_1,T_1,Δ_2)** με απόδοση (+0.6,-3,0) εάν $h_1 > 4,7b_1/(2,5+2,2b_1)$ & $h_1 \geq 7/9,6$.
4. **(Φ_2,T_2,Δ_2)** με απόδοση (+2,-1, 0) εάν $4,7b_1/(2,5+2,2b_1) < h_1 < 7/9,6$

Εδώ παρατηρούμε ότι σε καμία από τις τέσσερις προκύπτουσες λύσεις οι (Τ) δεν αποκομίζουν κέρδος, ενώ ταυτόχρονα συμβαίνει όταν οι (Δ) φτάνουν στο λιμάνι να μην χρειάζεται να επέμβουν. Είναι γεγονός πάντως ότι με τη δομή που έχει το αρχικό μας σενάριο (2) η μόνη πιθανότητα να κερδίσουν οι επιτιθέμενοι είναι όταν οι ίδιοι έχουν πληροφόρηση ενώ οι αντίπαλοί τους είναι αναγκασμένοι να δράσουν απομονωμένοι, συμπέρασμα που δεν αντιτίθεται στην κοινή λογική.

4.4.9 Παρατηρήσεις

Αν και στο Σενάριο 2 του παρόντος κεφαλαίου δοκιμάσαμε αρκετές ενδιαφέρουσες παραλλαγές ώστε να συγκρίνουμε τα πιθανά αποτελέσματα, στο πρώτο Σενάριο δεν επεκταθήκαμε όσο θα έπρεπε. Ο λόγος στον οποίο οφείλεται η ασύμμετρη αυτή ανάπτυξη του κεφαλαίου δεν είναι άλλος από την πολυπλοκότητα των λύσεων των δυναμικών παιγνίων. Παρά τη φαινομενικά απλή δομή του Σεναρίου 1 και την κατανοητή διαδικασία επίλυσης, η πολυπλοκότητα υπεισέρχεται στα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη λύση των παιγνίων. Έτσι σε ένα σενάριο δυναμικού παιγνίου με πάνω από δύο στρατηγικές επιλογές για τον κάθε παίκτη κάθε πιθανή παραλλαγή μπορεί να αποδώσει μια σειρά λύσεων που λόγω του αριθμού τους δεν θα προσφέρονται για την αποκομιδή ενδιαφερόντων συμπερασμάτων.

Τα όσα αναφέραμε παραπάνω ασφαλώς περιορίζουν τη λειτουργικότητα της συγκεκριμένης μεθόδου χωρίς όμως αυτό να οδηγεί στην απόρριψή της. Στην ουσία η εισαγωγή της μεθόδου των δυναμικών παιγνίων συμπληρώνει το κενό που αφήνει η διαδικασία επίλυσης των στατικών παιγνίων μηδενικού αθροίσματος, κάτι το οποίο αναλύουμε εκτενέστερα στο επόμενο κομμάτι που αποτελεί τον επίλογο της διπλωματικής μας εργασίας.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Έχοντας κλείσει και το τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας μας θα προσπαθήσουμε να συγκεντρώσουμε στο κομμάτι αυτό τα συνολικά συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε.

Ως αναφορά το πρώτο μέρος, της θεωρίας παιγνίων, αν και θεωρητικής φύσεως έγινε μια σοβαρή προσπάθεια στο να καταφέρουμε να προσεγγίσουμε τις δυσκολονόητες έννοιες του με αριθμητικά παραδείγματα. Η προσέγγιση αυτή έγινε πρωτίστως για να γίνουν κατανοητά τα όσα γράφτηκαν, επιπλέον όμως είχαν και στόχο να γίνει το μονότονο αυτό κομμάτι όσο το δυνατόν περισσότερο ενδιαφέρον στον αναγνώστη. Είναι γεγονός, βέβαια, ότι θα μπορούσαμε να περιορίσουμε την ενότητα αυτή στα μέρη που αποτελούν το υπόβαθρο για τα υπολογιστικά κεφάλαια της διπλωματικής, απλοποιώντας τα πράγματα· μια τέτοια κίνηση όμως αφενός θα μας χειραγωγούσε κατευθείαν στο αποτέλεσμα της έρευνας μας περιορίζοντας την σφαιρική γνώση του αντικειμένου και κατ' επέκταση την δυνατότητα να το αντιληφθούμε, και αφετέρου δεν θα ανταποκρινόταν στην δουλειά που έγινε για να ενσωματωθεί η θεωρία παιγνίων με την αποτίμηση της ασφάλειας των πλοίων.

Το δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας μας είναι αμιγώς θεωρητικό. Αρχικά περιλαμβάνει αναλυτικά μια σειρά ισχυόντων μέτρων που στόχος τους είναι η επίτευξη της θαλάσσιας ασφάλειας, για να καταλήξει έτσι στον τρόπο με τον οποίο διεξάγεται σήμερα η αποτίμηση ασφαλείας. Η παράθεση όλων των κανονισμών που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο κομμάτι αποσκοπεί στο να μας κάνει εμφανή την πληρότητα της αναφοράς του SSA στον συγκεκριμένο τομέα. Έτσι, μελετώντας το έγγραφο του threat assessment αντιλαμβανόμαστε ότι περιλαμβάνει την συντριπτική πλειονότητα των πραγμάτων που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο XI-2 και στον κώδικα ISPS, αναγνωρίζοντας ότι η αναφορά αυτή είναι μια περιεκτική και προσεγμένη περίληψη των όσων ο εξουσιοδοτημένος ελεγκτής πρέπει να λάβει υπόψη του κατά την επιθεώρηση του πλοίου. Παρά τις καλές κριτικές, όμως, για την εν λόγω αναφορά δεν παραλείψαμε να τονίσουμε τις, κατά την κρίση μας πάντα, ελλείψεις της. Το σημαντικότερο σημείο που υστερεί είναι ο υπολογισμός των πιθανοτήτων πραγματοποίησης των σεναρίων και κατ' επέκταση το "μέγεθος τρωτότητας" ("vulnerability score"), όπως αναφέρεται. Η περίπτωση αυτή είναι, όπως και όλη η αναφορά, βασισμένη σε κριτήρια θεωρητικά χωρίς την ύπαρξη κάποιου είδους κλίμακας στην οποία να μπορεί στηριχτεί ο ελεγκτής, στου οποίου την κρίση αφήνονται όλες οι εκτιμήσεις. Χωρίς λοιπόν να θέλουμε να απαξιώσουμε την επαγγελματική και έμπειρη κρίση του ελεγκτή θεωρούμε ότι στο σημείο αυτό της αναφοράς θα πρέπει να εισέλθουν περισσότεροι παράγοντες που θα ανεξαρτητοποιούνται από την απλή αναφορά και καταγραφή των σεναρίων. Εδώ,

λοιπόν, υπεισέρχονται τα δύο τελευταία κεφάλαια της εργασίας μας, τα οποία τονίζουμε ότι δεν παρουσιάζονται ως ο αντικαταστάτης της παρούσας διαδικασίας αλλά το αναγκαίο συμπλήρωμά της.

Το τρίτο κομμάτι της εργασίας μας περιλαμβάνει μια πρώτη πρόταση για το πως θα μπορούσε να σταθεί η μαθηματικοποιημένη προσέγγιση της αποτίμησης κινδύνου σε ένα πλοίο. Η διαδικασία επίλυσης πέτυχε στο να μας αποδώσει τα ζητούμενα αποτελέσματα των σεναρίων που δημιουργήσαμε, χαρακτηριζόμενη μάλιστα από μια ενδιαφέρουσα πρωτοτυπία στον τρόπο λειτουργίας της. Παρόλα αυτά όμως εμφανίστηκαν και κάποια βασικά μειονεκτήματα. Το βασικότερο από αυτά είναι ο περιορισμός του αριθμού των αντιπάλων μόλις σε δύο, γεγονός που κάνει απαγορευτική τη χρήση της σε πολυσύνθετα σενάρια.. Καθοριστική επίσης υπήρξε και η απλοϊκή παραδοχή ότι το κέρδος του ενός παίκτη ισούται με την απώλεια του αντιπάλου του, προϋπόθεση απαραίτητη για την υλοποίηση της διαδικασίας επίλυσης. Παρά όμως, τις όποιες προσεγγίσεις, παραδοχές και απλουστεύσεις που έγιναν, τα αποτελέσματα που προέκυψαν, και οι αναλύσεις ευαισθησίας πάνω σε αυτά, ήταν η μέγιστη απόδειξη ότι το εγχείρημά μας έχει χρηστική αξία και μπορεί να ανταποκριθεί στην πραγματικότητα.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της διπλωματικής παρουσιάζεται ένας εναλλακτικός τρόπος για την επίλυση σεναρίων αποτίμησης κινδύνου. Παρότι και αυτή η μέθοδος στηρίζεται στις αρχές της θεωρίας παιγνίων δείχνει να εμφανίζει αρκετές διαφορές από την προηγούμενη μέθοδο (του κεφαλαίου 3). Πιο συγκεκριμένα, στο δυναμικό τρόπο επίλυσης η δομή των σεναρίων είναι πιο παραστατική και κατανοητή από την πινακοειδή μορφή της επίλυσης με τη θεωρία μηδενικού αθροίσματος. Επιπλέον οι παραδοχές και οι υποθέσεις που χρειάζονται κατά την επίλυση της δεύτερης αυτής μεθόδου είναι αμελιταίες, ανταποκρινόμενη έτσι καλύτερα στην πραγματικότητα. Επίσης, ο δυναμικός τρόπος επίλυσης μπορεί να καλύψει σενάρια που συμμετέχουν περισσότεροι από δύο παίκτες, κάτι που αδυνατεί να κάνει η πρώτη μέθοδος. Ακόμα ένα θετικό στοιχείο της μεθόδου των δυναμικών παιγνίων είναι ο ίδιος ο χαρακτήρας της, όπου οι παίκτες διαδέχονται στις αποφάσεις ο ένας τον άλλο χρονικά, στοιχείο που σε σύγκριση με τη στατικότητα της μεθόδου μηδενικού αθροίσματος φαντάζει πιο ρεαλιστική. Από την άλλη τώρα στη μεθόδου μηδενικού αθροίσματος ο κάθε παίκτης μπορεί να έχει μεγάλο αριθμό επιλογής στρατηγικών χωρίς να δυσκολεύεται ιδιαίτερα η διαδικασία επίλυσης. Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι σαφή και δεν περιλαμβάνουν διπλές λύσεις και περιπτώσεις σύγκρισης πιθανοτήτων. Τέλος η διαδικασία επίλυσης μπορεί να προσομοιωθεί με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή σε αντίθεση με τη μέθοδο των δυναμικών παιγνίων που έχει την ανάγκη της λογικής κρίσης για την καθοδήγηση της οπισθοβατικής επαγωγής.

Συγκριτικά, η κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα αλλά και τις δικές της αδυναμίες. Όμως με βάση τα χαρακτηριστικά που εμφανίζει η καθεμιά μπορούμε να πούμε ότι σε καμία περίπτωση δεν αντικρούονται, αλλά η μία καλύπτει τις περιπτώσεις που αδυνατεί να καλύψει η άλλη.

Στο σημείο αυτό θα κλείσουμε με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο ξεκινήσαμε· επισημαίνοντας για ακόμα μια φορά πως η συγκεκριμένη εργασία δεν είναι παρά μια φιλόδοξη πρόταση που μπορεί, κατά την κρίση μας, να αποτελέσει τη βάση για αλλαγές στον τρόπο αποτίμησης της θαλάσσιας ασφάλειας.

Ακολουθεί το παράρτημα Α το οποίο περιλαμβάνει παράδειγμα αναφοράς SSA.

6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Report for Ship Security Assessment

Ship's particular

Ship's name:	XXXXXX	*Ship's type:*	PASSENGER / CARGO FERRY
Flag:	HONDURAS	*Working language:*	ENGLISH
Port of registry:	SAN LORENZO	*Crew nationality:*	GREEK
Official number:	XXXXX	*Regular service area, if any:*	RED SEAS
Call sign:	HQWX 3	*Regular ports of call, if any:*	
IMO number:	XXXXXXXXXX	*Class:*	BUREAU VERITAS
Gross tonnage:	6850	*Class number:*	067224370

Date of SSA conducted:	*From:* 10/05/06 *To:* 12/05/06	*Conducted by:*	CSO & SSO
Date of On-scene security survey conducted:	*From:* 14/05/06 *To:* 14/05/06	*Conducted by:*	CSO
Place of On-scene security survey conducted:	STOCKHOLM, SWEDEN		

Where the SSA has been conducted by other than the CSO;

Date of SSA reviewed and accepted by CSO:	14/05/06	*Name of CSO in charge:*	XXXXXXXXX
		Signature of CSO:	

Summary of Ship Security Assessment

1st stage	***Identification of possible threat motives and potential security risks for the ship (A/8.4.3, B/8.2)***
2nd stage	***Identification & evaluation of key shipboard operations that it is important to protect (A/8.4.1, A/8.4.2, B/8.3, B/8.6, B/8,7, B/8.8)***
3rd stage / *5th stage*	***Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences (A/8.4.3, B/8.9, B/8.10)***
4th stage	***On-scene Security Survey (A/8.4.4, B/8.5, B/8.14)***

This Ship Security Assessment has been conducted based on the following elements

Elements	*Scenario considered*				
1. Navigational area	☒ *In port* ( )	☐ *Passing straight* ( )	☐ *Passing channel* ( )	☐ *Passing coastal* ( )	☐ *Ocean going* ( )
2. Ship's location	☐ *Pirates affected areas*	☐ *Civil war areas*	☒ *No special remark areas*		
3. Navigational speed	☐ *Drifting*	☒ *Less than 12 knots*	☐ *Over 12 knots*		
4. Cargo	☐ *Explosives*	☐ *Dangerous goods*	☐ *Radio active substances*	☒ *No special remark cargo*	
5. Freeboard	☒ *Less than 5 m*	☐ *5 to 10 m*	☐ *Over 10 m*		
	☐	☐	☐	☐	☐

Where the SSA has been conducted by the CSO, has the CSO obtained the following background information? ~~***Or where the SSA has been conducted by other than the CSO, has the person who conducted the SSA received the following background information from the CSO?***~~

Yes	*No*	***Background Information***
☒	☐	*1. the general layout of the ship*
☒	☐	*2. the location of areas which should have restricted access, such as navigation bridge, machinery spaces of category A and other control stations as defined in SOLAS chapter II-2, etc*
☒	☐	*3. the location and function of each actual or potential access point to the ship*
☒	☐	*4. changes in the tide which may have an impact on the vulnerability or security of the ship*
☒	☐	*5. the cargo spaces and stowage arrangements*
☒	☐	*6. the locations where the ship's stores and essential maintenance equipment is stored*
☐	☒	*7. the locations where unaccompanied baggage is stored*
☒	☐	*8. the emergency and stand-by equipment available to maintain essential services*
☒	☐	*9. the number of ship's personnel, any existing security duties and any existing training requirement practices of the Company*
☒	☐	*10. existing security and safety equipment for the protection of passengers and ship's personnel*
☒	☐	*11. escape and evacuation routes and assembly stations which have to be maintained to ensure the orderly and safe emergency evacuation of the ship*
☒	☐	*12. existing agreements with private security companies providing ship/waterside security services*
☒	☐	*13. Existing security measures and procedures in effect, including inspection and, control procedures, identification systems, surveillance and monitoring equipment, personnel identification documents and communication, alarms, lighting, access control and other appropriate systems.*

Has the person who conducted the SSA considered the following items?

Yes	*No*	*Item that is important to protect*
☒	☐	*1. the ship's personnel*
☒	☐	*2. passengers, visitors, vendors, repair technicians, port facility personnel*
☒	☐	*3. the capacity to maintain safe navigation and emergency response*
☒	☐	*4. the cargo, particularly dangerous goods or hazardous substances*
☒	☐	*5. the ship's stores*
☒	☐	*6. the ship security communication equipment and systems, if any*
☒	☐	*7. the ship's security surveillance equipment and systems, if any*
Yes	***No***	***possible vulnerabilities***
☒	☐	*8. conflicts between safety and security measures*
☒	☐	*9. conflicts between shipboard duties and security assignments*
☒	☐	*10. watch-keeping duties, number of ship's personnel, particularly with implications on crew fatigue, alertness and performance*
☐	☒	*11. any identified security training deficiencies*
☒	☒	*12. any security equipment and systems, including communication systems*
Yes	***No***	***Special consideration***
☒	☐	*13. particular consideration which is given to the convenience, comfort and personal privacy of the ship's personnel and their ability to maintain their effectiveness over long periods*

1st stage

1st stage: ***Identification of possible threat motives and potential security risks for the ship***

	Security risks	Example	Likelihood			Comment
			Unlikely	Probable	Likely	
1. Political motives						
1.1	Does it exist political (incl. religious, ideological, ethnical, nationalistic) motives related to your ship (flag, owner, crew) or trade (cargo, passengers, trade area or port)?	Cargo (e.g. weapon parts, Norwegian whale, nuclear cargo) and trade area/port (Middle East, US)	X			
1.2	Does your ship trade in an area with unstable political situation?	Countries with elections, demonstrations, civil war, riots (West Africa, Middle East)	X			
1.3	Add other relevant questions:					NO OTHER QUESTIONS
2. Symbolic motives						
2.1	Can your ship be used as a means to harm symbolic constructions on the trade?	Well known buildings, statues, bridges, etc. (Golden gate, Sidney opera, etc.)	X			
2.2	Does your ship visit a port where international events take place?	Exhibitions, sports, political, etc. (Olympic Games, EXPO, WTO meeting, etc.)	X			
2.3	Can your ship be used as means to harm important environmental areas?	Areas for tourism, commercial exploitation of nature (fish farming, beaches, coastal cities, etc.)	X			
2.4	Does your ship itself represent or carry a symbolic value?	Ship carries special cargo (e.g. weapons), support operations (oil to war actions, equipment to industry projects), represent attitudes at debate (cruise, natural resources, etc.).	X			
2.5	Does the visibility or the profile of your ship, company or brand represent a motive for unlawful acts?	Because of your policy (exploitation of labour, political attitudes), the operations you are involved (natural resources, weapons, etc.).	X			
2.6	Add other relevant questions:					NO OTHER QUESTIONS
3. Economical damages						
3.1	Does your ship carry special cargo?	Plutonium, equipment for mass destruction, etc.	X			
3.2	Is it likely that terror related smuggling take place from ports your ship is visiting?	Smuggling of people/goods from Africa to Italy. (Intelligence)	X			
3.3	Is it likely that your crew can take part in or embrace terror related smuggling?	Ethnical motives and common cause.	X			
3.4	Is your ship trading in an area known for piracy?	See Annual Piracy Report (ICC)		X		

1st stage

Security risks		Example	Likelihood			Comment
			Unlikely	Probable	Likely	
3.5	Does your ship, cargo or passengers represent risk for Hijacking?	Valuable ship, cargo and passengers used for threats and barging demands.	☒	☐	☐	
3.6	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	NO OTHER QUESTIONS
4. Damage to Society/Industry						
4.1	Can your ship be used to damage important nodal points for trade or commercial activity?	Block ports or canal, collide with bridges or offshore installations, etc.	☒	☐	☐	
4.2	Is the trade your ship represents critical to society?	Critical equipment to industry projects (e.g. pipelines, offshore installations, etc.), or for industry production (gold, silver, silicates, etc.)	☒	☐	☐	
4.3	Will an unlawful act against your ship or trade harm the state of the industry?	Reduced market due to reduced trust (cruise, passenger transport, etc.)	☒	☐	☐	
4.4	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	NO OTHER QUESTIONS
5. Fear & others						
5.1	Can your ship be used as a means to escalate consequences and thus create fear in the society?	Explosion, collision with construction, ammonia discharge, etc. Because of the consequences that result (numerous fatalities of passengers, discharge of radio actives, etc.)	☒	☐	☐	
5.2	Add other relevant questions:		☐	☐	☐	NO OTHER QUESTIONS

2nd stage

2nd stage: ***Identification & evaluation of key shipboard operations that it is important to protect***

	Operations with related systems, areas and personnel	Criticality		Are security measures in place?		Existing measures, procedures, operations, weakness, limitations
		Low	High	Yes	No	
1. ACCESS CONTROL – Personnel, passengers, visitors, etc.						
1.1	Access ladders	☒	☐	☒	☐	
1.2	Access gangways	☒	☐	☒	☐	
1.3	Access ramps	☐	☐	☐	☐	NOT APPLICABLE
1.4	Access doors, side scuttles, windows and ports	☒	☐	☒	☐	
1.5	Mooring ropes and anchor chains	☒	☐	☒	☐	
1.6	Cranes and hosting gear	☒	☐	☒	☐	
1.7	Access by ships side (freeboard)	☐	☒	☒	☐	WATCH OUT PERSONEL TO BE POSTED
1.8	Equipment and baggage brought onboard	☒	☐	☒	☐	
1.9	Unaccompanied baggage found onboard	☒	☐	☒	☐	
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	NOT APPLICABLE
2. RESTRICTED AREAS ON THE SHIP						
2.1	Navigation bridge	☒	☐	☒	☐	
2.2	Navigational means (radio, radar, GPS, etc.)	☒	☐	☒	☐	
2.3	Machinery spaces, power supplies, steering rooms	☒	☐	☒	☐	
2.4	Control rooms	☒	☐	☒	☐	
2.5	Galley/pantry	☒	☐	☒	☐	
2.6	Ventilation and air conditioning system	☒	☐	☒	☐	
2.7	Spaces with access to potable water tanks, pumps or manifold	☒	☐	☒	☐	
2.8	Hull, ballast tanks	☒	☐	☒	☐	
2.9	Rudder and propeller	☒	☐	☒	☐	
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	
3. CARGO HANDLING						
3.1	Cargo access points (hatches, ports, piping)	☐	☐	☐	☐	

2nd stage

Operations with related systems, areas and personnel		*Criticality*		*Are security measures in place?*		*Existing measures, procedures, operations, weakness, limitations*
		Low	*High*	*Yes*	*No*	
3.2	*Cargo storage spaces (incl. access points)*	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**
3.3	*Spaces containing dangerous goods or hazardous substances*	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**
3.4	*Cargo handling equipment*	☒	☐	☒	☐	
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**
4. SHIP STORES HANDLING						
4.1	*Access points for delivery to ship*	☒	☐	☒	☐	
4.2	*Storage spaces*	☒	☐	☒	☐	
4.3	*Access points to storage spaces*	☒	☐	☒	☐	
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	
5. SECURITY MONITORING						
5.1	*Lighting*	☒	☐	☒	☐	
5.2	*Watch-out (voyage)*	☒	☐	☒	☐	
5.3	*Security guards and deck watches, including patrols*	☒	☐	☒	☐	
5.4	*Automatic intrusion detection device*	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**
5.5	*Surveillance monitoring*	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**
5.6	*Security and surveillance equipment spaces*	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**
6. SAFETY OPERATIONS						
6.1	*Life boats and life belts*	☒	☐	☒	☐	
6.2	*Alarms, signals and marking*	☒	☐	☒	☐	
6.3	*Evacuation routes*	☒	☐	☒	☐	
6.4	*Fire fighting system*	☒	☐	☒	☐	
	Add issues you find relevant:	☐	☐	☐	☐	**NOT APPLICABLE**

3rd stage and 5th stage

3rd stage & 5th stage: ***Identification of possible threat scenario to key shipboard operations and assess the likelihood of those occurrences***

	Possible threat scenarios	Relevant		Possible Consequences			Likelihood		3rd stage		5th stage
		Yes	No	Moderate 1	High 2	Extreme 3	Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
1. Damage to, or destruction of, the ship (Bombing, arson, sabotage, vandalism)											
1.1	Conceal explosives onboard, initiate with timer or remote device	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
1.2	Bring explosives onboard, suicidal/high risk action	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
1.3	Place explosives in cargo, initiate with timer or remote device	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
1.4	Attach explosives to hull, initiate with timer or remote device	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
1.5	Open bow, side or stern ports, cargo hatch to sink or capsize	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
2. Tampering with cargo, essential ship equipment or systems or ship's store											
2.1	Contaminate drinking water, food or air-conditioning	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	2	1*/2*~~/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	2
2.2	Contaminate cargo	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
3. Unauthorized access or use including presence of stowaways											
3.1	Stowaways sneaking onboard, concealment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	2	1*/2*~~/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	2
3.2	Boarding ship at port or during voyage as "passenger" or "crew"	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☒ 5* ☒	3	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*~~/6*	3
3.3	Boarding ship at port or during voyage as "pilot", "supplier", "surveyor", fake castaway	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☒ 5* ☒	3	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*~~/6*	3
4. Smuggling weapon or equipment, including weapons of mass destruction											
4.1	Conceal weapons/equipment in cargo/service or storage spaces (including containers)	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	

[1]*Note: Possible consequences x Likelihood = Vulnerability Score*

[2]*Note: A measure must be established for the cases where vulnerability score is 4 and above (*: to be deleted as appropriate)*

[3]*Note: After verifying the effectiveness of the measures for mitigation at the On-scene security survey, new vulnerability score is to be re-evaluated as 5th stage*

1: Access Control *2: Restricted Area* *3: Cargo Handling*
4: Ship's store Delivery *5: Unaccompanied Baggage Handling* *6: Security Monitoring*

3rd stage and 5th stage

Possible threat scenarios		Relevant		Possible Consequences			Likelihood		3rd stage		5th stage
		Yes	No	Moderate 1	High 2	Extreme 3	Unlikely 1	Likely 2	Vulnerability score[1]	Measures for Mitigation[2]	New vulnerability score[3]
4.2	Conceal weapon/equipment in crews' luggage	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
4.3	Conceal weapons/equipment in passengers' luggage	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
4.4	Conceal weapons/equipment in ship supplies	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
5. Use of the ship itself as a weapon or as a means to cause damage or destruction											
5.1	Crew take control over ship	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	2	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	2
5.2	Passengers take control	☐	☒	☐	☐	☐	3rd ☐ 5* ☐	3rd ☐ 5* ☐		1*/2*/3* 4*/5*/6*	
5.3	Stowaways/boarded person take control	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	2	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	2
5.4	Damage or immobilize critical systems like propulsion, steering etc in a critical position (near terminal etc)	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	3	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	3
5.5	Take control over ship and hit another ship	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	3	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	3
5.6	Take control over ship and hit a land based construction / terminal / chemical plant or similar	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	3	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	3
5.7	Take control over ship and hit an offshore installation	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	3	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	3
5.8	Take control over ship and hit a rock / provoke grounding	☒	☐	☒	☐	☐	3rd ☒ 5* ☒	3rd ☐ 5* ☐	2	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	2
6. Attacks from seaward											
6.1	Pirates/Terrorists take control over ship	☒	☐	☐	☒	☐	3rd ☐ 5* ☒	3rd ☒ 5* ☐	4	~~1*/2*/3*~~ ~~4*/5*/6*~~	3

[1]Note: Possible consequences x Likelihood = Vulnerability Score

[2]Note: A measure must be established for the cases where vulnerability score is 4 and above (*: to be deleted as appropriate)

[3]Note: After verifying the effectiveness of the measures for mitigation at the On-scene security survey, new vulnerability score is to be re-evaluated as 5th stage

1: Access Control 2: Restricted Area 3: Cargo Handling
4: Ship's store Delivery 5: Unaccompanied Baggage Handling 6: Security Monitoring

4th stage

4th stage: *On-scene Security Survey*

Checklist for Initial On-scene Security Survey		*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
1. ACCESS TO THE SHIP					
1.1	*Does the SSP contain security measures covering the access to the ship?*	☒	☐	HIGH	Post a guard and secure all other entrances
1.2	*Are access ladders identified and monitored?*	☒	☐	MODERATE	Monitored by the crew
1.3	*Are access gangways identified and monitored?*	☒	☐	MODERATE	Monitored by the crew
1.4	*Are access ramps identified and monitored?*	☐	☒	NOT APPLICABLE	
1.5	*Are access doors, side scuttles, windows, hatches and ports identified and monitored?*	☒	☐	MODERATE	Monitored by the crew
1.6	*Are mooring ropes and anchor chains identified and monitored?*	☒	☐	MODERATE	Monitored by the crew
1.7	*Are cranes and hoisting gear identified and monitored?*	☒	☐	MODERATE	Monitored by the crew
1.8	*Are other access points identified in the SSP?*	☒	☐	MODERATE	Monitored by the crew
1.9	*Are identity documents of all persons seeking to board the ship checked?*	☒	☐	MODERATE	Checked by a guard
1.10	*Are there procedures and records available for how to check this?*	☒	☐		
1.11	*Are the reasons for the people boarding the ship confirmed by checking joining instructions, passenger tickets, boarding passes, work orders etc?*	☒	☐	MODERATE	Checked by a guard
1.12	*Are the personal effects of passengers controlled?*	☒	☐	MODERATE	Checked by a guard
1.13	*Is the embarkation of crew controlled?*	☒	☐	MODERATE	Checked by CSO

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
1.14	*Are the personal effects of crew controlled?*	☒	☐	**MODERATED**	**Monitored by SSO**
1.15	*Are there procedures on how to check any other people accessing the ship (e.g. visitors, vendors, repair technicians, port facility personnel etc.)*	☒	☐	**MODERATED**	**Monitored by SSO**
1.16	*Are designated secure areas established (in coordination with the port facility) where inspections and searching of people, baggage (including carry on items), personal effects, vehicles and their contents can take place?*	☒	☐		**Monitored by SSO**
1.17	*Are vehicles destined to be loaded on board car carriers, ro-ro and other passenger ships searched prior to loading in accordance with the frequency required in the SSP?*	☒	☐		**Monitored by SSO**
1.18	*Are checked persons and their personal effects segregated from unchecked persons and their personal effects?*	☒	☐		**Monitored by SSO**
1.19	*Is the embarking segregated from the disembarking passengers?*	☒	☐		**Monitored by SSO**
1.20	*Are unattended spaces adjoining areas to which passengers and visitors have access secured, by locking or other means?*	☒	☐		**Monitored by SSO**
1.21	*Are security briefings provided to all ship personnel on possible threats, the procedures for reporting suspicious persons, objects or activities and the need for vigilance?*	☒	☐		**Monitored by SSO**
1.22	*Are there procedures for how to raise alarm and to react if unauthorized boarding is detected?*	☒	☐	**MODERATED**	
1.23	*Are there procedures for checking with PFSO if identity and purpose checks of people have been performed prior to entering the ship/port interface?*	☒	☐	**MODERATED**	
1.24	*Are there procedures for additional measures to take while in port (of another Contracting Government)?*	☒	☐		
1.25	*Is the ship embarking persons or loading stores or cargo at a port of from another ship where either the port facility of the other ship is in violation with or is not required to comply with chapter XI-2 or Part A.*	☒	☐	**MODERATED**	**DOS will be dully filled by SSO**
1.26	*Will the ship receive people, stores or cargo unloaded from an aircraft of unknown security status?*	☐	☒		
1.27	*Are locations and functions of each actual or potential access point to the ship identified?*	☒	☐		

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	YES	NO	Observation (including possible vulnerabilities)	Countermeasures to be taken
1.28	Are evacuation routes and assembly stations defined and maintained?	☒	☐		
ACCESS TO THE SHIP – RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 2					
1.2.1	Are additional personnel assigned to patrol deck areas during silent hours to deter unauthorized access?	☒	☐		
1.2.2	Is the number of access points to the ship limited, identifying those to be closed and the means of adequately securing them?	☒	☐		
1.2.3	Is the access to the ship deterred, including the provision of boat patrols on the waterside of the ship?	☐	☒		
1.2.4	Is the shore-side of the ship established as a restricted area, in close co-operation with the port facility?	☐	☒		
1.2.5	Are the frequency and detail of searches of people, personal effects, and vehicles increased?	☒	☐		
1.2.6	Are visitors to the ship being escorted?	☒	☐		
1.2.7	Are additional specific security briefings provided to all ship personnel on any identified threats, in order to re-emphasize the procedures for reporting suspicious persons, objects, or activities and stressing the need for increased vigilance?	☒	☐		
ACCESS TO THE SHIP – RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 3					
1.3.1	At security level 3, is the ship prepared to respond to and implement any security instructions issued by the Contracting Government that has set the security level 3?	☒	☐		
1.3.2	Is the access to the ship limited to a single, controlled, access point?	☒	☐		
1.3.3	Are only those responding to the security incident or threat thereof granted access?	☒	☐		
1.3.4	Have persons on board received directions?	☒	☐		
1.3.5	Is embarkation or disembarkation suspended?	☒	☐		
1.3.6	Are cargo handling operations, deliveries etc. suspended?	☒	☐		
1.3.7	Is evacuation of the ship planned for?	☒	☐		
1.3.8	Is the movement of the ship reconsidered or terminated?	☒	☐		

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
2. RESTRICTED AREAS					
2.1	*Are restricted areas defined, and, where relevant, clearly marked?*	☒	☐		
2.2	*Is the ship's personnel (Master, SSO, crew) able to identify the restricted areas onboard?*	☒	☐		
2.3	*Is surveillance equipment, eg. security alarms, used to monitor the restricted areas?*	☒	☐		
2.4	*Are guards or patrols used to monitor the restricted areas?*	☒	☐		
2.5	*Are automatic intrusion detection devices used to alert the ship's personnel of unauthorized access?*	☐	☒		
2.6	*Are there measures to prevent unauthorized persons to access the navigational bridge?*	☒	☐		
2.7	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access the machinery spaces (Category A)?*	☒	☐		
2.8	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access the control stations (defined in ISPS Code, SOLAS Chapter II-2)?*	☒	☐		
2.9	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access spaces containing security and surveillance equipment and systems and their controls and lighting system controls?*	☒	☐		
2.10	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access ventilation and air-conditioning systems and other similar spaces?*	☒	☐		
2.11	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access spaces with access to potable water tanks, pumps, or manifolds?*	☒	☐		
2.12	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access spaces containing dangerous goods or hazardous substances?*	☐	☒	**NOT APPLICABLE**	
2.13	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access spaces containing cargo pumps and their controls?*	☒	☐		
2.14	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access cargo spaces and spaces containing ship's stores?*	☒	☐		
2.15	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access crew accommodation?*	☒	☐		
2.16	*Are there measures onboard to prevent unauthorized persons to access any other areas as determined by the CSO, through the SSA to which access must be restricted to maintain the security of the ship?*	☒	☐		
RESTRICTED AREAS – RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 2					
2.2.1	*Are additional restricted areas particularly adjacent to access points identified and monitored?*	☒	☐		

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
2.2.2	*Are surveillance equipment continuously monitored?*	☒	☐		
2.2.3	*Are additional personnel dedicated to guard and patrol restricted areas?*	☒	☐		
RESTRICTED AREAS – RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 3					
2.3.1	*At security level 3, is the ship prepared to respond to and implement any security instructions issued by the Contracting Government that has set the security level 3?*	☒	☐		
2.3.2	*Are additional restricted areas on the ship set up in proximity to the security incident, or the believed location of the security threat, to which access is denied?*	☒	☐		
2.3.3	*Are restricted areas searched as part of the search of the ship?*	☒	☐		
3. HANDLING OF CARGO					
3.1	*Are there routines in place for checking of cargo, cargo transport units and cargo spaces prior to, and during, cargo handling operations?*	☒	☐		
3.2	*Is there evidence, through records, that the procedures (cargo control) are followed?*	☒	☐		
3.3	*Is the handling of cargo supervised by the ship personnel (SSO)?*	☒	☐		
3.4	*Are there procedures for handling of dangerous goods or hazardous substances?*	☐	☒	**NOT APPLICABLE**	
3.5	*Is an updated inventory kept on any dangerous goods or hazardous material carried on board?*	☐	☒	**NOT APPLICABLE**	
3.6	*Are any checks carried out (procedures for) to ensure that cargo being loaded matches the cargo documentation?*	☒	☐		**Checked by SSO**
3.7	*Is the procedures for cargo checking communicated to PFSO?*	☒	☐		
3.8	*Are there procedures ensuring, in liaison with the port facility, that vehicles to be loaded on board car-carriers, ro-ro and passenger ships are subjected to search prior to loading, in accordance with the frequency required in the SSP?*	☒	☐		
3.9	*Is checking of seals or other methods used to prevent tampering?*	☒	☐		
3.10	*Is cargo being checked visually or by examinations?*	☒	☐		**Visually by SSO**
3.11	*Is scanning or detection equipment, mechanical devices or dogs being used?*	☐	☒		
3-2.HANDLING OF CARGO – RECOMMENDED MEASURES FOR SECURITY LEVEL 2					

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	YES	NO	Observation (including possible vulnerabilities)	Countermeasures to be taken
3.2.1	Are more detailed checking of cargo, cargo transport units, and cargo spaces performed? Are records on the same kept onboard?	☒	☐		
3.2.2	Are checks intensified to ensure that only the intended cargo is loaded?	☒	☐		
3.2.3	Is the searching of vehicles to be loaded on car-carriers, ro-ro and passenger ships intensified?	☒	☐		
3.2.4	Is the frequency increased in checking of seals or other methods used to prevent tampering?	☒	☐		
3.2.5	Is cargo being checked with increased frequency and detail of visual and physical examination?	☒	☐		
3.2.6	Is the frequency of the use of scanning/detection equipment, mechanical devices, or dogs increased?	☐	☒		
3.2.7	Are enhanced security measures coordinated with the shipper or other responsible party in addition to establishing agreement and procedures?	☒	☐		
3-3. HANDLING OF CARGO – RECOMMENDED MEASURES FOR SECURITY LEVEL 3					
3.3.1	At security level 3, is the ship prepared to respond to and implement any security instructions issued by the Contracting Government that has set the security level 3?	☒	☐		
3.3.2	Is the loading or unloading of cargo suspended?	☒	☐		
3.3.3	Is the inventory of dangerous goods and hazardous substances carried on board verified?	☐	☒	NOT APPLICABLE	
4. SHIP'S STORES					
4.1	Are there procedures in place for supervision of the delivery of ship stores (to prevent acceptance without inspection)?	☒	☐		
4.2	Are there procedures for handling of ship's stores to prevent acceptance unless ordered?	☒	☐		
4.3	Is there evidence, through records, that the procedures (ship's store control) are followed?	☒	☐		
4.4	Is an updated inventory on any dangerous goods or hazardous material carried on board?	☐	☒		
4.5	Is ship's stores and package integrity being checked?	☒	☐		
4.6	For ships regularly using the port facility; are procedures established with the port facility to cover notification and timing of deliveries and their documentation?	☒	☐		
4.7	Are stores checked if matching the order prior to being loaded on board?	☒	☐		

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
4.8	*Is immediate secure stowage of ship's stores ensured?*	☒	☐		
4-2.SHIP'S STORE – RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 2					
4.2.1	*Are checks exercised prior to receiving stores on board and intensifying inspections?*	☒	☐		
4-3.SHIP'S STORE – RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 3					
4.3.1	*At security level 3, is the ship prepared to respond to and implement any security instructions issued by the Contracting Government that has set the security level 3?*	☒	☐		
4.3.2	*Are ship's stores more extensively being checked?*	☒	☐		
4.3.3	*Is the handling of ship's stores restricted or suspended?*	☒	☐		
4.3.4	*Does the ship refuse to accept new deliveries of ship's stores on board the ship?*	☒	☐		
5. UNACCOMPANIED BAGGAGE					
5.1	*Are there procedures in place for how to handle and where to store unaccompanied baggage?*	☒	☐	**LIKELY**	**PFSO will be informed**
5.2	*Is there evidence the procedures are followed?*	☐	☒	**NOT APPLICABLE**	
5.3	*Is any unaccompanied baggage being appropriately screened (100%) and searched (by port or ship), before it is loaded onboard the ship?*	☐	☒	**NOT APPLICABLE**	
5.4	*Are there procedures and measures in place for close cooperation with the port facility to ensure that unaccompanied baggage is handled securely after screening?*	☐	☒	**NOT APPLICABLE**	
UNACCOMPANIED BAGGAGE - RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 2					
5.2.1	*Is 100% of unaccompanied baggage being x-ray screened?*	☐	☒	**UNLIKELY**	
UNACCOMPANIED BAGGAGE - RECOMMENDED ADDITIONAL MEASURES FOR SECURITY LEVEL 3					
5.3.1	*At security level 3, is the ship prepared to respond to and implement any security instructions issued by the Contracting Government that has set the security level 3?*	☒	☐		
5.3.2	*Are such baggage subjecting to more extensive screening, for example x-raying it from at least two different angles?*	☐	☒	**UNLIKELY**	
5.3.3	*Is the handling of unaccompanied baggage restricted or suspended?*	☐	☒	**UNLIKELY**	
5.3.4	*Is the ship refusing to accept unaccompanied baggage on board?*	☐	☒	**UNLIKELY**	
6. MONITORING THE SECURITY OF THE SHIP					

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
6.1	*Are there procedures for inspection, testing, calibration and maintenance of any security equipment onboard?*	☒	☐		
6.2	*Are restricted areas being monitored?*	☒	☐		
6.3	*Are deck areas being monitored?*	☒	☐		
6.4	*Are surrounding areas being monitored?*	☒	☐		
6.5	*Is the security communication equipment readily available?*	☒	☐		
6.6	*Is security information readily available onboard?*	☒	☐		
6.7	*Is and automatic intrusion detection device fitted onboard?*	☐	☒		
6.8	*If so, does it activate an audible and/or visual alarm at a location that is continuously attended or monitored?*	☐	☒		
6.9	*Is security equipment installed onboard maintained, working properly, and readily available?*	☒	☐		
6.10	*Are procedures established to ensure that monitoring equipment will be able to perform continuously, including consideration of the possible effects of weather conditions or of power disruptions?*	☐	☒	**NOT APPLICABLE**	
6.11	*Are the ship's deck and access points illuminated at all times while conducting ship/port interface activities or at a port facility or anchorage?*	☒	☐		
6.12	*Is the ship using the maximum lighting available while underway, consistent with safe navigation? (Having regard to the provisions of the 1972 COLREGS)*	☒	☐		
6.13	*Is the lighting sufficient to ensure the ship's personnel to be able to detect activities beyond the ship, on both the shore side and the waterside?*	☒	☐		
6.14	*Is the lighting coverage including the area on and around the ship?*	☒	☐		
6.15	*Is the lighting coverage facilitating personnel identification at access points?*	☒	☐		
6.16	*Is the lighting coverage provided through coordination with the port facility?*	☒	☐		**When is needed**

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	YES	NO	Observation (including possible vulnerabilities)	Countermeasures to be taken
MONITORING THE SECURITY OF THE SHIP – RECOMMENDED MEASURES FOR SECURITY LEVEL 2					
6.2.1	Is the frequency and detail of security patrols increased?	☒	☐		
6.2.2	Is the coverage and intensity of lighting increased?	☒	☐		
6.2.3	Is the use of security and surveillance equipment increased?	☒	☐		
6.2.4	Is additional personnel assigned as security lookouts?	☒	☐		
6.2.5	Is coordination with waterside boat patrols, and foot or vehicle patrols on the shore-side, ensured when provided?	☐	☒		
MONITORING THE SECURITY OF THE SHIP – RECOMMENDED MEASURES FOR SECURITY LEVEL 3					
6.3.1	At security level 3, is the ship prepared to respond to and implement any security instructions issued by the Contracting Government that has set the security level 3?	☒	☐		
6.3.2	Are all lighting switched on?	☒	☐		
6.3.3	Is the vicinity of the ship illuminated?	☒	☐		
6.3.4	Are all on board surveillance equipment capable of recording activities on, or in the vicinity of, the ship?	☒	☐		
6.3.5	Is the length of time such surveillance equipment can continue to record maximized?	☒	☐		
6.3.6	Is underwater inspection of the hull of the ship prepared for?	☒	☐		
6.3.7	Are measures initiated, including the slow revolution of the ship's propellers, if practicable, to deter underwater access to the hull of the ship?	☒	☐		
7. OTHER					
7.1	Is the ship fitted with a security alert system?	☒	☐		
7.2	Is the security alert system working as intended? (Not raising alarm on board, transmitting information to shore?)	☒	☐		
7.3	Are there at least 2 locations onboard where the alert system could be activated (on the bridge and at least one other location)?	☒	☐		
7.4	Is the alert system protected from inadvertent initiation?	☒	☐		
7.5	Are there procedures for the use of the ship security alert system	☒	☐		

4th stage

	Checklist for Initial On-scene Security Survey	*YES*	*NO*	*Observation (including possible vulnerabilities)*	*Countermeasures to be taken*
7.6	*Are the locations for the activation of the alert system identified? (Must be kept in a restricted/confidential document)*	☒	☐		
7.7	*Is there any area that may, if damaged or used for illicit observation, pose a risk to persons, property, or operation onboard the ship, at this port facility?*	☒	☐		

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Bernhein, B.D. (1984), ‘‘Rationalizable Strategic Behavior’’, Econometrica, τομ. 52, σσ1007-1028.

Binmore, K. (1992), ‘‘Fun and Games: A Text on Game Theory’’, Lexington, MA: Heath.

Dubey, P. and Kaneko, M. (1984), ‘‘Information Patterns and Nash Equilibria in Extensive Games: I’’, Mathematical Social Sciences, τομ. 8, σσ 111-139.

Friedman, M. (1953), ‘‘The methodology of Positive Economics’’, Chicago: University of Chicago Press.

Fundenberg, D. and Tirole, J. (1991), ‘‘Perfect Bayesian Equilibrium and Sequential Equilibrium’’, Journal of Economic Theory, τομ. 53, σσ. 236-260.

Graham, R. (1997), ‘‘Game Theory Introduction and Applications’’, Oxford: Oxford University Press.

Kreps, D.M. (1988), ‘‘Notes on the Theory of Choice’’, Boulder, CO: Westview Press.

Kreps, D.M. and Wilson R.B (1982), ‘‘Sequential Equilibria’’, Econometrica, τομ. 50, σσ. 863-894.

Lieberman, E.j. and Hilier, F.S (2005), ‘‘Introduction to Operations Research’’, Boston: MC Graw-Hill.

Luce, D.R. and Raiffa (1957), ‘‘Games and Decisions: Introduction and Critical Survey’’, New York: Wiley & Sons.

McLennan, A. (1985), ‘‘Justifiable Beliefs in Sequential Equilibrium’’, Econometrica, τομ. 53, σσ. 889-904.

Nash, J.F. (1950), ‘‘Equilibrium Points in N-Person Games’’, Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, τομ. 36, σσ 48-49.

Nash, J.F. (1951), ‘‘Non-Cooperative Games, Annals of Mathematics’’, τομ. 54, σσ286-295.

Osborn, M.J. and A. Rubinstein (1994), ‘‘A Course in Game Theory’’, Cambridge, MA: MIT Press.

Rubinstein A. (1991), ‘‘Comments on the Interpretation of Game Theory’’, Econometrica, τομ. 59, σσ. 909-924.

Ritzberger, K. (2002), ‘‘Foundations of Non-Cooperative Game Theory’’, New York: Oxford University Press.

Σολδάτος Γ. (2005), ‘‘Θεωρία Παιγνίων για Οικονομολόγους ’’, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας.

Internet Sites

- www.imo.org/
- www.yen.gr/
- www.classnk.or.jp/
- www.marisec.org/piracy/imb.htm
- www.gametheory.net
- http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640a/partVI.htm
- http://www.nd.edu/~mgrecon/datafiles/gametheoryintro.html
- http://macedonia.uom.gr/~yrefanid/Courses/GameTheory
- www.ta-nea.dolnet.gr/print_article.php?e=A&f=18189&m=N88&aa=1
- www.cdam.lse.ac.uk/Reports/Files/cdam-2001-09.pdf
- www.zweigmedia.com/StudentSite/pdfs/GameTheory.pdf