

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**  
**Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και**  
**Επικοινωνιακών Συστημάτων**



**ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

για την απόκτηση διδακτορικού διπλώματος του Τμήματος  
Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

**Γεώργιος Α. Λεβεντάκης**

**Ασφάλεια Συστημάτων και Κρίσιμων Υποδομών**  
**Εφαρμογή σε Ετερογενή και Διασυνδεδεμένα**  
**Δίκτυα Μεταφορών**

**Σάμος**  
**2013**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ  
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

---

**Γκρίτζαλης Στέφανος**  
Επιβλέπων  
Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και  
Επικοινωνιακών Συστημάτων  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Νικητάκος Νικήτας**  
Καθηγητής του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών  
Πανεπιστημίο Αιγαίου

**Λαμπρινουδάκης Κωνσταντίνος**  
Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς

**ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ  
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

---

**Γκρίτζαλης Στέφανος**  
Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και  
Επικοινωνιακών Συστημάτων  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Νικητάκος Νικήτας**  
Καθηγητής του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Λαμπρινουδάκης Κωνσταντίνος**  
Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς

**Παπαϊωάννου Παναγιώτης**  
Καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

**Ιωάννου Γεώργιος**  
Καθηγητής Τμήματος Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας  
Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

**Κοκολάκης Σπυρίδων**  
Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και  
Επικοινωνιακών Συστημάτων  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Ριζομυλιώτης Παναγιώτης**  
Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και  
Επικοινωνιακών Συστημάτων  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

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

*An Identified Risk...it is not a Risk any more....*

*It is a Managerial Issue.*

*Ένας αναγνωρισμένος κίνδυνος ...δεν αποτελεί πλέον κίνδυνο...*

*Αποτελεί διαχειριστικό πρόβλημα της Διοίκησης*

Αφιερωμένο στη Δωροθέα, την Ιωάννα και τον Αντώνη

Ευχαριστίες

Φτάνοντας στην ολοκλήρωση της Διδακτορικής μου Διατριβής, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς που η βοήθεια και η συμπαράστασή τους ήταν καθοριστική για την πραγματοποίησή της. Η συνεχής επιστημονική τους υποστήριξη αλλά και η ηθική τους συμπαράσταση αποτέλεσαν καθοριστικούς παράγοντες για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής.

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα, Δρ. Γκρίτζαλη Στέφανο, για την συνεχή και ουσιαστική επίβλεψη και καθοδήγηση αυτής της ερευνητικής προσπάθειας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, Δρ. Νικιτάκο Νικήτα και Λαμπρινουδάκη Κωνσταντίνο για την εμπιστοσύνη που έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια στο πρόσωπό μου. Οι πολύτιμες παρατηρήσεις και υποδείξεις τους συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση της διατριβής μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της ερευνητικής ομάδας του Κέντρου Μελετών Ασφάλειας (KEMEA) του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης και Προστάσεις του Πολίτη, καλούς μου φίλους και στενούς συνεργάτες, τον Διευθυντή του Κέντρου κο Γκρίζη Βασίλειο, τον Δρ. Σφέτσο Αθανάσιο, Δρ. Τσούλκα Βασίλειο και Μουστακίδη Νικόλαο για την ουσιαστική και ανεκτίμητη βοήθειά τους.

Ευχαριστώ επίσης τους εταίρους του συγχρηματοδοτούμενου από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ερευνητικού έργου Strategic Risk Assessment and Contingency Planning in Interconnected Transport Networks (STAR-TRANS – FP7 225594) και ιδιαίτερα την κα Dora Ramazzoti General Affairs manager, SRM Srl - The Agency for Mobility and Local Public Transport-Bologna, για την διάθεση στοιχείων και δεδομένων στο πλαίσιο του οποίου εκπονήθηκε ένα σημαντικό μέρος της παρούσας διατριβής.

Τέλος, ολοκληρώνοντας αυτή την προσπάθεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την Διοίκηση του KEMEA για την υποστήριξή τους και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια.

Στους γονείς μου και στην σύζυγό μου, εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου, για την υπομονή τους και την συμπαράστασή τους που μου προσέφεραν και μου προσφέρουν ανελλιπώς, ιδιαίτερα σε περιόδους υψηλού εργασιακού και ψυχολογικού φόρτου.

# Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ</b> .....	<b>15</b>
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>17</b>
1.1 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ.....	18
1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	23
1.3 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ .....	27
1.4 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ .....	34
1.5 ΠΤΥΧΕΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ - ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ.....	36
1.6 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	41
<b>2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ</b> <b>42</b>	
2.1 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ.....	42
2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ 46	
2.2.1 <i>Πρότυπο Εκτίμησης Επικινδυνότητας από το Υπουργείο Εσωτερικής Ασφάλειας ΗΠΑ</i> ....	46
2.2.2 <i>Διαδικασία εκτίμησης της ευπάθειας κρίσιμων υποδομών</i> .....	53
2.2.3 <i>Διαχείριση ασφάλειας σε Ευρωπαϊκές υποδομές ενέργειας</i> .....	55
2.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ – CIPR 56	
2.4 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.....	57
2.4.1 <i>Βασική μεθοδολογία προστασίας των κρίσιμων υποδομών</i> .....	57
2.4.2 <i>Μεθοδολογία Προγράμματος COUNTERACT</i> .....	58
2.4.3 <i>Η μέθοδος της Χάγης</i> .....	59
2.4.4 <i>Η μεθοδολογία ES-ISAC</i> .....	60
2.4.5 <i>Η μεθοδολογία Handreiking Risikoanalyse (Guide to Risk)</i> .....	62
2.4.6 <i>Η μεθοδολογία NRB</i> .....	63
2.4.7 <i>Η μεθοδολογία PAS 55</i> .....	64
2.4.8 <i>Η μεθοδολογία RAM-CAP plus</i> .....	65
2.4.9 <i>Ο Οδηγός Διαχείρισης Κινδύνων (RMG) – Υπουργείο Ενέργειας ΗΠΑ</i> .....	67
2.4.10 <i>Μοντέλο Ανάλυσης κινδύνων και τρωτότητας RVA</i> .....	68
2.4.11 <i>Η μεθοδολογία CRAMM</i> .....	69
2.4.12 <i>Η μεθοδολογία EBIOS</i> .....	69
2.4.13 <i>Η μεθοδολογία OCTAVE</i> .....	69
2.4.14 <i>Η μεθοδολογία MEHARI</i> .....	70
2.4.15 <i>Η μεθοδολογία MAGERIT</i> .....	70
2.5 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ.....	71
2.5.1 <i>Τρόποι διασύνδεσης</i> .....	71
2.5.2 <i>Πρότυπα προσομοιώσεων διασυνδεδεμένων κρίσιμων υποδομών</i> .....	76
2.6 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ.....	88
2.6.1 <i>CRAMM</i> .....	88
2.6.2 <i>Μητρώο κινδύνων ασφαλείας</i> .....	89
2.6.3 <i>Μέθοδος και εργαλεία εκτίμησης κινδύνων CORAS</i> .....	91
2.6.4 <i>CARVER2</i> .....	92
2.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	93
<b>3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ</b> .....	<b>96</b>
3.1 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ .....	96
3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΩΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ .....	105
3.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟΥΣ ΟΛΥΜΠΙΑΚΟΥΣ ΑΓΩΝΕΣ - ΑΘΗΝΑ 2004. ΜΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ .....	106
3.4 ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ .....	109
3.5 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	112
3.5.1 <i>Προσδιορισμός πόρων και δικτύων</i> .....	113
3.5.2 <i>Ανάλυση απειλών</i> .....	114
3.5.3 <i>Εκτίμηση κινδύνων</i> .....	114
3.5.4 <i>Μείωση (mitigation) και εκ νέου αξιολόγηση των παραγόντων κινδύνου</i> .....	117
3.6 ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ .....	118



<b>4</b>	<b>ΠΟΡΟΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ .....</b>	<b>119</b>
4.1	ΠΟΡΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ.....	119
4.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΡΩΝ .....	121
4.3	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	124
<b>5</b>	<b>ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΕΣ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ .....</b>	<b>127</b>
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	127
5.2	ΑΠΕΙΛΕΣ .....	128
5.2.1	<i>Πίνακας Απειλών .....</i>	<i>129</i>
5.2.2	<i>Σενάρια .....</i>	<i>134</i>
5.2.3	<i>Ερωταποκρίσεις τύπου «What-if» .....</i>	<i>136</i>
5.2.4	<i>Το δυσμενέστερο σενάριο .....</i>	<i>138</i>
5.3	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΦΑΝΕΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ .....	139
5.4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ .....	143
5.4.1	<i>Απώλειες .....</i>	<i>144</i>
5.4.2	<i>Οικονομικές Επιπτώσεις .....</i>	<i>145</i>
5.4.3	<i>Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....</i>	<i>147</i>
5.4.4	<i>Απόκριση στο περιστατικό .....</i>	<i>150</i>
5.4.5	<i>Επιπτώσεις στην κοινωνία, πολιτική και πολιτιστική κληρονομιά .....</i>	<i>152</i>
5.4.6	<i>Ψυχολογικές επιπτώσεις .....</i>	<i>153</i>
5.4.7	<i>Διαδοχικά συμβάντα.....</i>	<i>154</i>
5.4.8	<i>Αδιάλειπτη λειτουργία.....</i>	<i>155</i>
5.5	ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	157
5.6	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΩΡΕΥΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (RISK AGGREGATION) .....	160
5.7	ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ .....	163
5.8	ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ.....	170
5.8.1	<i>Μοντελοποίηση μέτρων ελέγχου.....</i>	<i>170</i>
5.8.2	<i>Διάδοση κινδύνων.....</i>	<i>172</i>
5.9	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΡΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	174
<b>6</b>	<b>ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ .....</b>	<b>177</b>
6.1	ΦΑΣΕΙΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ .....	177
6.2	ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ .....	179
6.2.1	<i>Δομή και επίπεδα διοίκησης.....</i>	<i>180</i>
6.3	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΚΗΝΗΣ.....	183
6.4	ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ/ΦΟΡΕΙΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΥΘΥΝΕΣ .....	186
6.5	ΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΔΥΝΩΝ (RCM) - ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ - ΕΜΠΟΔΙΑ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	191
6.6	ΜΟΝΤΕΛΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ.....	193
<b>7</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ .....</b>	<b>199</b>
7.1	ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΙΝΔΥΝΩΝ .....	199
7.1.1	<i>Πλαίσιο αξιολόγησης προτεινόμενης μεθοδολογίας.....</i>	<i>204</i>
7.1.2	<i>Συμβολή κοινότητας τελικών χρηστών .....</i>	<i>206</i>
7.1.3	<i>Επιλογή τελικών χρηστών .....</i>	<i>206</i>
7.1.4	<i>Σχεδίαση ερωτηματολογίου .....</i>	<i>207</i>
7.2	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ: ΑΠΕΙΛΗ ΓΙΑ ΒΟΜΒΑ ΣΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΚΟΜΒΟ .....	208
7.3	ΒΟΜΒΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΣΗ ΣΕ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ .....	214
7.3.1	<i>Συλλογή δεδομένων.....</i>	<i>216</i>
7.3.2	<i>Εφαρμογή ανάλυσης κινδύνων .....</i>	<i>217</i>
7.4	ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟ.....	220
7.5	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.....	220
<b>8</b>	<b>ΣΥΝΟΨΗ.....</b>	<b>226</b>
8.1	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	228
8.2	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ.....	230
<b>9</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>234</b>

<b>10 ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ.....</b>	<b>247</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>249</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ .....	249
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΜΗΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	260
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΑΠΟ ΚΑΠΟΙΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟ .....	269
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4. ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΡΜ ΓΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟ ΤΥΠΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΠΟΡΩΝ .....	284
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.ΟΜΑΔΕΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΠΟΥ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ.....	294
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6. ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΤΕΛΙΚΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ....	304
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑ ΜΑΡΚΟΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ.....	306

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1-1: Εξέλιξη των κυρίων δικτύων μεταφοράς (Eurostat, 2007).....	18
Εικόνα 1-2: Κατανομή επιβατών ανά μέσο μεταφοράς (Eurostat, 2007) .....	18
Εικόνα 1-3: Συνολικός αριθμός περιστατικών σε μέσα μεταφοράς ανά παγκόσμια περιοχή. 19	
Εικόνα 1-4: Συνολικός αριθμός περιστατικών ανά μορφή επίθεσης μόνο για τη Δυτική Ευρώπη.....	20
Εικόνα 1-5: Διαχρονική εξέλιξη κύριων απειλών σε δίκτυα επίγειων μεταφορών, με τη χρήση στοιχείων από το DEMASST .....	21
Εικόνα 1-6: Καταστροφή κρίσιμων υποδομών μεταφορών.....	22
Εικόνα 1-7: Σύνοψη της επικοινωνίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την προστασία των κρίσιμων υποδομών.....	30
Εικόνα 1-8: Χρονοδιάγραμμα πρωτοβουλιών ΕΕ.....	31
Εικόνα 1-9: Μεθοδολογία διατριβής.....	37
Εικόνα 2-1: Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων εντός οργανισμού (Woody, 2006).....	42
Εικόνα 2-2: Σχέδιο Προστασίας Εθνικών Υποδομών ΗΠΑ .....	47
Εικόνα 2-3: Φάσεις εκτίμησης της ευπάθειας.....	54
Εικόνα 2-4: 4/11/2006 - διακοπή ρεύματος στην ΕΕ λόγω κλιμακωτών συμβάντων (έργο RECIPE).....	55
Εικόνα 2-5: Διαστάσεις για την περιγραφή της αλληλεξάρτησης των υποδομών .....	75
Εικόνα 3-1: Επισκόπηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας .....	113
Εικόνα 3-2: Γενική μεθοδολογία πλαισίου εκτίμησης κινδύνων .....	115
Εικόνα 4-1: Απλή δομή των πόρων ενός δικτύου μεταφορών .....	119
Εικόνα 4-2: Εκτεταμένη δομή πόρων του δικτύου μεταφορών .....	121
Εικόνα 4-3: Προσέγγιση ανάλυσης.....	121
Εικόνα 5-1. Σχηματική διαδικασία προσδιορισμού απειλών .....	128
Εικόνα 5-2. Σύνθεση ανθρωπογενούς απειλής (Haimes 2004).....	134
Εικόνα 5-3: Παράδειγμα αλυσίδας αιτίας και αποτελέσματος από σοβαρό τρομοκρατικό περιστατικό σε κεντρικό σταθμό/κόμβο του μετρό.....	139
Εικόνα 5-4. Διασύνδεση επιπέδων πιθανοφάνειας.....	143
Εικόνα 5-5: Παράδειγμα πόρων εντός διασυνδεδεμένων δικτύων .....	164
Εικόνα 5-6: Προσέγγιση διάδοσης κινδύνων σε ετερογενείς πόρους του τομέα μεταφορών 169	
Εικόνα 5-7: Εισαγωγή μετριασμού κινδύνων στη διαδικασία εκτίμησης των κινδύνων.....	172
Εικόνα 6-1: Χρονικά στάδια σοβαρών περιστατικών .....	178
Εικόνα 6-2: Αλληλεπίδραση μεταξύ φορέων διαχείρισης κρίσιμων περιστατικών σε πολιτικό-στρατηγικό, επιχειρησιακό και τακτικό επίπεδο .....	183
Εικόνα 6-3: Διαχείριση σκηής.....	184
Εικόνα 6-4. Χωρική διάσταση περιμέτρων ασφάλειας, παράδειγμα από κεφ. 7. ....	186
Εικόνα 6-5: Παράδειγμα γενικευμένου συστήματος εκτίμησης κινδύνων, ελέγχου λειτουργίας και διοίκησης.....	195
Εικόνα 7-1: Επί τόπου γραφική αναπαράσταση της διαδικασίας εκτίμησης του κινδύνου (χάρτης από GOOGLE MAPS).....	210
Εικόνα 7-2: Εκτίμηση επικινδυνότητας και διασυνδεδεμένοι πόροι δικτύου.....	211
Εικόνα 7-3: Χάρτης σχεδίασης διαδικασίας απόκρισης σε περιστατικά (σκηνή περιστατικού και αποκλεισμένοι δρόμοι).....	211
Εικόνα 7-4: Εκτίμηση επικινδυνότητας σε διασυνδεδεμένους πόρους δικτύου .....	214
Εικόνα 7-5: Η θέση της Μπολόνια και η σημασία της ως σημαντικού συγκοινωνιακού ιταλικού κόμβου .....	215
Εικόνα 7-6: 2/8/1980, μετά την τρομοκρατική βομβιστική επίθεση στον κεντρικό σιδηροδρομικό σταθμό της Μπολόνια .....	216
Εικόνα 7-7: IPM για την περίπτωση δοκιμής στη Μπολόνια .....	218
Εικόνα 7-8: Προσδιορισμός περιμέτρου στην περίπτωση δοκιμής της Μπολόνια.....	218
Εικόνα 7-9: Εκτίμηση κινδύνων στην περίπτωση δοκιμής της Μπολόνια .....	219

Εικόνα 7-10: Εκτίμηση κινδύνων στην περίπτωση δοκιμής της Μπολόνια για διασυνδεδεμένους πόρους δικτύου.....	219
Εικόνα 7-11: Κατανομή συμμετεχόντων στην έρευνα πιλοτικής λειτουργίας του εργαλείου του STAR-TRANS.....	221

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1-1: Προσδιορισμένες κρίσιμες υποδομές από την ΕΕ.....	31
Πίνακας 1-2: Τομείς υποδομών που εμπίπτουν στην Οδηγία 114. ....	33
Πίνακας 4-1: Προσδιορισμός των πλέον ευάλωτων στοιχείων.....	125
Πίνακας 5-1: Πίνακας απειλητικών περιστατικών.....	129
Πίνακας 5-2: Προτεινόμενη αντιστοίχιση αριθμητικών και κατηγοριών πιθανοφάνειας....	140
Πίνακας 5-3: Κανόνας ταξινόμησης πιθανοφάνειας για σκόπιμες απειλές .....	141
Πίνακας 5-4: Κανόνας ταξινόμησης πιθανοφάνειας τυφλών επιθέσεων, ατυχημάτων και φυσικών καταστροφών.....	142
Πίνακας 5-5: Κατηγοριοποίηση συνεπειών .....	143
Πίνακας 5-6: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση απωλειών .....	144
Πίνακας 5-7: Κατηγορίες συνεπειών επιπέδου 1 .....	145
Πίνακας 5-8: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση οικονομικών επιπτώσεων .....	145
Πίνακας 5-9: Συντελεστές αντίστροφου πίνακα του Leontief για την ελληνική οικονομία, σε σχέση με τον τομέα των μεταφορών .....	146
Πίνακας 5-10: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων .....	148
Πίνακας 5-11: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση διαδικασιών απόκρισης σε περιστατικά .....	150
Πίνακας 5-12: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση πολιτικών επιπτώσεων.....	152
Πίνακας 5-13: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση ψυχολογικών επιπτώσεων .....	153
Πίνακας 5-14: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων αδιάλειπτης λειτουργίας στον πόρο που διατρέχει κίνδυνο.....	156
Πίνακας 5-15: Πίνακας εκτίμησης κατηγορίας κινδύνων.....	159
Πίνακας 5-16: Πίνακας πιθανοφάνειας (ΠΠ).....	168
Πίνακας 5-17: Πίνακας μετριασμού πιθανότητας (LMM).....	171
Πίνακας 5-18: Πίνακας Μετριασμού Συνεπειών (CMM).....	171
Πίνακας 6-1: Ενδεικτική έκταση σκηνής.....	185
Πίνακας 6-2: Μέτρα ελέγχου επικινδυνότητας.....	193
Πίνακας 6-3: Προδιαγραφές γενικευμένου συστήματος εκτίμησης κινδύνων, ελέγχου λειτουργίας και διοίκησης.....	196
Πίνακας 7-1: Ταξινόμια κλήσης για απειλή βόμβας.....	208
Πίνακας 7-2: Εκτίμηση των συνεπειών σταθμού μετρό Πλακεντίας.....	209
Πίνακας 7-3: Εκτίμηση των συνεπειών προαστιακού σταθμού Πλακεντίας.....	210
Πίνακας 7-4: Παράδειγμα υποπίνακα διάδοσης περιστατικών.....	212
Πίνακας 7-5: Εκτίμηση των συνεπειών εκκένωσης των σταθμών Εθνικής Άμυνας και Νερατζιώτισας.....	213
Πίνακας 7-6: Εκτίμηση των συνεπειών για στάσεις λεωφορείων.....	213
Πίνακας 7-7: Ερώτηση 1 προς τελικούς χρήστες: Θα επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας την ταχύτερη εκτίμηση κινδύνων σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου;.....	221
Πίνακας 7-8: Ερώτηση 3 προς τελικούς χρήστες: Θα επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας την εκτίμηση των συνεπειών περιστατικών/πιθανοφάνειας με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου;.....	222
Πίνακας 7-9: Ερώτηση 4 προς τελικούς χρήστες: Θα μου επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας να λαμβάνω υπόψη πολύ περισσότερες απειλές σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου; .....	222
Πίνακας 7-10: Ερώτηση 5 προς τελικούς χρήστες: Θα μου επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας να κατανοώ τις επιπτώσεις που προκύπτουν από επακόλουθες επιπτώσεις (εξάπλωση συνεπειών);.....	223
Πίνακας 7-11: Ερώτηση 6 προς τελικούς χρήστες: Θα μου επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας να διαχειρίζομαι πιο αποτελεσματικά τους κινδύνους απ' ότι τώρα;.....	223
Πίνακας 7-12: Ερώτηση 7 προς τελικούς χρήστες: Πιστεύω ότι η εκτίμηση κινδύνων της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι πολύ κοντά σε αυτό που προσδοκώ από την πείρα μου.....	224

Πίνακας 7-13: Ερώτηση 7 προς τελικούς χρήστες: Κατά τη γνώμη μου, το γενικό πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων όπως σκιαγραφήθηκε από την προτεινόμενη μεθοδολογία, φαίνεται σωστό και κατάλληλο..... 225

## Συντομογραφίες

CARVER	Criticality Accessibility Recoverability Vulnerability Espyability Redundancy (Εργαλείο ανάλυσης κινδύνων κρίσιμων υποδομών)
CCTA	UK Government Central Computing and Telecommunications Agency (Κεντρική Υπηρεσία Υπολογιστών και Τηλεπικοινωνιών του Η.Β.)
CESI	Critical energy system infrastructure (Κρίσιμη υποδομή ενεργειακού συστήματος)
CI	Critical Infrastructure (Κρίσιμη υποδομή – ΚΥ)
CII	Critical Information Infrastructure (Κρίσιμες υποδομές Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών)
CIAO	Critical Infrastructure Assurance Office (Γραφείο διασφάλισης κρίσιμων υποδομών των Η.Π.Α.)
CISM	Critical Infrastructure Modeling System (Σύστημα μοντελοποίησης κρίσιμων υποδομών)
CIP	Critical Infrastructure Protection (Προστασία Κρίσιμων Υποδομών – ΠΚΥ)
CIWIN	Critical Infrastructure Warning Information Network (Δίκτυο προειδοποιητικών πληροφοριών για κρίσιμες υποδομές)
CRAMM	CCTA Risk Analysis and Management Method (Μεθοδολογία ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνου της CCTA)
DoHS	US Department of Homeland Security (Υπουργείο εσωτερικής ασφάλειας των Η.Π.Α.)
DOT	US Department of Transport (Υπουργείο Μεταφορών των Η.Π.Α.)
EC	European Commission (Ευρωπαϊκή Επιτροπή – Ε.Κ.)
ECI	European Critical Infrastructures (Ευρωπαϊκές κρίσιμες υποδομές – ΕΚΥ)
EU	European Union (Ευρωπαϊκή Ένωση – Ε.Ε.)
EPCIP	European Programme for Critical Infrastructure Protection (Ευρωπαϊκό πρόγραμμα για την προστασία κρίσιμων υποδομών)
HCBM	Hierarchical Coordinated Bayesian Model (Ιεραρχικό συντονισμένο μοντέλο κατά Bayes)
HHM	Hierarchical Holographic Model (Ιεραρχικό ολογραφικό μοντέλο)
FTA	Federal Transport Agency (Ομοσπονδιακή υπηρεσία μεταφορών)
ICT / ΤΠΕ	Information Communication Technologies (Τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών)
IIM	Inoperability input-output model (Μοντέλο απώλειας λειτουργίας εισροών-

	εκροών)
IT	Information Technologies (Τεχνολογίες πληροφορικής)
NAVI	Dutch Nationaal Adviescentrum Vitale Infrastructuur (Ολλανδικό εθνικό συμβούλιο για τις κρίσιμες υποδομές)
NGN	Next Generation Network (Δίκτυα επόμενης γενιάς)
NS/EP	National Security or Emergency Preparedness (Εθνική ασφάλεια/Προετοιμασία για επείγοντα περιστατικά)
OSP	Operator Security Plan (Σχέδιο ασφάλειας διαχειριστή)
PAM	PAS 55 assessment methodology (Μεθοδολογία εκτίμησης PASS 55)
PHA	Preliminary Hazard Analysis (Προκαταρκτική ανάλυση ατυχημάτων)
PSA	Probabilistic Safety Analysis (Πιθανοθεωρητική ανάλυση ασφάλειας)
QRA	Quantitative risk analysis (Ποσοτική ανάλυση κινδύνου)
RA	Risk Assessment (Ανάλυση κινδύνου)
RAMCAP	Risk Analysis and Management for Critical Assets Protection (Ανάλυση και διαχείριση κινδύνων για προστασία κρίσιμων πόρων)
RFRM	Risk filtering, ranking, and management (Φιλτράρισμα, κατάταξη και διαχείριση κινδύνων)
RMG	Risk Management Guide (Οδηγός διαχείρισης κινδύνων)
RVA	Risk and Vulnerability Analysis (Ανάλυση κινδύνων και ευπαθειών)
SBRM	Systems-Based Risk Management (Διαχείριση κινδύνων βασισμένη στη θεωρία συστημάτων)
SCADA	Supervisory, Control and Data Acquisition (Συστήματα επίβλεψης, ελέγχου και συλλογής δεδομένων)
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Ομοσπονδιακό Γραφείο Ασφάλειας Πληροφοριών της Γερμανίας)
SMP	Security Management Plan (Σχέδιο διαχείρισης ασφάλειας)
VAP	Vulnerability Assessment Process (Διαδικασία εκτίμησης τρωτότητας)



# 1 Εισαγωγή

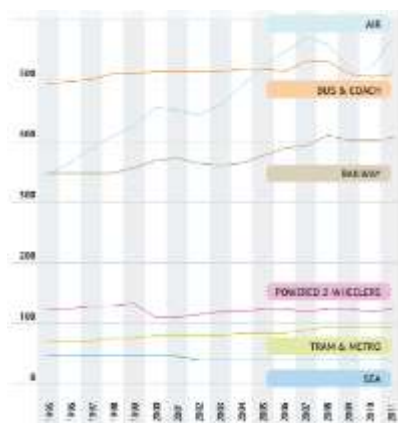
Η παρούσα διατριβή στοχεύει στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου ανάλυσης και εκτίμησης επικινδυνότητας για τις υποδομές ζωτικής σημασίας (κρίσιμες υποδομές), οι οποίες σε σημαντικό βαθμό σχετίζονται και καθορίζουν την ομαλή λειτουργία των σύγχρονων κοινωνιών. Οι χαρακτηρισμένες κρίσιμες υποδομές, αν και ετερογενείς σε χαρακτηριστικά, είναι διασυνδεδεμένες μέσω σύνθετων μηχανισμών. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια ένα περιστατικό που θα επηρεάσει την ομαλή λειτουργία ενός δικτύου να προκαλέσει αλυσιδωτά φαινόμενα στα υπόλοιπα διασυνδεδεμένα δίκτυα. Ο εντοπισμός των αδύναμων ζωνών των δικτύων που συμβάλλουν στην δυσλειτουργία τους, οι συνέπειες που μπορεί να προκαλέσουν αλλά και η επακόλουθη αποτροπή ή μείωση των κινδύνων σε αποδεκτά επίπεδα αποτελούν τον πυρήνα της διαχείρισης κινδύνων κρίσιμων υποδομών, καθώς και της παρούσας διατριβής.

Το βασικό αντικείμενο της διατριβής είναι η ανάπτυξη μιας ενιαίας και ολιστικής προσέγγισης και μεθοδολογίας για την εκτίμηση των κινδύνων (καλύπτοντας ανθρωπογενείς απειλές και φυσικά/τεχνολογικά περιστατικά) που θα συνδυάζεται με μεθόδους σχεδιασμού απόκρισης σε περιστατικά ασφάλειας ετερόκλητων δικτύων μεταφοράς. Με την εφαρμογή της προτεινόμενης προσέγγισης στο στρατηγικό επίπεδο, θα είναι εφικτή η μοντελοποίηση διάδοσης του κινδύνου μεταξύ διασυνδεδεμένων δικτύων. Η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση αποτελεί μια ουσιαστική συνεισφορά στις ημιεμπειρικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται σε επιχειρησιακό επίπεδο καθώς έχουν δοκιμαστεί σε μεγάλης κλίμακας γεγονότα.

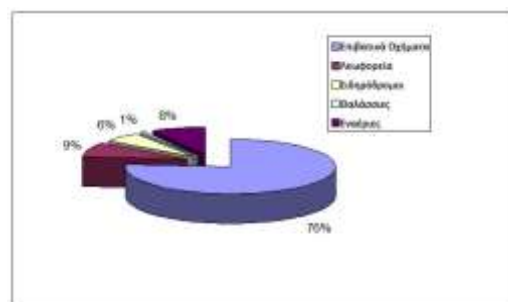
Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο μελετά την ανάλυση κινδύνων από την πλευρά των φορέων εκμετάλλευσης και διαχείρισης των κρίσιμων υποδομών και απόκρισης σε περίπτωση ανάγκης ενώ δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη ελάττωση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων καθώς και σε θέματα ελαχιστοποίησης της επιχειρησιακής διαταραχής μιας υποδομής. Με δεδομένη την ανεξαρτησία της μεθοδολογίας από τα ειδικά χαρακτηριστικά της κάθε υποδομής, είναι εφικτό να εφαρμοσθεί σε ετερογενή και διασυνδεδεμένα δίκτυα μεταφορών, όπως αναλύεται στη συνέχεια, ενώ χάρη στο σχεδιασμό της μπορεί εύκολα να επεκταθεί και να προσαρμοσθεί και στις υπόλοιπες κατηγορίες κρίσιμων υποδομών.

## 1.1 Τομέας μεταφορών στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 κρατών-μελών κατοικούν περίπου 460 εκατ. πολίτες και οι περισσότεροι από αυτούς χρησιμοποιούν μέσα μαζικής μεταφοράς. Καθημερινά, κάθε πολίτης ταξιδεύει κατά μέσο όρο 36 χλμ. εκ των οποίων τα 27 χλμ. διανύονται με αυτοκίνητο (πηγή: Eurostat 2007). Σύμφωνα με έρευνες της Eurostat (2004) ο μέσος ευρωπαίος πολίτης δαπανά περίπου 1 ώρα και 12 λεπτά καθημερινά ταξιδεύοντας με όλα τα μέσα μεταφοράς, γεγονός που αντιπροσωπεύει μια αύξηση της τάξεως του 18% για το 2004 σε σύγκριση με το 1995. Το συνολικό μέγεθος του δικτύου συνεχίζει να μεγαλώνει όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 1-1 ενώ το αυτοκίνητο εξακολουθεί να αποτελεί το επικρατέστερο μέσο μεταφοράς (Εικόνα 1-2).



Εικόνα 1-1: Εξέλιξη των κυρίων δικτύων μεταφοράς (Eurostat, 2007)



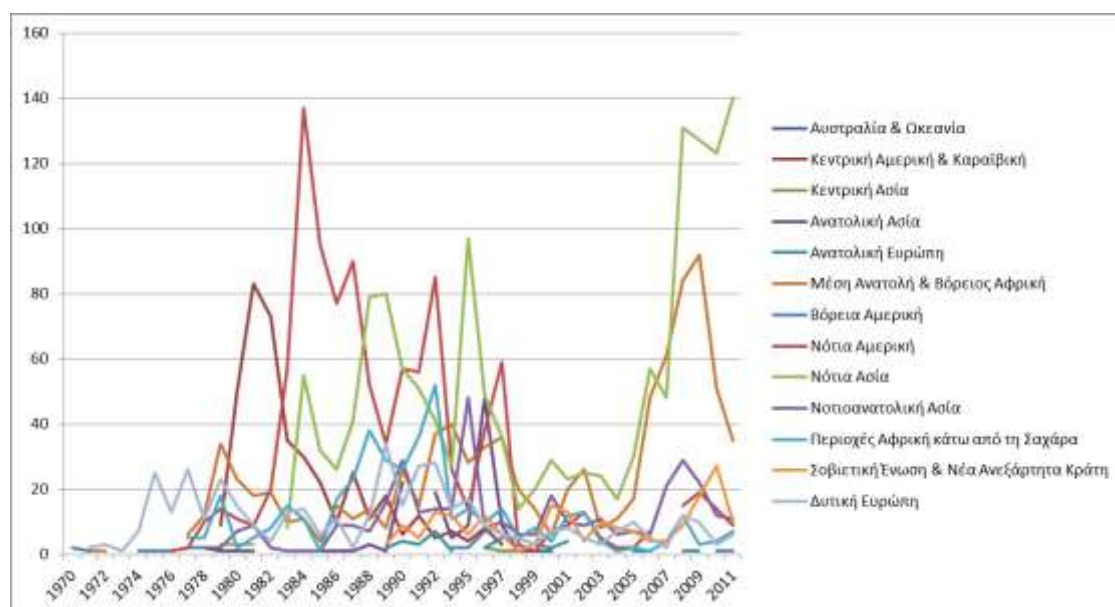
Εικόνα 1-2: Κατανομή επιβατών ανά μέσο μεταφοράς (Eurostat, 2007)

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η δυνατότητα μετακίνησης αποτελεί βασική προϋπόθεση για αποδοτικές και σύγχρονες πόλεις. Καμία πόλη δεν μπορεί να λειτουργήσει αποδοτικά στις μέρες μας χωρίς συστήματα δημόσιας συγκοινωνίας. Η δημόσια συγκοινωνία διαπιστωμένα αποτελεί ένα μέρος της λύσης για την επίτευξη της οικονομικής ευημερίας των κατοικήσιμων πόλεων, ασφάλειας και προστασίας ιδιαίτερα σε συνδυασμό με τις σύγχρονες προκλήσεις όπως η κλιματική αλλαγή και η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Ωστόσο, οι σύγχρονες τρομοκρατικές απειλές και η εγκληματικότητα, καθιστούν την διασφάλιση της προστασίας και της ασφάλειας των επιβατών ολοένα και πιο δύσκολη υπόθεση.

Οι υποδομές μεταφορών είναι θεμελιώδεις για τη μετακίνηση του πληθυσμού και των αγαθών αλλά και για την εδαφική συνοχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 κρατών-μελών διαθέτει 5.000.000 χλμ. οδοστρώματος, εκ των οποίων τα 61.600 χλμ. είναι αυτοκινητόδρομοι, τα 215.400 χλμ. είναι σιδηροδρομικές γραμμές (εκ των οποίων τα

107.400 χλμ. είναι ηλεκτροκινούμενες) και τα 41.000 χλμ. είναι υδάτινοι δίοδοι ναυσιπλοΐας της ενδοχώρας. Οι συνολικές επενδύσεις το διάστημα 2000-2006 στις υποδομές μεταφορών ανήλθαν σε € 859 δις<sup>1</sup>.

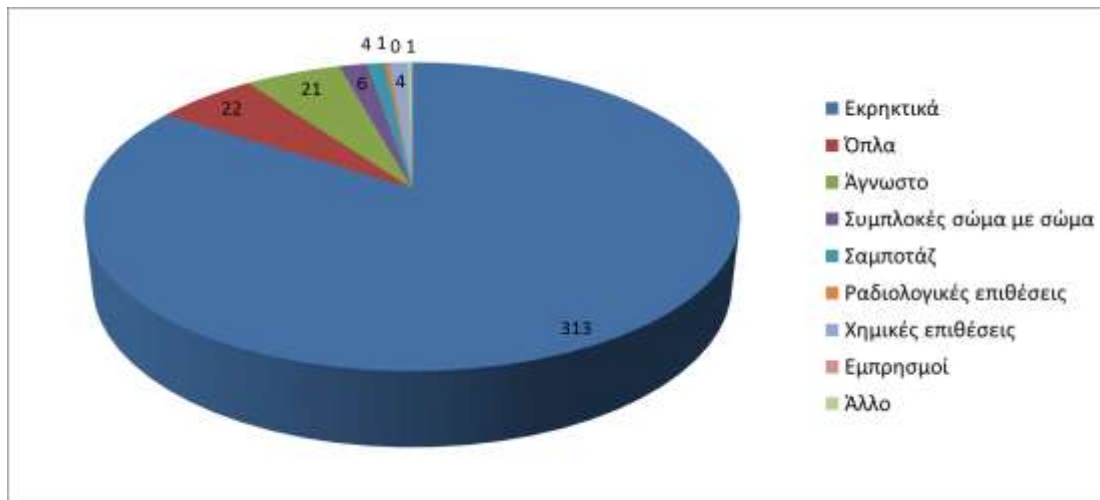
Ιστορικά στοιχεία<sup>2</sup> που παρουσιάζονται στην Εικόνα 1-3, δείχνουν ότι τα μέσα μαζικής μεταφοράς από την δεκαετία του 1970 άρχισαν να θεωρούνται ελκυστικός στόχος για τρομοκρατικές απειλές. Το φαινόμενο αυτό έχει αποκτήσει παγκόσμιες διαστάσεις, και παρουσίασε μια έξαρση μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990. Από τότε τα καταγεγραμμένα περιστατικά παραμένουν σε χαμηλότερα επίπεδα με εξαίρεση εμπόλεμες περιοχές όπως η Μέση Ανατολή (Ιράκ) και Νότια Ασία (Ινδία, Πακιστάν, Αφγανιστάν). Σε ότι αφορά την Δυτική Ευρώπη η πλέον διαδεδομένη μορφή επίθεσης είναι αυτή με εκρηκτικούς μηχανισμούς και ακολούθως με εμπρηστικούς μηχανισμούς και πυροβόλα όπλα (Εικόνα 1-4).



**Εικόνα 1-3: Συνολικός αριθμός περιστατικών σε μέσα μεταφοράς ανά παγκόσμια περιοχή**

<sup>1</sup> (First Intermediate Report "Evaluation of cohesion policy programme 2000-2006, work package transport", August 2009).

<sup>2</sup> Global Terrorism Database (GTD), <http://www.start.umd.edu/gtd>



Εικόνα 1-4: Συνολικός αριθμός περιστατικών ανά μορφή επίθεσης μόνο για τη Δυτική Ευρώπη.

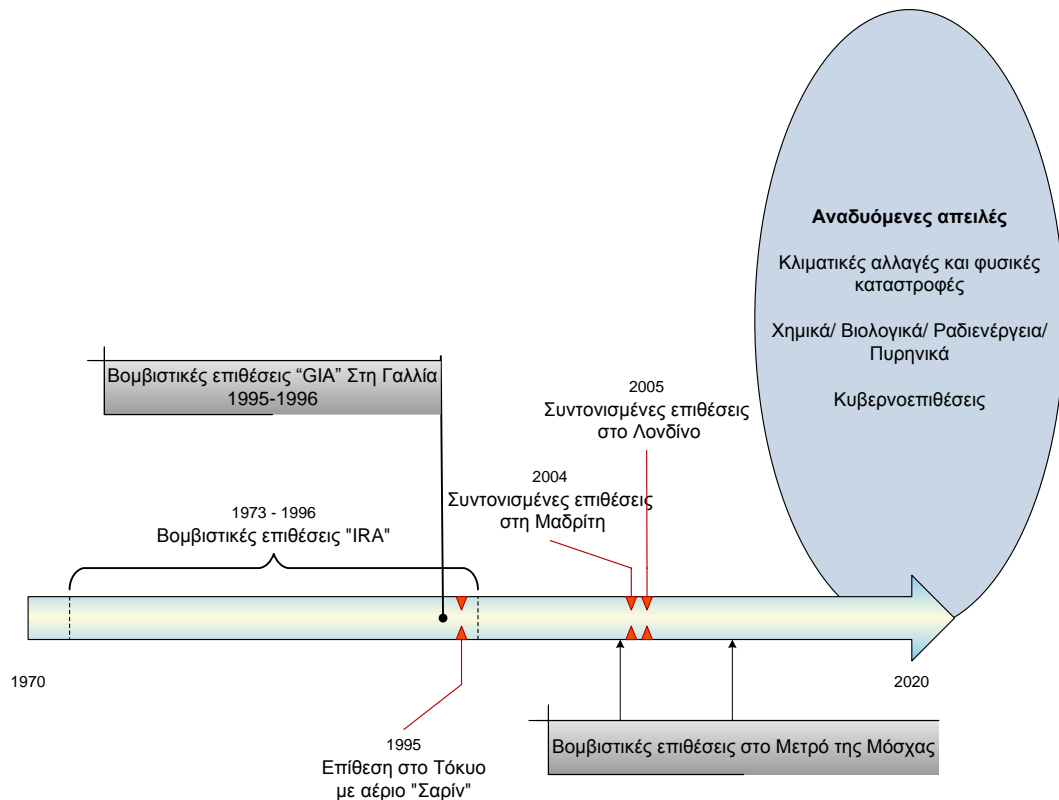
Σύμφωνα με την ανάλυση του ερευνητικού έργου DEMASST<sup>3</sup>, ο τομέας της ασφάλειας των επίγειων κρίσιμων υποδομών μεταφορών στην Ευρώπη επηρεάστηκε από μια σειρά τρομοκρατικών περιστατικών με κύριες επιπτώσεις τις αλλαγές τόσο στο υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο όσο και στο τρόπο που αντιλαμβάνονται οι εμπλεκόμενοι φορείς την προστασία των υποδομών αυτών. Πιο συγκεκριμένα,

- Μόσχα - 29 Μαρτίου 2010: Δύο γυναίκες βομβιστές αυτοκτονίας ανατινάχθηκαν κατά τις ώρες αιχμής, σκοτώνοντας τουλάχιστον 37 άτομα και τραυματίζοντας 65 άλλα.
- Λονδίνο - 7 Ιουλίου 2005: Το σύστημα δημόσιων μεταφορών υπέστη μια σειρά συντονισμένων επιθέσεων αυτοκτονίας. Τρεις βομβιστές αυτοκτονίας πυροδότησαν μηχανισμούς σε τρία τρένα του υπόγειου σιδηρόδρομου του Λονδίνου, και μια τέταρτη έκρηξη σημειώθηκε σε ένα διώροφο λεωφορείο. Οι επιθέσεις σκότωσαν 52 άτομα και τραυμάτισαν περίπου 700 άλλα θύματα.
- Μαδρίτη - 11 Μαρτίου 2004: Σε συντονισμένες επιθέσεις (10 εκρήξεις σε τέσσερα επιβατηγά τρένα) στη Μαδρίτη σκοτώθηκαν 191 άνθρωποι και τραυματίστηκαν 1.800.
- Μόσχα - 6 του Φλεβάρη του 2004: Βομβιστής αυτοκτονίας σκότωσε 41 άτομα στο μετρό της Μόσχας. Περίπου 120 άτομα τραυματίστηκαν.
- Παρίσι - Ιούλιος 1995: Το σιδηροδρομικό δίκτυο υπέστη επανειλημμένες βομβιστικές επιθέσεις που προκάλεσαν το θάνατο οκτώ ατόμων και τον τραυματισμό πάνω από 200.
- Τόκιο - 20 Μαρτίου 1995: Σε πέντε συντονισμένες επιθέσεις, τα μέλη της Aum Shinrikyo, διέσπειραν αέριο σαρίν, ένα τοξικό παράγοντα νεύρων, μέσα στα βαγόνια μετρό σε διάφορες γραμμές του μετρό. Στην επίθεση σκοτώθηκαν 15 άτομα,

<sup>3</sup> DEMASST - Demo for mass transportation security: roadmapping study, FP7- 218264

τραυματίστηκαν σοβαρά 50, και προκάλεσαν προσωρινά προβλήματα όρασης για χιλιάδες περισσότερα. Αυτό είναι και το μόνο παγκόσμια καταγεγραμμένο περιστατικό Χημικό, Βιολογικό, Ραδιολογικό, Πυρηνικό (ΧΒΡΠ) σε δίκτυο μεταφορών.

Ταυτόχρονα έχει καταγραφεί μια σειρά από αναδυόμενες απειλές που αναμένεται να καθορίσουν το περιβάλλον ασφάλειας σε συστήματα επίγειων μεταφορών τα επόμενα χρόνια, οι οποίες καλύπτουν ένα διευρυμένο φάσμα απειλών όπως φαίνεται στην Εικόνα 1-5.



**Εικόνα 1-5: Διαχρονική εξέλιξη κύριων απειλών σε δίκτυα επίγειων μεταφορών, με τη χρήση στοιχείων από το DEMASST<sup>3</sup>**



**Εικόνα 1-6: Καταστροφή κρίσιμων υποδομών μεταφορών**

(Αριστερά: σιδηροδρομικός σταθμός Atocha της Μαδρίτης την 11η Μαρτίου 2004 μετά τη βομβιστική επίθεση & Δεξιά: Ατύχημα με φορτηγό που μετέφερε καύσιμα)

Παράλληλα με τα ανθρωπογενή περιστατικά ασφάλειας στην λειτουργία των μέσων μεταφοράς, σημαντικές επιπτώσεις στην αδιάλειπτη λειτουργία τους προκύπτουν και από φυσικές καταστροφές και τεχνολογικά ατυχήματα. Στη μελέτη που εκπόνησαν τα μέλη του Προγράμματος EWENT<sup>4</sup>, οι ερευνητές υπολόγισαν ότι τα κόστη που προκύπτουν από ακραία καιρικά φαινόμενα για το δίκτυο επίγειων μεταφορών, τους χρήστες του και τους πελάτες μεταφορικών υπηρεσιών εμπορευμάτων στις 27 χώρες της Ευρώπης υπερβαίνει το ποσό των 15 δις ευρώ το χρόνο. Επί του παρόντος, τα μεγαλύτερα κόστη προέρχονται από ατυχήματα στο δρόμο με όλες τις υλικές και ψυχολογικές απώλειες/συνέπειες. Η μελέτη έδειξε ότι ο πιο ευάλωτος σε ακραία καιρικά φαινόμενα τρόπος μετακίνησης είναι οι μεταφορές μέσω του οδικού δικτύου. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι ετήσιες απώλειες που υπολογίζεται ότι αγγίζουν τα 6 δις ευρώ, προέρχονται από απώλειες σχετικές με τη διακίνηση εμπορευμάτων εξαιτίας προβλημάτων που προκύπτουν σε σχέση με τους χρόνους παράδοσης.

Μέχρι σήμερα, η δημοφιλέστερη μέθοδος για την εκτίμηση αναγκών ασφάλειας στα επίγεια δίκτυα μεταφορών, είναι η διεξαγωγή μελετών για την Εκτίμηση Επικινδυνότητας (risk assessment). Η διαδικασία αυτή βοηθά να εντοπιστούν τα τρωτά σημεία των δικτύων και να ιεραρχηθούν οι προτεραιότητες στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι διαθέσιμοι πόροι είναι περιορισμένοι. Η παρούσα διατριβή σκοπό έχει να προτείνει μια καινοτόμα και ολοκληρωμένη προσέγγιση για τον εντοπισμό των αδύνατων και τρωτών σημείων των διασυνδεδεμένων συστημάτων χερσαίας μεταφοράς (σταθερής και μεταβλητής τροχιάς)

---

<sup>4</sup> “The costs of extreme weather for the European transport systems. EWENT project D4” διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T36.pdf>

καθώς και εργαλεία και διαδικασίες για τη μείωση των κινδύνων που σχετίζονται με τις μεταφορές σε ανομοιογενή και διασυνδεδεμένα δίκτυα.

## 1.2 Ορισμοί εκτίμησης κινδύνων

Η προστασία κρίσιμων υποδομών βασικό σκοπό έχει να ενισχύσει την ανθεκτικότητα των υποδομών που θεωρούνται απαραίτητες για τη λειτουργία μιας κοινωνίας. Επομένως είναι εξαιρετικά σημαντικό να γνωρίζει κανείς πού και πώς μπορεί να διαταραχθεί η λειτουργία μιας υποδομής ζωτικής σημασίας αλλά και τι μπορεί να γίνει για να αποφευχθεί αυτό. **Ο εντοπισμός των αδύνατων σημείων και των πιθανών συνεπειών αλλά και η επακόλουθη μείωση των κινδύνων σε αποδεκτά επίπεδα αποτελούν τον πυρήνα της διαχείρισης κινδύνων.** Ως εκ τούτου, η προστασία κρίσιμων υποδομών μπορεί να επωφεληθεί από τις προσπάθειες διαχείρισης κινδύνου υπό την έννοια ότι καταγράφονται οι κίνδυνοι για τους οποίους έχουν ήδη ληφθεί μέτρα καθώς γίνεται η αναγνώριση νέων κινδύνων στους οποίους συνεχίζει να είναι εκτεθειμένη η υποδομή. Επιπλέον, παρέχουν πληροφορίες για τη σχετική σπουδαιότητα των κινδύνων και πιθανά μέτρα για την αντιμετώπισή τους (αντίμετρα προστασίας).

Ο ορισμός των βασικών χαρακτηριστικών και εννοιών είναι θεμελιώδης για το πλαίσιο της διαδικασίας εκτίμησης κινδύνων στις κρίσιμες υποδομές. Ένας από αυτούς τους θεμελιώδεις ορισμούς είναι αυτός του «**πόρου**» (asset). Γενικά, ο πόρος μιας υποδομής είναι εκείνο το στοιχείο που παρουσιάζει κρισιμότητα για την ομαλή λειτουργία της και μπορεί να υποστεί ζημία, βλάβη ή να απειληθεί από κάποιον κίνδυνο. Από πλευράς ασφαλείας, οι πόροι ορίζονται και κατηγοριοποιούνται με την ευρεία έννοια του όρου: ως το ανθρώπινο δυναμικό, οι πληροφορίες και η υποδομή. Στις δημόσιες συγκοινωνίες, «άνθρωποι» είναι οι επιβάτες, οι υπάλληλοι, οι επισκέπτες, οι εργολάβοι, οι προμηθευτές, τα μέλη της τοπικής κοινωνίας και άλλα άτομα ή φορείς που έρχονται σε επαφή με το σύστημα. «Πληροφορίες» είναι οι διαδικασίες λειτουργίας και συντήρησης, τα συστήματα ελέγχου και τροφοδοσίας, οι παράμετροι και οι κωδικοί πρόσβασης του δικτύου υπολογιστών καθώς και άλλες αποκλειστικές/ευαίσθητες πληροφορίες.

Η εξέταση των πόρων ενός συστήματος μεταφορών θα πρέπει να καταλήγει σε ιεράρχηση με βάση το ποιος πόρος επιφέρει τις σοβαρότερες συνέπειες για τους ανθρώπους και τη δυνατότητα του συστήματος να εκτελεί αδιάλειπτα την λειτουργία του. Αυτοί οι πόροι

ενδέχεται να απαιτούν μεγαλύτερη ή ειδική προστασία από επιθέσεις. Για τη λήψη απόφασης, το σύστημα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα κάτωθι:

- την αξία του πόρου περιλαμβανομένης της τρέχουσας αξίας και της αξίας αντικατάστασης
- την αξία του πόρου για έναν ενδεχόμενο δολιοφθορέα
- τη στρατηγική θέση των πόρων στο σύστημα
- το πώς, το πότε και το ποιος έχει πρόσβαση και χρησιμοποιεί έναν πόρο
- το ποιες είναι οι επιπτώσεις για τους επιβάτες, τους υπαλλήλους, τους οργανισμούς δημόσιας ασφάλειας, το γενικό κοινό και τη λειτουργία των μέσων σε περίπτωση απώλειας πόρων

Οι πόροι του συστήματος μεταφορών αποτελούν ελκυστικούς στόχους για τους τρομοκράτες καθώς από τη σχεδιάσή τους **είναι ανοιχτοί και προσπελάσιμοι**. Επιπλέον, συστήματα και δίκτυα μεταφορών υφίστανται σε όλες τις χώρες. Αυτά είναι θεσμικά ποικιλόμορφα με πολλούς οργανισμούς λειτουργίας και φορείς συνεκμετάλλευσης. Επιπροσθέτως διέπονται από διαφορετικά νομικά πλαίσια λειτουργίας, συστήματα και περιβάλλοντα ασφάλειας καθώς και επιχειρησιακά πλαίσια λειτουργίας, γεγονός που καθιστά το σχεδιασμό ενός συνολικού/ολιστικού πλαισίου προστασίας μια πολύπλοκη χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία καθώς λειτουργούν σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

**Απειλή** (threat) είναι ένας βασικός ορισμός καθώς αποτελεί τον πυρήνα οποιασδήποτε διαδικασίας εκτίμησης κινδύνου. Μια απειλή μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε συμβάν ή περιστατικό που ενδέχεται να προκαλέσει πρόβλημα ή ακόμα και ολοσχερή καταστροφή σε έναν πόρο ή σύνολο πόρων. Εξαιτίας της γενικότητας του ορισμού, οι απειλές περιλαμβάνουν έναν μεγάλο αριθμό επιβλαβών περιστατικών, τόσο διευρυμένο που στην πραγματικότητα γίνεται επιτακτική η ανάγκη για αναλυτικότερη ταξινόμηση τους, η οποία και παρουσιάζεται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 3, ενότητα 3.5.2.

Δεδομένης της ύπαρξης απειλών, η έννοια της **τρωτότητας (vulnerability)** εισάγεται ως όρος για να περιγράψει την αδυναμία ενός συγκεκριμένου πόρου καθώς και την ευκολία με την οποία μπορεί να επηρεαστεί από μια συγκεκριμένη απειλή. Όταν ένας πόρος μπορεί να επηρεαστεί εύκολα από μια απειλή, λέμε ότι αυτός ο πόρος είναι τρωτός σε αυτήν την απειλή. Η εκτίμηση της τρωτότητας αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα κάθε πλαισίου εκτίμησης κινδύνων. Στην πραγματικότητα, η κατανόηση των αδύνατων σημείων/ζωνών ενός συστήματος ή ενός δικτύου αποτελεί το πρώτο βήμα για τη βελτίωση της γενικότερης ασφάλειάς του.



Ο όρος **υποδομή** ορίζεται ως «το θεμελιώδες ή το βασικό πλαίσιο λειτουργίας ενός συστήματος ή οργανισμού». Αυτός ο ορισμός προέκυψε ως αποτέλεσμα του έργου της Επιτροπής Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών του Προέδρου των Η.Π.Α.. Στην έκθεσή της προς τον αμερικανό πρόεδρο τον Οκτώβριο του 1997 (President's Commission on Critical Infrastructure Protection, 1997), η Επιτροπή όρισε την *υποδομή ως ένα δίκτυο ανεξάρτητων, κυρίως ιδιόκτητων, τεχνητών και τεχνολογικών συστημάτων και διαδικασιών που λειτουργούν συλλογικά και συνεργατικά με σκοπό να παράγουν και να διανείμουν με συνεχή ροή ουσιώδη αγαθά και υπηρεσίες*. Στη μελέτη της, η Επιτροπή επικεντρώθηκε αυστηρά σε οκτώ κρίσιμες υποδομές «των οποίων η μη διαθεσιμότητα ή η καταστροφή θα επέφερε αρνητικές επιπτώσεις στην άμυνα και την οικονομική ασφάλεια». Αυτές οι οκτώ υποδομές είναι οι εξής: τηλεπικοινωνίες, συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο και πετρέλαιο, τράπεζες και χρηματοοικονομικά, μεταφορές, συστήματα ύδρευσης, κυβερνητικές υπηρεσίες και υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης.

Ο ορισμός αυτός αργότερα επεκτάθηκε και βελτιώθηκε από το US Critical Infrastructure Assurance Office (CIAO) έτσι ώστε να βοηθήσει στο συντονισμό των πρωτοβουλιών της ομοσπονδιακής κυβέρνησης σχετικά με την προστασία των κρίσιμων υποδομών. *Η υποδομή ορίστηκε ως το πλαίσιο ανεξάρτητων δικτύων και συστημάτων που αποτελείται από αναγνωρίσιμους τομείς, θεσμούς (περιλαμβανομένων των ανθρώπων και των διαδικασιών) και δίκτυα διανομής, οι οποίες παρέχουν μια αξιόπιστη ροή προϊόντων και υπηρεσιών, απαραίτητες για την άμυνα και την οικονομική ασφάλεια των ΗΠΑ, την ομαλή λειτουργία των κυβερνήσεων σε όλα τα επίπεδα και την κοινωνία στο σύνολό της*. Υπό αυτήν την ευρύτερη προοπτική, άλλα παραδείγματα υποδομών (εκτός των οκτώ κρίσιμων υποδομών της Επιτροπής) είναι η γεωργία/τρόφιμα (παραγωγή, αποθήκευση και διάθεση), το διάστημα, πολλά αγαθά (σίδηρος και χάλυβας, αλουμίνιο, τελικά προϊόντα, κ.λπ.), ο τομέας της υγείας και το εκπαιδευτικό σύστημα.

Η εναλλακτική προσέγγιση, (Kröger 2008) του American Heritage Dictionary ορίζει τον όρο «υποδομή» ως «τα βασικά μέσα, οι υπηρεσίες και οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται για τη λειτουργία μιας κοινότητας ή της κοινωνίας, όπως συστήματα μεταφορών και επικοινωνίας, φορείς ηλεκτροδότησης και ύδρευσης και δημόσια ιδρύματα όπως σχολεία, ταχυδρομεία και φυλακές». Ωστόσο, αυτός ο ορισμός και άλλοι παρόμοιοι ορισμοί είναι αρκετά γενικοί και υπόκεινται σε διαφορετικές ερμηνείες. Στην πράξη, αυτό που θεωρείται υποδομή εξαρτάται

κατά πολύ από το πλαίσιο εντός του οποίου χρησιμοποιείται ο όρος. Σε μια έκθεση του 1983, το U.S. Congressional Budget Office<sup>5</sup> όρισε ως «υποδομή» τις εγκαταστάσεις που έχουν «κοινά χαρακτηριστικά υψηλά επίπεδα κεφαλαίου και δημόσιας επένδυσης σε όλα τα επίπεδα διακυβέρνησης. Εκτός αυτού είναι απόλυτα κρίσιμες για την οικονομική δραστηριότητα μιας χώρας». Συμπεριέλαβε σε αυτήν την κατηγορία αυτοκινητόδρομους, συστήματα δημόσιας συγκοινωνίας, έργα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, υδάτινους πόρους, εναέρια κυκλοφορία, αεροδρόμια και δημοτική ύδρευση.

Σύμφωνα με τους (Min, et al. 2007) υποδομή ορίζεται ως το «πλαίσιο ανεξάρτητων δικτύων και συστημάτων που αποτελείται από αναγνωρίσιμους τομείς, θεσμούς (περιλαμβανομένων των ανθρώπων και των διαδικασιών) και δυνατότητες κατανομής, οι οποίες παρέχουν μια αξιόπιστη ροή προϊόντων και υπηρεσιών, απαραίτητες για την άμυνα και την οικονομική ασφάλεια των ΗΠΑ, την ομαλή λειτουργία των κυβερνήσεων σε όλα τα επίπεδα και την κοινωνία στο σύνολό της» (Οδηγία Προεδρικής Απόφασης 63, 1998<sup>6</sup>). Από αυτήν την πλευρά, οι υποδομές περιλαμβάνουν τα εξής: γεωργία/τρόφιμα, πόσιμο νερό, τράπεζες και χρηματοοικονομικά, χημική βιομηχανία και επικίνδυνα υλικά, βιομηχανία άμυνας, δημόσια υγεία, υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, ενέργεια, κυβέρνηση, πληροφορίες και τηλεπικοινωνίες και μεταφορές. Μετά την 11η Σεπτεμβρίου, έγιναν κι άλλες σημαντικές προσθήκες όπως τα εθνικά μνημεία, τα ταχυδρομεία και η ναυτιλία και άλλοι συγκεκριμένοι τύποι υποδομής, δημόσιων και εμπορικών πόρων.

Η Utne (2010) ενσωματώνει άλλη μια σημαντική πτυχή στον ορισμό των κρίσιμων υποδομών: το γεγονός ότι οι κρίσιμες υποδομές διασυνδέονται εγγενώς και ευρέως μεταξύ τους και παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της κανονικής λειτουργίας της κοινωνίας (γι' αυτό και χαρακτηρίζονται «κρίσιμες»). Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι οι κρίσιμες υποδομές είναι τεχνολογικά δίκτυα, όπως παροχή ενέργειας, υπηρεσίες μεταφορών, ύδρευση, παροχή πετρελαίου και αερίου, τράπεζες και χρηματοοικονομικά και συστήματα πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών. Αυτά τα συστήματα είναι ουσιώδη για τη διατήρηση των σημαντικών λειτουργιών μιας κοινωνίας και οι αστοχίες των υποδομών μπορούν να προκαλέσουν σοβαρό πρόβλημα στον πληθυσμό, την οικονομία και την εθνική ασφάλεια. Οι κρίσιμες υποδομές αλληλεπιδρούν σε διάφορα επίπεδα και η πρόκληση προβλήματος σε μία από αυτές ενδέχεται

---

<sup>5</sup> U.S. Congressional Budget Office. Public Works Infrastructure: Policy Considerations for the 1980s. April 1983: 1.

<sup>6</sup> <http://www.fas.org/irp/offdocs/pdd/pdd-63.pdf> - ανασύρθηκε 23 Μαΐου 2013

να επηρεάσει τη λειτουργικότητα των άλλων υποδομών. Η σημασία αυτών των υποδομών για την κοινωνία και των επιπτώσεων της διακοπής λειτουργίας τους επιβάλλει τη λήψη μέτρων για την ασφάλεια και την προστασία τους ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ειδικότερα, υφίστανται αρκετές υποδομές μεταφορών που εάν διαταραχθούν ή καταστραφούν επηρεάζουν δύο ή περισσότερα κράτη-μέλη. Ενδέχεται επίσης η διαταραχή μιας υποδομής μεταφοράς σε ένα κράτος-μέλος να επιφέρει επιπτώσεις σε ένα άλλο κράτος-μέλος. **Οι κρίσιμες υποδομές με επίδραση πέραν των εθνικών συνόρων πρέπει να αναγνωρίζονται και να αναδεικνύονται ως δι-ευρωπαϊκές κρίσιμες υποδομές** (European Critical Infrastructures ; ECI). Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μέσω μιας κοινής διαδικασίας για την αναγνώριση των ευρωπαϊκών κρίσιμων υποδομών και την εκτίμηση της ανάγκης για βελτίωση της προστασίας τους, όπως διαμορφώθηκε στην οδηγία 114/2008 και περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

Εν όψει της ανάγκης για αναγνώριση και στη συνέχεια εκτίμηση των κινδύνων που απειλούν τις κρίσιμες υποδομές, είναι σαφές πως οποιαδήποτε μονοδιάστατη προσέγγιση είναι καταδικασμένη σε αποτυχία. Ως εκ τούτου, η παρούσα εργασία στοχεύει στην ανάπτυξη ενός καινοτόμου ολιστικού πλαισίου εκτίμησης κινδύνων που θα είναι κοινό για διαφορετικού τύπου (ετερογενείς) κρίσιμες υποδομές που είναι διασυνδεδεμένες μεταξύ τους συμβάλλοντας στην διαλειτουργικότητα σε θεσμικά, οργανωτικά και πολιτικά πλαίσια.

### **1.3 Πολιτικές προστασίας κρίσιμων υποδομών σε διεθνές επίπεδο**

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα γίνει μια ανασκόπηση των πολιτικών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

#### Ευρωπαϊκές Οδηγίες και Θεσμικό πλαίσιο

Με δεδομένο το υψηλό ενδιαφέρον για την προστασία των κρίσιμων υποδομών, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2004) παρουσίασε μια γενική στρατηγική για τη βελτίωση της προστασίας των κρίσιμων υποδομών. Στις 22 Οκτωβρίου 2004 με το κείμενο «Προστασία κρίσιμων υποδομών στον αγώνα κατά της τρομοκρατίας»<sup>7</sup> τέθηκαν επί τάπητος προτάσεις για να βελτιωθεί η προστασία, η ετοιμότητα και η ανταπόκριση της Ευρώπης σε τρομοκρατικές επιθέσεις που αφορούν τις κρίσιμες υποδομές.

---

<sup>7</sup> COM(2004) 0702 : Critical Infrastructure Protection in the fight against terrorism

Μεταξύ άλλων, προτάθηκε η δημιουργία ενός Ευρωπαϊκού Προγράμματος Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών (European Program on Critical Infrastructure Protection ; EPCIP) με σκοπό να αναγνωριστούν οι κρίσιμες υποδομές με πανευρωπαϊκή διάσταση, αναλύοντας την τρωτότητα και την αλληλεξάρτησή τους, στοχεύοντας στην αναγνώριση λύσεων για την προστασία αλλά και την προετοιμασία τους για την αντιμετώπιση ενδεχόμενων απειλών. Εκτός αυτού, η Επιτροπή εξέφρασε την άποψη ότι θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα δίκτυο προειδοποιητικής πληροφόρησης κρίσιμων υποδομών (Critical Infrastructure Warning and Information Network - CIWIN). Το δίκτυο θα συγκεντρώνει ειδικούς στην προστασία κρίσιμων υποδομών από τα κράτη-μέλη με σκοπό να βοηθήσουν την Επιτροπή να καταρτίσει το εν λόγω πρόγραμμα.

Στη συνέχεια η Επιτροπή υιοθέτησε την Πράσινη Βίβλο<sup>8</sup> σχετικά με την προστασία των κρίσιμων υποδομών (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2005). Ο κύριος στόχος της Πράσινης Βίβλου είναι να λάβει απόψεις σχετικά με τις πιθανές επιλογές της πολιτικής EPCIP εμπλέκοντας έναν σημαντικό αριθμό φορέων, όπως ιδιοκτήτες και φορείς εκμετάλλευσης της υποδομής, νομοθέτες, επαγγελματικές και βιομηχανικές ενώσεις σε συνεργασία με όλα τα επίπεδα της κυβέρνησης και του δημοσίου. Αυτή ήταν και η δεύτερη φάση μιας διαδικασίας διαβουλεύσεων για την καθιέρωση ενός Ευρωπαϊκού Προγράμματος Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών.

Το Δεκέμβριο του 2005, το Συμβούλιο Δικαιοσύνης και Εσωτερικών Υποθέσεων κάλεσε την Επιτροπή να υποβάλλει πρόταση για το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών και αποφάσισε ότι αυτό θα πρέπει να βασίζεται σε μια ολιστική προσέγγιση **των κινδύνων** ενώ ως προτεραιότητά θα έχει την αποτροπή τρομοκρατικών απειλών. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, οι ανθρωπογενείς, τεχνολογικές απειλές και οι φυσικές καταστροφές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία προστασίας των κρίσιμων υποδομών, αλλά η απειλή της τρομοκρατίας θα πρέπει να έχει κυρίαρχη προτεραιότητα.

Στις 12 Δεκεμβρίου 2006, η Επιτροπή υιοθέτησε την πρόταση για το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών<sup>9</sup>, το οποίο θέτει το γενικό πλαίσιο των δραστηριοτήτων για την προστασία των κρίσιμων υποδομών σε επίπεδο ευρωπαϊκής ένωσης. Η διαδικασία αναγνώρισης και προσδιορισμού των ευρωπαϊκών κρίσιμων υποδομών είναι ένα από τα

---

<sup>8</sup> COM(2005) 576 : Green paper on a european programme for critical infrastructure protection

<sup>9</sup> COM(2006) 786: European Programme for Critical Infrastructure Protection

βασικά στοιχεία του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών. Συγκεκριμένα, αυτό το πακέτο πολιτικών πρωτοβουλιών αποτελείται από τα εξής:

- Μια πρόταση για μια Οδηγία του Συμβουλίου σχετικά με την αναγνώριση και τον προσδιορισμό των ευρωπαϊκών κρίσιμων υποδομών και την εκτίμηση της ανάγκης για βελτίωση της προστασίας. Η προτεινόμενη Οδηγία παγιώνει μια διαδικασία για την αναγνώριση και τον προσδιορισμό των κρίσιμων υποδομών και μια κοινή προσέγγιση της εκτίμησης των αναγκών για τη βελτίωση της προστασίας αυτών των υποδομών.
- Μέτρα που έχουν σχεδιαστεί με σκοπό να διευκολύνουν την εφαρμογή του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών περιλαμβανομένων των εξής:
  - Σχέδιο δράσης του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών
  - Πρόταση για απόφαση του Συμβουλίου σχετικά με το δίκτυο προειδοποιητικών πληροφοριών για τις κρίσιμες υποδομές
  - Τη χρήση ειδικών ομάδων
  - Την αναγνώριση και την ανάλυση της αλληλεξάρτησης, και
- Την υποστήριξη των κρατών-μελών σχετικά με τις εθνικές κρίσιμες υποδομές
- Συνοδευτικά οικονομικά μέτρα, συγκεκριμένα το προτεινόμενο ευρωπαϊκό πρόγραμμα για την «Prevention, Preparedness and Consequence Management of Terrorism and other Security-related Risks (CIPS)»<sup>10</sup> για το διάστημα 2007-2013, που δημιούργησε ευκαιρίες χρηματοδότησης των μέτρων για την προστασία των κρίσιμων υποδομών τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μεταφερθούν και να υιοθετηθούν από διάφορα κράτη-μέλη της Ευρώπης.

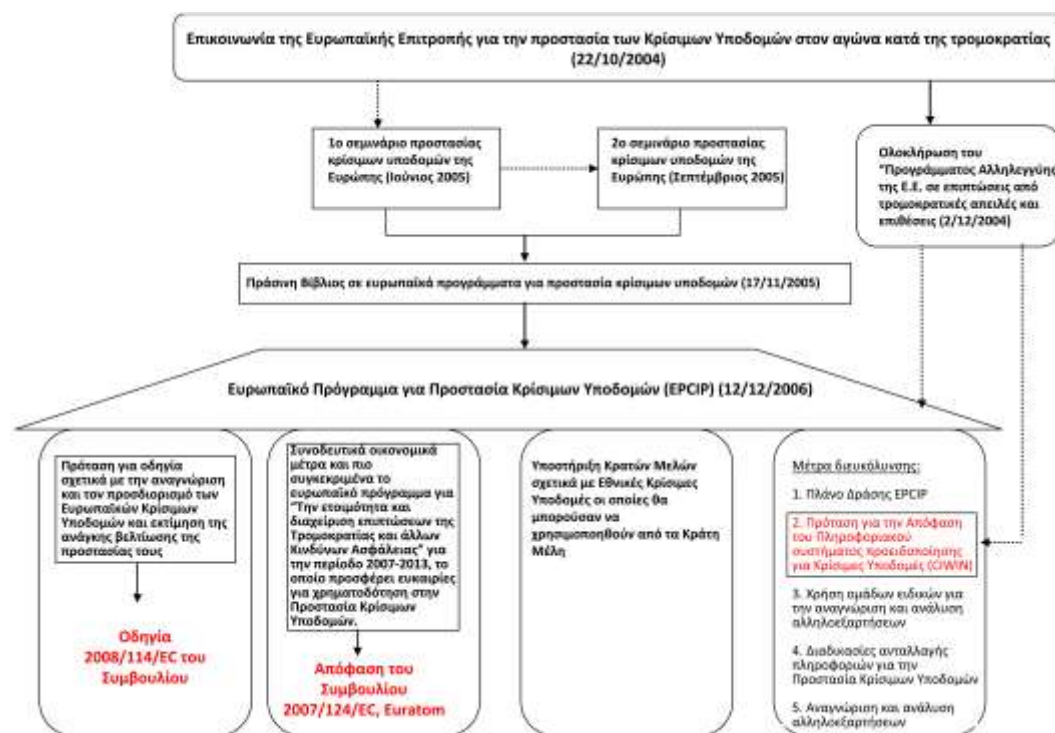
Στις 8 Δεκεμβρίου 2008, το Συμβούλιο υιοθέτησε την Οδηγία 2008/114/EK<sup>11</sup> για την αναγνώριση και τον προσδιορισμό των ευρωπαϊκών κρίσιμων υποδομών και την εκτίμηση της ανάγκης για βελτίωση της προστασίας. Τα δίκτυα μεταφορών αναγνωρίστηκαν ως μία από τις κρίσιμες υποδομές οι οποίες, εάν διαταραχθούν ή καταστραφούν, μπορούν να επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία, την ασφάλεια, την προστασία, την οικονομική ευημερία των πολιτών και την αποτελεσματική λειτουργία των κυβερνήσεων των κρατών-μελών. Η Οδηγία θέτει τις αρχές βάσει των οποίων τα κράτη-μέλη πρέπει να διασφαλίσουν την ύπαρξη ενός σχεδίου ασφάλειας του φορέα εκμετάλλευσης (Operator Security Plan-

---

<sup>10</sup>[http://ec.europa.eu/dgs/home-affairs/financing/fundings/security-and-safeguarding-liberties/terrorism-and-other-risks/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/dgs/home-affairs/financing/fundings/security-and-safeguarding-liberties/terrorism-and-other-risks/index_en.htm)

<sup>11</sup> Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection

OSP) ή ένα ισοδύναμο μέτρο για κάθε προσδιορισμένη ευρωπαϊκή κρίσιμη υποδομή. Η Οδηγία 2008/114/EK επισημαίνει ότι η πρωταρχική και απώτερη ευθύνη για την προστασία των ευρωπαϊκών κρίσιμων υποδομών ανήκει στα κράτη-μέλη και στους ιδιοκτήτες/φορείς εκμετάλλευσής αυτών των υποδομών.



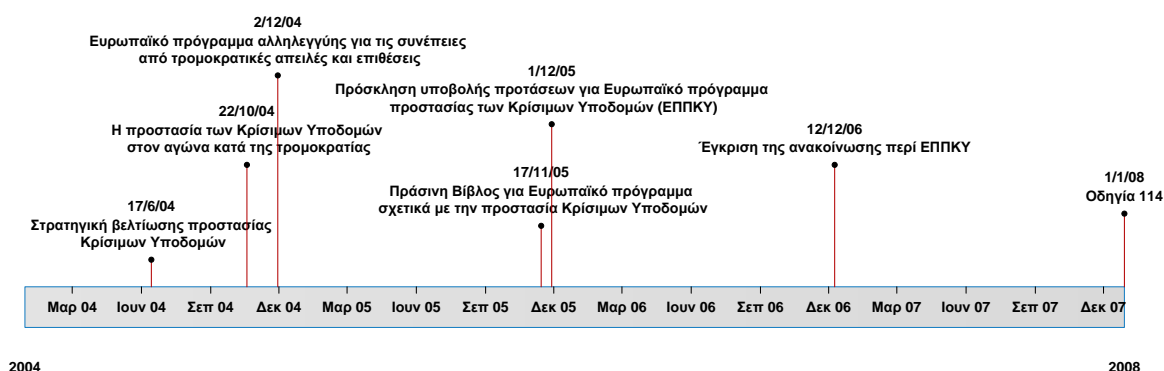
Εικόνα 1-7: Σύνοψη της επικοινωνίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την προστασία των κρίσιμων υποδομών

Τα προαναφερθέντα έγγραφα, όπως χρονολογικά συνοψίζονται στην Εικόνα 1-7 και Εικόνα 1-8, προσδιορίζουν την ανάγκη για μια καινοτόμα, ολιστική προσέγγιση για την ασφάλεια των κρίσιμων υποδομών εντός του νομικού πλαισίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών (EPCIP) και αντίστοιχα η Οδηγία 2008/114/EK θέτει το νομικό υπόβαθρο για κάθε προσπάθεια εύρεσης μιας λύσης. Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών παραπέμπει σε ένα ολιστικό πλαίσιο για τις δράσεις προστασίας των κρίσιμων υποδομών σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης βάσει μιας κοινά αποδεκτής προσέγγισης **όλων των τύπων κινδύνων αλλά παράλληλα δίνει προτεραιότητα στην αντιμετώπιση τρομοκρατικών και άλλων απειλών**. Η Οδηγία 2008/114/EK υιοθετήθηκε από κάθε κράτος-μέλος, διασφαλίζοντας την ύπαρξη ενός μέτρου, όπως το σχέδιο ασφάλειας του φορέα εκμετάλλευσής, για κάθε προσδιορισμένη ευρωπαϊκή

κρίσιμη υποδομή. Η Οδηγία 2008/114/EK και η προγραμματιζόμενη αναθεώρηση της<sup>12</sup> προσδιορίζει τις κρίσιμες υποδομές ως εξής:

Εγκαταστάσεις και δίκτυα ενέργειας	Μεταφορές (αεροδρόμια, λιμένες, διατροφικές εγκαταστάσεις, σιδηροδρομικά δίκτυα και δίκτυα μαζικής μεταφοράς, συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας)
Επικοινωνίες και πληροφορική τεχνολογία	Παραγωγή, αποθήκευση και μεταφορά επικίνδυνων αγαθών (π.χ. ΧΒΡΠ)
Οικονομία (τράπεζες, χρεόγραφα και επενδύσεις)	Κυβέρνηση (π.χ. Κρίσιμες υπηρεσίες, εγκαταστάσεις, δίκτυα πληροφοριών, στοιχεία και βασικές εθνικές τοποθεσίες και μνημεία)
Υγεία	Υδρευση (φράγματα, αποθήκευση, επεξεργασία και δίκτυα)
Τρόφιμα	

**Πίνακας 1-1: Προσδιορισμένες κρίσιμες υποδομές από την ΕΕ**



**Εικόνα 1-8: Χρονοδιάγραμμα πρωτοβουλιών ΕΕ**

## ΗΠΑ

Η Εθνική Πολιτική για την Προστασία Κρίσιμων Υποδομών στις ΗΠΑ καθορίζεται από το Homeland Security Presidential Directive (HSPD-7), που στοχεύει στην ενίσχυση της προστασίας των υποδομών με τη δημιουργία ενός πλαισίου συνεργασίας για τους φορείς που

<sup>12</sup> SWD(2012) 190 final, On The Review Of The European Programme For Critical Infrastructure Protection (EPCIP)

συνεργάζονται με το Τμήμα Εσωτερικής Ασφάλειας (Department of Homeland Security) να εντοπίσουν, ιεραρχήσουν και να προστατεύσουν τις κρίσιμες υποδομές στις κοινότητές τους από τρομοκρατικές επιθέσεις. Η οδηγία κατέδειξε 17 κρίσιμους τομείς και, για κάθε τομέα ένας συγκεκριμένος φορέας ανέλαβε την υποχρέωση να οδηγήσει τις διαδικασίες και δραστηριότητες για την προστασία και την ανθεκτικότητα των αντίστοιχων υποδομών. Το Εθνικό Πρόγραμμα Προστασίας των Υποδομών (National Infrastructure Protection Programme / NIPP<sup>13</sup>) αποτελεί το κύριο πλαίσιο υλοποίησης για την προστασία κρίσιμων υποδομών που παρέχει τις κατευθυντήριες γραμμές για την εφαρμογή του προγράμματος. Μεταξύ άλλων ενσωματώνει τις προσπάθειες για την προστασία των κρίσιμων υποδομών μέτρων σε διάφορους τομείς, καθορίζει τους ρόλους και τις ευθύνες των διαφόρων φορέων σε πολιτειακό και ομοσπονδιακό επίπεδο, αλλά και θέτει το πλαίσιο διαχείρισης επικινδυνότητας. Το πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας και αναγνώρισης απειλών περιγράφεται συνοπτικά στο κεφάλαιο 2.

### Ελλάδα

Σύμφωνα με το ΠΔ 39/2011 «Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/114/EK του Συμβουλίου της 8ης Δεκεμβρίου 2008 ‘σχετικά με τον προσδιορισμό και τον χαρακτηρισμό των ευρωπαϊκών υποδομών ζωτικής σημασίας, και σχετικά με την αξιολόγηση της ανάγκης βελτίωσης της προστασίας τους’», το Κέντρο Μελετών Ασφάλειας του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης και Προστασίας του Πολίτη ανέλαβε ως εθνικό σημείο επαφής για την εφαρμογή της οδηγίας 114/2008. Με το ΠΔ αυτό, θεσπίστηκε η διαδικασία προσδιορισμού και χαρακτηρισμού των ευρωπαϊκών υποδομών ζωτικής σημασίας (ΕΥΖΣ), καθώς και η προσέγγιση της αξιολόγησης της ανάγκης βελτίωσης της προστασίας των υποδομών αυτών προκειμένου να συμβάλλει στην προστασία του κοινού.

Ταυτόχρονα κάθε εθνική κρίσιμη υποδομή υποχρεούται να καταθέτει ολοκληρωμένα σχέδια ασφαλείας λειτουργίας (ΣΑΛ) που προσδιορίζουν τα περιουσιακά στοιχεία των ΕΥΖΣ και τα μέτρα ασφάλειας που υπάρχουν ή εφαρμόζονται για την προστασία τους. Ο παρακάτω Πίνακας παρουσιάζει τους τομείς υποδομών που εμπίπτουν στην Οδηγία αυτή.

---

<sup>13</sup> National Infrastructure Protection Plan, 2009, [http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/NIPP\\_Plan.pdf](http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/NIPP_Plan.pdf)



Τομέας	Υποτομέας	Παρατηρήσεις
I. Ενέργεια	1. Ηλεκτρική ενέργεια	Υποδομή και εγκαταστάσεις παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας
	2. Πετρέλαιο	Παραγωγή, δύλιση, επεξεργασία, αποθήκευση και διανομή πετρελαίου μέσω αγωγών
	3. Αέριο	Παραγωγή, δύλιση, επεξεργασία, αποθήκευση και διανομή αερίου μέσω αγωγών Τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ (υγροποιημένο φυσικό αέριο)
II. Μεταφορές	4. Οδικές μεταφορές 5. Σιδηροδρομικές μεταφορές 6. Αεροπορικές μεταφορές 7. Εσωτερικές πλωτές μεταφορές 8. Ωκεάνιες και θαλάσσιες μεταφορές και λιμένες	

**Πίνακας 1-2: Τομείς υποδομών που εμπίπτουν στην Οδηγία 114.**

### Γερμανία

Η έννοια της βασικής προστασίας των κρίσιμων υποδομών (Schutz Kritischer Infrastrukturen - Basisschutzkonzept) αναπτύχθηκε υπό την ευθύνη του Γερμανικού Ομοσπονδιακού Γραφείου Πολιτικής Προστασίας και Απόκρισης σε Καταστροφές και του Κέντρου Προστασίας Κρίσιμων Υποδομών (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe / Zentrum Schutz Kritischer Infrastrukturen). Εκδόθηκε στις 15 Δεκεμβρίου του 2005 και προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως κατευθυντήρια γραμμή για την εκτίμηση κινδύνων σε μεγάλες και μεσαίες επιχειρήσεις στους τομείς κρίσιμων υποδομών, με σκοπό την προστασία της ανθρώπινης ζωής μειώνοντας την ευπάθεια των κρίσιμων υποδομών σε φυσικά συμβάντα, περιστατικά που είναι απόρροια τεχνικών βλαβών ή ανθρώπινου λάθους και σε τρομοκρατικές επιθέσεις ή εγκληματικές ενέργειες.

### Ολλανδία

Η μέθοδος διαχείρισης της ασφάλειας DHM (De Haagse Methodiek – The Hague Method) αναπτύχθηκε από τους R.C. (Robert) Ackx LLM και H.C.A. (Bert) Duijndam Eng το 1987. Παρουσιάστηκε ως μάθημα διαχείρισης ασφάλειας στους φοιτητές του Πανεπιστημίου της Χάγης το 1992 και χρησιμοποιείται στο πιστοποιημένο μεταπτυχιακό μάθημα από το 1994.

Σκοπός ήταν να αναπτυχθεί μια μέθοδος εκτίμησης κινδύνων που θα βασίζεται στις αρχές διασφάλισης ποιότητας καθώς δεν υπήρχε ακόμα κάποια τέτοια διαδικασία εκείνη την εποχή στις Κάτω Χώρες. Η μέθοδος χρησιμοποιείται από την ολλανδική κυβέρνηση (π.χ. στρατιωτικές βάσεις και σωφρονιστικά ιδρύματα), σχεδόν από όλους τους τομείς των κρίσιμων υποδομών της εν λόγω χώρας (π.χ. πυρηνικά, χημικά, πόσιμο νερό) και τις ιδιωτικές επιχειρήσεις στις Κάτω Χώρες. Η μέθοδος DHM περιλαμβάνει μια φάση εκτίμησης κινδύνων (ονομάζεται Έλεγχος Εσωτερικής Ασφάλειας) καθώς και μια φάση διαχείρισης κινδύνων (ονομάζεται Πακέτο Διαχείρισης Ασφάλειας).

Ο οδηγός «Ορθές πρακτικές εκτίμησης κινδύνων» (Handreiking Risicoanalyse) δημοσιεύτηκε από το Εθνικό Κέντρο Κρίσιμων Υποδομών των Κάτω Χωρών (National Adviescentrum Vitale Infrastructuur – National Centre Critical Infrastructures). Το NAVI είναι το ολλανδικό κέντρο υποστήριξης των δραστηριοτήτων για την προστασία των κρίσιμων υποδομών. Το NAVI συνέταξε αυτό τον οδηγό το 2008 και τον αναθεώρησε το 2009. Προορίζεται να χρησιμοποιηθεί από τους διευθυντές ασφαλείας που είναι υπεύθυνοι για την ασφάλεια και τη διαχείριση κινδύνων στις κρίσιμες υποδομές. Ο οδηγός επικεντρώνεται στις απειλές κατά της ασφαλείας. Προορίζεται να χρησιμοποιηθεί από όλους τους ολλανδικούς τομείς κρίσιμων υποδομών και έχει ολιστική φύση.

#### Δανία

Το μοντέλο RVA (Ανάλυση Ευπάθειας και Κινδύνων) αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Διαχείρισης Έκτακτων Περιστατικών της Δανίας (DEMA) και κυκλοφόρησε το 2006. Το μοντέλο RVA προορίζεται κυρίως να χρησιμοποιηθεί ως γενικά εφαρμοστέο εργαλείο εθελοντικής χρήσης μεταξύ των κυβερνητικών αρχών. Ωστόσο, κατά βάση, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς που έχουν ευθύνη ετοιμότητας, τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα.

### **1.4 Σκοπός της διατριβής**

Η εκτίμηση επικινδυνότητας στις κρίσιμες υποδομές είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ασφαλή και συνεχή λειτουργία τους, καθώς και για την απομείωση απρόσκοπτων επιπτώσεων στις σύγχρονες κοινωνίες. Τα συστήματα κρίσιμων υποδομών, είναι ανοικτά στο ευρύ κοινό και για αυτό άμεσοι στόχοι τρομοκρατικών ομάδων. Σε πολλές περιπτώσεις η εκτίμηση επικινδυνότητας είναι για συγκεκριμένο σκοπό (ad-hoc), βασισμένη σε μεταφορά & προσαρμογή από μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν και εφαρμόζονται σε οργανισμούς με

διαφορετικό σκοπό λειτουργίας. Αυτή η διαδικασία προσθέτει σημαντικούς περιορισμούς ενώ η σημαντικότερη πρόκληση είναι η εισαγωγή της έννοιας της κλιμάκωση (cascading – domino effects), ώστε να είναι εφαρμόσιμη σε πολύπλοκα δίκτυα και συστήματα και να μπορούν να αντιμετωπίσουν πλήθος από διαφορετικές απειλές (ολιστική προσέγγιση). Τα κεφάλαια 2 & 3 παρέχουν μια συνολική βιβλιογραφική ανασκόπηση του πλαισίου της διατριβής.

Η αποτελεσματικότητα κάθε προτεινόμενης λύσης εστιάζεται στον συμβιβασμό μεταξύ του χρόνου και δεδομένων που είναι αναγκαία για ένα μοντέλο, και την δυνατότητα να αποτυπώνει την αντιμετώπιση κάθε είδους κινδύνου (π.χ. τρομοκρατία, οι φυσικές καταστροφές, τεχνητές απειλές) ,στο επίπεδο στο οποίο το αποτέλεσμα ανάλυσης πρέπει να τροφοδοτούν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η κρισιμότητα που χαρακτηρίζει την αλληλεξάρτηση μεταξύ υποδομών είναι η κύρια πρόκληση για αυτές τις μεθοδολογίες. Η προστασία των κρίσιμων υποδομών δεν μπορεί να εξετάζεται μόνο σε επίπεδο μονάδας καθώς η εκδήλωση απειλών μπορεί να επιφέρει ή να οδηγήσει σε μετάδοση περιστατικών ασφάλειας, εξαιτίας της αναπόφευκτης διασύνδεσης μεταξύ τους. Ιδιαίτερα σε ετερογενείς κρίσιμες υποδομές, όπου οι απαιτήσεις και κατά συνέπεια τα αντίμετρα, μπορεί να διαφέρουν, η εκδήλωση τέτοιων περιστατικών ενδέχεται να οδηγήσει στην εξάπλωση και μετάδοσή τους σε ολόκληρο το δίκτυο διασύνδεσης.

Η παρούσα διατριβή έχει σαν **βασικό στόχο την ανάπτυξη μιας κοινής και ολιστικής προσέγγισης για την εκτίμηση των κινδύνων, καλύπτοντας ανθρωπογενείς απειλές και φυσικά/τεχνολογικά περιστατικά, που θα συνδυάζονται με μεθόδους σχεδιασμού απόκρισης στα περιστατικά των διαφορετικών δικτύων μεταφοράς που μπορούν να εφαρμοστούν σε στρατηγικό επίπεδο, στις περιπτώσεις που ο κίνδυνος μπορεί να διαδοθεί μεταξύ των διασυνδεδεμένων δικτύων.** Η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση αποτελεί μια σημαντική αναβάθμιση σε σχέση με τις ημι-εμπειρικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται σε επιχειρησιακό επίπεδο καθώς και έχουν δοκιμαστεί σε μεγάλης κλίμακας γεγονότα.

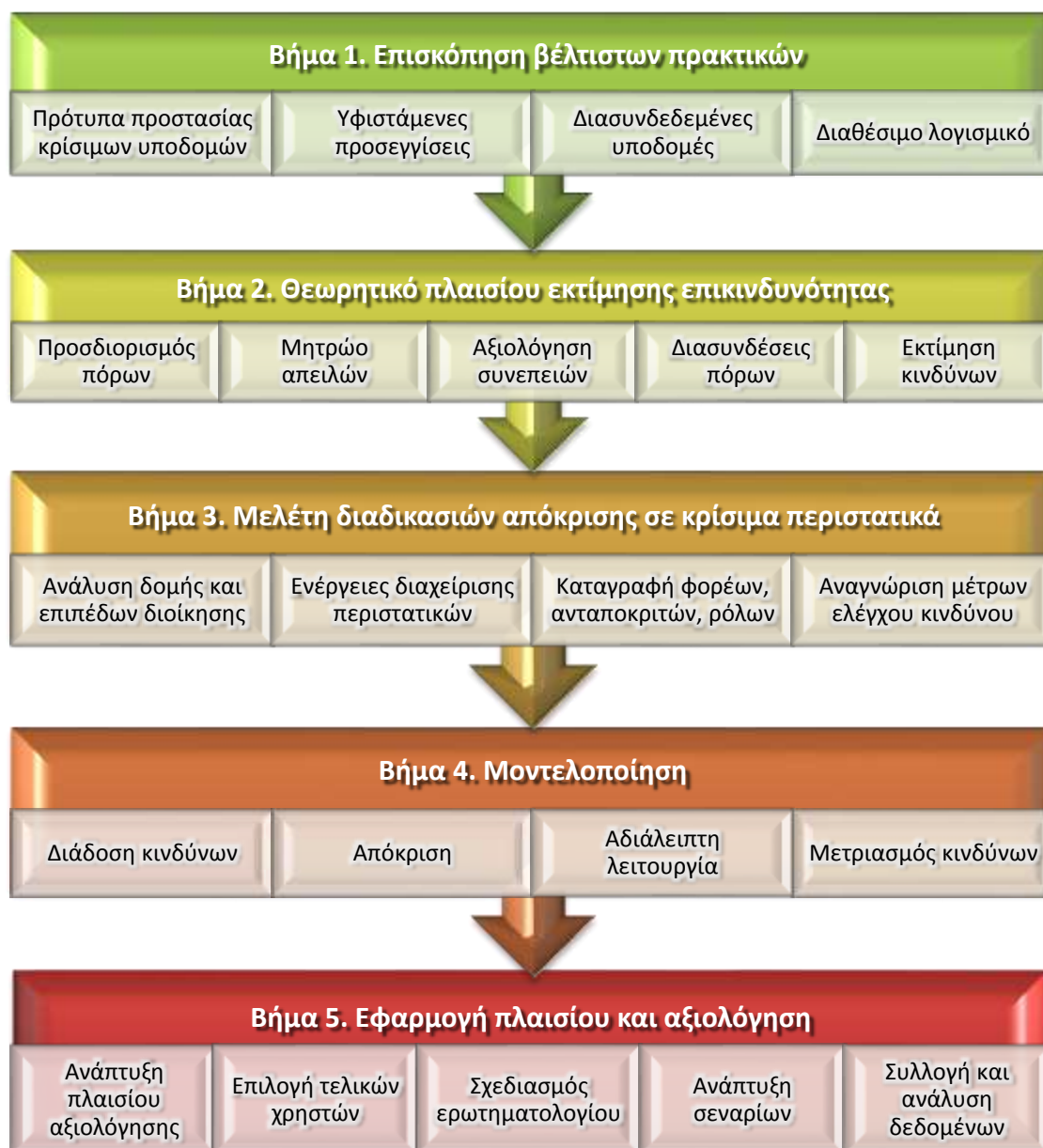
Η παρούσα διατριβή αποσκοπεί στην δημιουργία, επαλήθευση και δοκιμαστική εφαρμογή μιας ενοποιημένης και ολιστικής προσέγγισης εκτίμησης επικινδυνότητας για την προστασία κρίσιμων υποδομών σε στρατηγικό επίπεδο. Ο σημαντικότερος στόχος της προτεινόμενης ερευνητικής προσπάθειας είναι να κατανοήσει και στη συνέχεια να προσεγγίσει τον τρόπο με τον οποίο ετερογενείς κρίσιμες υποδομές διασυνδέονται, και την εξάπλωση της

επικινδυνότητας στο «δίκτυο των δικτύων» που συνθέτουν οι κρίσιμες υποδομές σε μια περιοχή.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία μελετά την ανάλυση κινδύνων από την πλευρά των φορέων εκμετάλλευσης των κρίσιμων υποδομών και απόκρισης σε περίπτωση ανάγκης ενώ δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη μείωση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων καθώς και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στη λειτουργία της υποδομής (business continuity). Αν και είναι ανεξάρτητη από τα χαρακτηριστικά της υποδομής, η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε ετερογενή και διασυνδεδεμένα δίκτυα μεταφορών, ενώ μπορεί άμεσα να επεκταθεί και σε άλλες κατηγορίες κρίσιμων υποδομών. Η συνεισφορά της παρούσας διατριβής συνοψίζεται ανα κεφάλαιο στο επόμενο κεφάλαιο.

## **1.5 Πτυχές καινοτομίας - Συνεισφορά**

Η βασική συνεισφορά της παρούσας διατριβής εντοπίζεται στην ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την εκτίμηση επικινδυνότητας σε ετερογενείς και διασυνδεδεμένες κρίσιμες υποδομές, το οποίο και αποτελεί μια ολιστική προσέγγιση για την ασφάλεια των υποδομών σε στρατηγικό επίπεδο. Η εφαρμογή του μοντέλου αυτού έγινε για ετερογενή και διασυνδεδεμένα δίκτυα. Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκε και επαληθεύτηκε το πλαίσιο, παρουσιάζεται μέσα από το ακόλουθο σχήμα:



**Εικόνα 1-9: Μεθοδολογία διατριβής**

Το προτεινόμενο πλαίσιο είναι απαύγασμα μιας συνδυαστικής προσέγγισης που δημιουργήθηκε, μέσα από μια ενδελεχή βιβλιογραφική επισκόπηση, (**Βήμα 1**) λαμβάνοντας κυρίως υπόψη τα ακόλουθα:

1. Υφιστάμενες ημι-εμπειρικές προσεγγίσεις ανάλυσης κινδύνων για τα συστήματα επίγειων μεταφορών,
2. Εκτίμηση επικινδυνότητας από φορείς λειτουργίας κρίσιμων υποδομών,
3. Αξιοποίηση και αναβάθμιση του επιτυχημένου προγράμματος ασφάλειας των Ολυμπιακών Αγώνων Αθήνα 2004, μέσω μιας ενοποιημένης μαθηματικής διατύπωσης.

Τα ανωτέρω πλαίσια αφορούν την εκτίμηση επικινδυνότητας σε μοναδιαίες κρίσιμες υποδομές, οι οποίες και θεωρούνται ότι είναι «ανεξάρτητες». Ο σημαντικότερος ίσως στόχος της διατριβής είναι η μετάβαση από την ανάλυση κινδύνων του δικτύου μιας υποδομής σε ένα ολιστικό πλαίσιο όπου το επίκεντρο είναι το «δίκτυο των δικτύων». Η προσέγγιση αυτή [1,2] έχει δοκιμαστεί σε ετερογενή και διασυνδεδεμένα δίκτυα επίγειων μεταφορών.

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο για την δημιουργία του μοντέλου εκτίμησης επικινδυνότητας (Βήμα 2). Η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση αναπτύσσεται σε διαδοχικά στάδια ξεκινώντας από τον καθορισμό των πόρων ενός δικτύου [6], δηλαδή αντικείμενα με συγκεκριμένους και εύκολα αναγνωρίσιμους ρόλους. Στους πόρους καθορίστηκαν τα χαρακτηριστικά, ανάλογα με το είδος και την χρησιμότητα τους στην λειτουργία του δικτύου, και σε συνδυασμό με τα γεω-χωρικά τους χαρακτηριστικά έγινε η εκτίμηση της σημαντικότητας τους στο δίκτυο και της τρωτότητας τους.

Η εκτίμηση της επικινδυνότητας, για κάθε καθορισμένο τύπο απειλής από το δυναμικό μητρώο απειλών, υπολογίζεται από τον «Πίνακα Κινδύνων», που εκτιμά την επικινδυνότητα από την πιθανότητα εμφάνισης της απειλής καθώς και τις συνέπειες που προκαλεί η εκδήλωση της [3]. Οι συνέπειες της απειλής βασίζονται στα ακόλουθα κριτήρια:

- Επιπτώσεις στο κοινό (πληγέντα πληθυσμό και απώλειες).
- Χρηματοοικονομικές επιπτώσεις (επίπεδο της οικονομικής απώλειας ή/και υποβάθμιση προϊόντων και υπηρεσιών).
- Επιπτώσεις στη φήμη και το κύρος του φορέα.
- Επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Κοινωνικές και ψυχολογικές επιπτώσεις.
- Αλυσιδωτές επιπτώσεις σε άλλες κρίσιμες υποδομές και περιστατικά που σχετίζονται μέσω της τεχνολογίας.
- Επιπτώσεις στο ίδιο το δίκτυο μεταφορών και στα διασυνδεδεμένα δίκτυα.

Το μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας συνδέθηκε με διαδικασίες ανταπόκρισης (Βήμα 3) και αδιάλειπτης λειτουργίας του πόρου που επηρεάστηκε, ενώ η μοντελοποίηση του ενσωματώθηκε στη διαδικασία εκτίμησης κινδύνων. Παράλληλα, στη διαδικασία αυτή προσαρμόστηκε προσδιορισμός των αντιμέτρων/αναβαθμίσεων ασφαλείας που θα απομειώσει το επίπεδο επικινδυνότητας [4].

Το προτεινόμενο πλαίσιο επικινδυνότητας ενσωματώνει και επιχειρησιακά θέματα που αφορούν την συνεργασία μεταξύ φορέων με διαφορετικές νομικές οντότητες και πλαίσια λειτουργίας, καθώς και η χρήση διαφορετικών μέσων και πόρων (Βήμα 3). Ειδικότερα, συνοψίζονται οι διαδικασίες που ακολουθούν οι φορείς απόκρισης σε περιστατικά ασφάλειας, καθώς και η βάση ενός συνολικού σχεδίου προστασίας κρίσιμων υποδομών που θα συμπληρώνει το μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας.

Στην συνέχεια (Βήμα 4) αναπτύχθηκε το μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας σε διασυνδεδεμένα και ετερογενή δίκτυα, δημιουργώντας το πλαίσιο μοντελοποίησης για την ανωτέρω προσέγγιση. Η κεντρική ιδέα εστιάζει στο ότι η απειλή που ξεκινά από έναν πόρο κάποιου δικτύου μεταφοράς, μπορεί να προκαλέσει διαφορετικές επιπτώσεις και επηρεάζει άλλα διασυνδεδεμένα δίκτυα ή/και πόρους δικτύων. Η μοντελοποίηση της προσέγγισης γίνεται με Μαρκοβιανού τύπου δεσμευμένες πιθανότητες, και εκτιμά την συνολική κατάσταση ενός πόρου του δικτύου μεταφοράς σαν συνάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση ή/και τις καταστάσεις των διασυνδεδεμένων πόρων [1,4]. Η μοντελοποίηση αυτή λαμβάνει υπόψη της και δυνητικά μέτρα απομείωσης της επικινδυνότητας (σαν ελάττωση στην πιθανότητα εμφάνισης, των συνεπειών) αλλά και της πιθανότητας μετάδοσης περιστατικού σε διασυνδεδεμένους πόρους.

Η εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου (Βήμα 5) πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του χρηματοδοτούμενου από την ΕΕ- έργου “Strategic Risk Assessment and Contingency Planning in Interconnected Transport Networks (STAR-TRANS – FP7 225594)”, σε δυο διακριτές εφαρμογές: για την περιοχή της Αθήνας [1,2,4,5] και της Μπολόνια (Ιταλία) και η αξιολόγηση του μέσα από ερωτηματολόγια σε δυνητικούς χρήστες της μεθοδολογίας.

Κεφάλαιο	Περιγραφή	Ερευνητική Συνεισφορά	Περιγραφή Συνεισφοράς
2	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας για την προστασία κρίσιμων υποδομών	-	Βιβλιογραφική επισκόπηση
3	Ανάλυση επικινδυνότητας σε συστήματα επίγειων μεταφορών	1,2,3,4,5	Θεωρητικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας σε επιγεια δίκτυα μεταφορών

4	Πόροι δικτύου μεταφοράς	6	Ανάλυση (χαρακτηριστικά, τρωτότητα) πόρων δικτύου μεταφορών
5	Πλαίσιο ανάλυσης επικινδυνότητας σε διασυνδεδεμένες κρίσιμες υποδομές	1,2,3,4	Θεωρητικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας, μοντελοποίηση επικινδυνότητας και διάδοσης κινδύνου σε ετερογενή δίκτυα
6	Διαδικασίες απόκρισης σε περιστατικά	2,3	Φορείς και διαδικασίες απόκρισης σε περιστατικά ασφάλειας, τρόποι απομείωσης επικινδυνότητας
7	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	1,2,3,4,5	Εφαρμογή και αξιολόγηση σε ανάλυση περιπτώσεων για Αθήνα και Μπολόνια

**Επιστημονικά περιοδικά με κριτές:**

1. G. Leventakis, A. Sfetsos, N. Moustakidis, V. Grizis, N. Nikitakos, The development of a strategic risk analysis framework for interconnected surface transportation systems, International Journal of Critical Infrastructures, Vol. 7, No. 3, pp. 177-199, 2011
2. G. Leventakis, A. Sfetsos, N. Moustakidis, V. Gkrizis, N. Nikitakos, A generic strategic risk analysis framework in interconnected transportation networks, Risk Management (Journal), 2013

**Διεθνή συνέδρια μετά από κρίση:**

3. G. Leventakis, A. Sfetsos, N. Moustakidis, S. Andronopoulos, A. Ramfos, D. Zisiadis, N. Nikitakos, V. Gkrizis, N. Athanasiadis, S. Tönjes, S. Kopsidas, A security risk analysis framework for interconnected transportation systems, 8th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management, ISCRAM2011, 8-11 May 2011, Lisbon, Portugal



4. George Leventakis, Athanasios Sfetsos, Nikolaos Moustakidis, Nikitas Nikitakos, A Risk Assessment Framework for Interconnected and Interdependent Surface Transport Networks, 26th IPMA World Congress on Project Management, Crete, 29-31/10/2012.
5. Dimitris Zisiadis, George Thanos, Spyros Kopsidas, George Leventakis, Vassilis Grizis, Leandros Tassioulas, STAR-TRANS Modeling Language (STML) Modeling Risk in the STAR-TRANS Risk Assessment Framework for Interconnected Transportation Systems, ISCRAM 2012 conference, Vancouver Canada 22-25 April 2012
6. Tönjes, S.; Leventakis, G., Automated identification of vulnerabilities and dependencies of interconnected transportation networks., HEUREKA `11 - Transport Optimization", CD-ROM : ; 16 - 17. March 2011 in Stuttgart /Germany, 2011 ISBN: 978-3-941790-72-8, 16 pp

## **1.6 Σύντομη περιγραφή της διατριβής**

Μετά την εισαγωγή στα θέματα κρίσιμων υποδομών στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται μια επισκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας ειδικά για τα συστήματα χερσαίων μεταφορών από ερευνητικής αλλά και επιχειρησιακής πλευράς και προχωρά βαθμιαία με σκοπό να εισάγει το προτεινόμενο πλαίσιο ανάλυσης κινδύνων.

Στη συνέχεια, το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει μια σύντομη περιγραφή της ανάλυσης κινδύνων στις κρίσιμες υποδομές καθώς και μια συνοπτική παρουσίαση της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Ακολουθεί το Κεφάλαιο 4, το οποίο αποτελεί μια συνοπτική μελέτη των πόρων δικτύου μεταφοράς και της κρισιμότητάς τους στην πραγματική λειτουργία ενός δικτύου.

Κατόπιν, το Κεφάλαιο 5 παρουσιάζει το προτεινόμενο πλαίσιο ανάλυσης κινδύνων και τον τρόπο μοντελοποίησης της διάδοσης των κινδύνων μεταξύ των διαφορετικών πόρων δικτύων ενώ το Κεφάλαιο 6 παρουσιάζει μια επισκόπηση των διαδικασιών απόκρισης σε περιστατικά και ένα καινοτόμο σύστημα φυσικής προστασίας για εκτεταμένα συστήματα χερσαίων μεταφορών.

Το Κεφάλαιο 7 παρουσιάζει το θεωρητικό πλαίσιο για την αξιολόγηση του προτεινόμενου πλαισίου ανάλυσης κινδύνων καθώς και δύο δοκιμαστικά σενάρια που εδραιώνουν την εγκυρότητα της προτεινόμενης προσέγγισης.

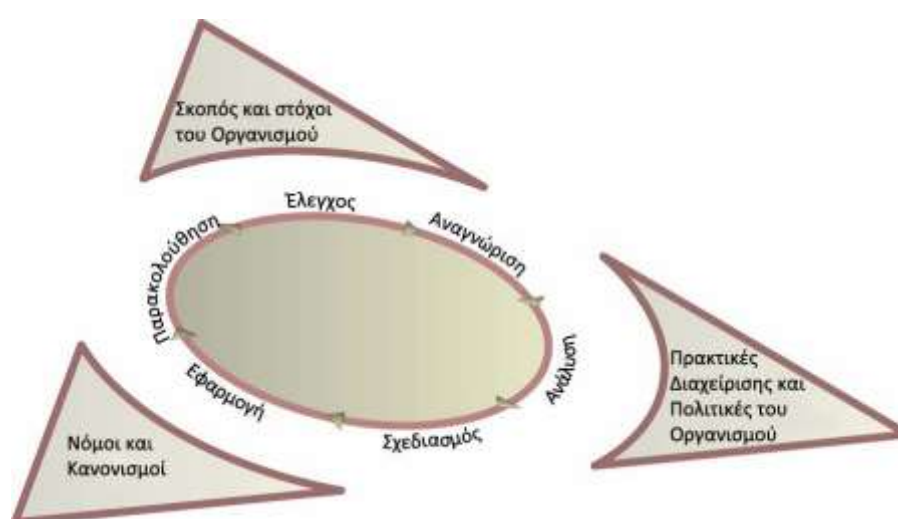
Τέλος, το Κεφάλαιο 8 περιέχει το συμπέρασμα της παρούσας διατριβής και παρουσιάζει ορισμένες σκέψεις/προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## 2 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας για την προστασία κρίσιμων υποδομών

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται βιβλιογραφική αναφορά των μεθόδων, των διαθέσιμων εργαλείων και του σχετικού κανονιστικού πλαισίου σε σχέση με την προστασία κρίσιμων υποδομών. Παρουσιάζονται παραδείγματα μεμονωμένων προσπαθειών που έχουν γίνει σε διάφορους τομείς κρίσιμων υποδομών καθώς και προσπάθειες που αφορούν στην ενοποιημένη ανάλυση διασυνδεδεμένων υποδομών. Τέλος, γίνεται αναφορά σε υφιστάμενα πληροφοριακά εργαλεία και λογισμικά που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό την ανάλυση κινδύνου και χρησιμοποιούνται για επιχειρησιακούς και ερευνητικούς σκοπούς.

### 2.1 Γενικευμένα Πρότυπα για την προστασία κρίσιμων υποδομών

Στην διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχουν πολλά πρότυπα, πρακτικές και μεθοδολογίες διαθέσιμες για την αντιμετώπιση των κινδύνων που απειλούν την ασφάλεια κρίσιμων υποδομών. Η κατάλληλη επιλογή για κάθε οργανισμό εξαρτάται από το σύνολο των νόμων και των κανονισμών, τους στόχους και τους σκοπούς, τις πρακτικές διαχείρισης και τις πολιτικές που ορίζουν τις παραμέτρους με τις οποίες πρέπει να συμφωνεί η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2-1 η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων σε έναν οργανισμό είναι μια συνεχής προσπάθεια που καλύπτει όλο το εύρος λειτουργίας και τους εργαζόμενους του.



Εικόνα 2-1: Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων εντός οργανισμού (Woody, 2006)

Ανεξάρτητα από το πλαίσιο εντός του οποίου εφαρμόζεται η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων, τα θεμελιώδη βήματα προς τη διαμόρφωση ενός ποσοτικά καθορισμένου πλαισίου εκτίμησης κινδύνων είναι τα ίδια: αναγνώριση, εκτίμηση και αντιμετώπιση. Το πρώτο και πιο σημαντικό βήμα στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων (Quantitative Risk Assessment- QRA) είναι η επεξεργασία των σεναρίων κινδύνου. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, ο αριθμός αυτών των σεναρίων είναι μεγάλος, και για αυτό το λόγο, το δεύτερο βήμα είναι το φιλτράρισμα και η ιεράρχηση των σεναρίων ανάλογα με τη σοβαρότητά τους, με βάση τις πιθανότητες και τις συνέπειες τους. Οι προτεινόμενες μεθοδολογίες για να γίνει αυτό συνοψίζονται παρακάτω:

Στις αρχές της δεκαετίας του '90, αναπτύχθηκε μια απλή προσέγγιση για την ποσοτική ανάλυση κινδύνων στη Νορβηγία, που ονομάστηκε Ανάλυση Κινδύνων και Ευπάθειας (Risk and Vulnerability Analysis - RVA)<sup>14</sup>, η οποία είναι αρκετά παρόμοια με την Προκαταρκτική Ανάλυση Κινδύνων (Preliminary Hazard Assessment). Μέθοδοι ανάλυσης κινδύνων, όπως η Πιθανοκρατική Ανάλυση Ασφάλειας (Probabilistic Safety Analysis) και Ποσοτική Ανάλυση Κινδύνων (Quantitative Risk Analysis), αποτελούν λεπτομερή πιθανοθεωρητικά και φυσικά μοντέλα. Αυτά τα μοντέλα απαιτούν περισσότερες γνώσεις και πόρους από ό,τι είναι συνήθως διαθέσιμα στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις και στο δημόσιο τομέα με αποτέλεσμα η λιγότερο απαιτητική Ανάλυση Κινδύνων και Τρωτότητας να έχει εξελιχθεί σε μια αρκετά διαδεδομένη προσέγγιση. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η Ανάλυση Κινδύνων και Τρωτότητας εφαρμόζεται ξεχωριστά σε διάφορες κρίσιμες υποδομές, αλλά όχι ως μια ενοποιημένη προσέγγιση για όλους τους τομείς περιλαμβανομένης και της αλληλεξάρτησης μεταξύ των διαφόρων υποδομών.

Στο άρθρο των Carr, Konda, Monarch, Walker και Ulrich (1993) ακολουθήθηκε μια διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων με έρευνα πεδίου που αποτελείται από μια σειρά συνεντεύξεων με ομάδες επιλεγμένου προσωπικού. Κάθε συνεδρία συνέντευξης αποτελείται από δύο μέρη:

1. Ερώτηση και απάντηση: Γίνεται χρήση ενός ερωτηματολογίου που περιέχει δοκιμαστικές ερωτήσεις ευαίσθητου περιεχομένου για την αναμόχλευση προβλημάτων, αποριών ή κινδύνων που ενδέχεται να ελλοχεύουν στην επιτυχή ολοκλήρωση του έργου.
2. Ανάλυση του ζητήματος: Αφορά τη διευκρίνιση της διατύπωσης και τη σημασία των ζητημάτων που προέκυψαν από τη φάση Ερώτηση/Απάντηση μέσω της ταξινόμησης

---

<sup>14</sup> DSB. Guidelines for community risk and vulnerability analyses (Veileder for kommunale risiko- og sårbarhetsanalyser (in Norwegian), 1994.

κινδύνων σε ομάδες σε επίπεδο κλάσης/στοιχείου. Όταν οι συμμετέχοντες ταξινομήσουν τα ζητήματα, τα αξιολογούν συναινετικά για να καθορίσουν ποια είναι κατά βάση ισοδύναμα. Στη συνέχεια τα ισοδύναμα ζητήματα συγχωνεύονται.

Οι Webler et al. (1995) περιέγραψαν μια μεθοδολογία κατάταξης κινδύνων μέσω ενός εκτεταμένου παραδείγματος που είχε σχέση με την υποδομή μιας δημόσιας υπηρεσίας (κεντρική κυβέρνηση) στο Νιού Τζέρσεϋ, ΗΠΑ. Επέδειξαν τον τρόπο με τον οποίο μπορούν οι προσεγγίσεις κατάταξης κινδύνων που βασίζονται στη συζήτηση να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στις ισχύουσες μεθοδολογικές προσεγγίσεις και παρουσίασαν μια ταξινόμηση η οποία καλύπτει την ουσιαστική ανάγκη για δημόσια συζήτηση σχετικά με τους κινδύνους.

Οι Morgan et al. (1999, 2000) προτείνουν μια μεθοδολογία κατάταξης σχεδιασμένη για χρήση από τις υπηρεσίες διαχείρισης κινδύνων, η οποία καλεί τις τακτικές δυνάμεις (taskforces) να ορίσουν και να κατηγοριοποιήσουν τους κινδύνους, καθώς και τα κριτήρια αξιολόγησης. Η κατάταξη υλοποιείται από τέσσερις ομάδες: διαχειριστές κινδύνου εντός και εκτός της εμπλεκόμενης υπηρεσίας, μια ομάδα κυβερνητικών λειτουργών για την διαχείριση κινδύνων και μια ομάδα τοπικών λειτουργών για την διαχείριση κινδύνων. Κάθε ομάδα κατάταξης θα ακολουθήσει δύο διαφορετικές διαδικασίες: (1) μια αναλυτική προσέγγιση με περιορισμούς και (2) μια ολιστική και αφαιρετική προσέγγιση. Τα αποτελέσματα στη συνέχεια θα πρέπει να συνδυαστούν ώστε να προκύψει η καλύτερη κατάταξη.

Οι Morgan et al. (2000) ασχολούνται με τα εγγενή προβλήματα κατά την ομαδοποίηση ενός μεγάλου αριθμού σεναρίων κινδύνων σε εύκολα διαχειριζόμενες κατηγορίες και υποστηρίζουν ότι αυτές οι κατηγορίες κινδύνων πρέπει να αξιολογούνται σε σχέση με ένα σύνολο κριτηρίων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν πρέπει να ληφθούν σοβαρές αποφάσεις συγκρίνοντας και κατατάσσοντας χιλιάδες συγκεκριμένους κινδύνους. Ο απώτερος χαρακτηρισμός κινδύνων θα πρέπει λογικά να είναι συνεπής, συμβατός με το διοικητικό πλαίσιο, ισόνομος και συμμορφούμενος με τους γνωστικούς φραγμούς και προκαταλήψεις.

Οι Baron et al. (2000) διεξήγαγαν αρκετές εκτενείς έρευνες εξειδικευμένων και μη μεθοδολογιών στην ανάλυση κινδύνων για να επαληθεύσουν τις προτεραιότητές τους σχετικά με την ατομική, επιχειρησιακή και κυβερνητική δράση για τη μείωση κινδύνων, λαμβάνοντας υπόψη τη σοβαρότητα του κινδύνου, τον αριθμό των εμπλεκόμενων ατόμων, την ανησυχία

και τις πιθανότητες ο κίνδυνος να έχει επιπτώσεις στα ίδια τα άτομα και σε άλλους. Ένα από τα σημαντικότερα πορίσματα της έρευνας «είναι ότι το ενδιαφέρον για δράση, σε ατομικό και κυβερνητικό επίπεδο, σχετίζεται άμεσα με την ανησυχία. Η ανησυχία, με τη σειρά της, επηρεάζεται κυρίως από τις πεποιθήσεις σχετικά με την πιθανότητα να συμβεί κάτι». Παράλληλα, αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία κατάταξης και φιλτραρίσματος κινδύνων με σκοπό να τεθεί προτεραιότητα στα αποτελέσματα των λειτουργιών αστοχίας και ανάλυσης επιπτώσεων (CRMES 1991, Haimes 1998). Αυτή η μεθοδολογία ιεράρχησης κινδύνων λαμβάνει υπόψη πολλαπλούς ποσοτικούς παράγοντες, όπως υπολογισμούς αξιοπιστίας, καθώς και ποιοτικούς παράγοντες, όπως γνώμες ειδικών (expert choice-rating) για την κρισιμότητα ορισμένων στοιχείων.

Οι Rinaldi, Peerenboom και Kelly 2001 εισήγαγαν την έννοια ότι οι κρίσιμες υποδομές είναι πολυ-επίπεδα διασυνδεδεμένες και αμοιβαία εξαρτώμενες με σύνθετους τρόπους, σε φυσικό επίπεδο αλλά και μέσω πληροφοριακών και επικοινωνιακών συστημάτων (τα λεγόμενα «κυβερνοσυστήματα»), κάτι που είναι περισσότερο από μια αφηρημένη θεωρητική έννοια. Αυτό φάνηκε ξεκάθαρα από τη βλάβη του δορυφόρου τηλεπικοινωνιών Galaxy 4 το 1998, το παρατεταμένο πρόβλημα ηλεκτροδότησης στην Καλιφόρνια, και πολλές άλλες πρόσφατες διαταραχές στις κρίσιμες υποδομές: όπου κάτι που συμβαίνει σε μια υποδομή μπορεί αμέσως να έχει επιπτώσεις σε άλλες υποδομές, σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές και εν τέλει να πλήξει την εθνική και παγκόσμια οικονομία. Στην περίπτωση της βλάβης του Galaxy 4, η απώλεια ενός και μόνο δορυφόρου τηλεπικοινωνιών οδήγησε σε διακοπή ρεύματος σχεδόν του 90% των συσκευών τηλεειδοποίησης σε όλη τη χώρα. Από πλευράς διασυνδεσιμότητας, επηρέασε και διάφορες τραπεζικές και χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, όπως αγορές με πιστωτική κάρτα και συναλλαγές σε ATM, ενώ απείλησε βασικά τμήματα του υπηρεσιών υγείας και αεροπορικών υπηρεσιών διαταράσσοντας την επικοινωνία με ιατρούς και εργαζόμενους στο χώρο της υγείας. Στην Καλιφόρνια, τα προβλήματα ηλεκτροδότησης στις αρχές του 2001 επηρέασαν την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, τα διυλιστήρια, τις μεταφορές καυσίμων τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και στις γειτονικές πολιτείες, αλλά και τα συστήματα άρδευσης που ποτίζουν τις καλλιέργειες από τις βόρειες μέχρι τις κεντρικές και νότιες περιοχές της πολιτείας.

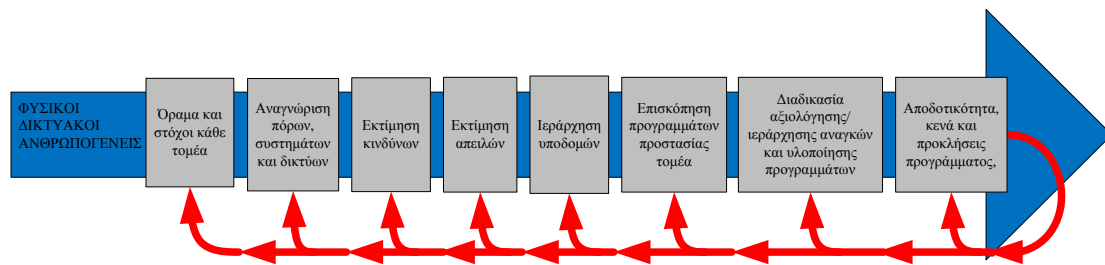
## **2.2 Ανάλυση επιλεγμένων πλαισίων εκτίμησης επικινδυνότητας κρίσιμων υποδομών**

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια εκτεταμένη ανάλυση ολοκληρωμένων μεθοδολογικών πλαισίων για την εκτίμηση της επικινδυνότητας που αφορούν είτε ολιστικές προσεγγίσεις ανεξάρτητα από την υποδομή που εφαρμόζονται είτε προσδιορίζονται με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Η ανάλυση δεν εστιάζεται σε δίκτυα μεταφορών, τα οποία και παρατίθενται αναλυτικά στο κεφ. 3.

### ***2.2.1 Πρότυπο Εκτίμησης Επικινδυνότητας από το Υπουργείο Εσωτερικής Ασφάλειας ΗΠΑ***

Μέχρι σήμερα, το αμερικανικό Υπουργείο Εσωτερικής Ασφάλειας έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο και ολιστικό ορισμό για την προστασία των κρίσιμων υποδομών ενέργειας. (Υπουργείο Εσωτερικής Ασφάλειας ΗΠΑ 2010). Παρόλο που αρχικά αναγνώρισε ότι δεν υπάρχει καμία ενιαία μεθοδολογία για την εκτίμηση κινδύνων που είναι καθολικά εφαρμοστέα, δεδομένης της ποικιλομορφίας των πόρων και των συστημάτων στον κάθε τομέα, και δυνητικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πάρα πολλές μεθοδολογίες για την εκτίμηση κινδύνων, απειλών, ευπάθειας και συνεπειών. Η ανάλυση απειλών του κάθε τομέα πρέπει να είναι «ολιστική» και να περιλαμβάνει φυσικά συμβάντα, εγκληματικές ενέργειες και απειλές εκ των έσω, καθώς και ξένη και εγχώρια τρομοκρατία. Προς το παρόν, χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία για την εκτίμηση της ευπάθειας τα οποία έχουν εφαρμοστεί επιχειρησιακά στην πλειονότητα των σημαντικών εγκαταστάσεων.

Καθώς ο τομέας χαρακτηρίζεται από πολύ διαφορετικά συστήματα και πόρους, η ιεράρχηση των οποίων εξαρτάται κατά πολύ από απειλές και συνέπειες που διαρκώς μεταβάλλονται. Η σημασία πολλών μεμονωμένων πόρων για την ασφάλεια και την αδιάλειπτη λειτουργία κάποιου δικτύου εξαρτάται από την τοποθεσία, την ώρα, την ημέρα και την εποχή του χρόνου. Οι ιδιοκτήτες και οι διαχειριστές των πόρων του τομέα ενέργειας για παράδειγμα, είτε αφορά πετρέλαιο, είτε φυσικό αέριο είτε ηλεκτρισμό, έχουν ολοκληρωμένες τομεακές διαδικασίες για να αναγνωρίζουν τις προτεραιότητες και να διασφαλίζουν την αδιάλειπτη επιχειρησιακή λειτουργία και τη λειτουργική αξιοπιστία του. Ως εκ τούτου, η ιεράρχηση των πόρων και των συστημάτων στον τομέα πρέπει να είναι ευέλικτη ανάλογα με τις περιστάσεις.



Εικόνα 2-2: Σχέδιο Προστασίας Εθνικών Υποδομών ΗΠΙΑ<sup>15</sup>

Αναλυτικά στοιχεία της κάθε φάσης

**i. Όραμα και στόχοι κάθε τομέα**, που επικεντρώνονται σε:

*Κοινή χρήση πληροφοριών για επίτευξη ισχυρής επίγνωσης της κατάστασης (situational awareness) εντός του κάθε τομέα μέσω ανταλλαγής επίκαιρων, αξιόπιστων και ασφαλών πληροφοριών μεταξύ έμπιστων εταίρων του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα.*

*Φυσική ασφάλεια και κυβερνοασφάλεια, χρήση ορθών αρχών διαχείρισης κινδύνων για την εφαρμογή φυσικών και ηλεκτρονικών μέτρων προφύλαξης που βελτιώνουν την ετοιμότητα, την ασφάλεια και την αντοχή.*

*Συντονισμός και σχεδιασμός. (α) Διεξαγωγή διεξοδικού σχεδιασμού περιστατικών επειγόντων συμβάντων, καταστροφών, και εκτάκτων καταστάσεων με σκοπό τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της ανταπόκρισης. (β) Σαφής ορισμός και διευκρίνιση των ρόλων και των αρμοδιοτήτων μεταξύ ομοσπονδιακών, πολιτειακών, τοπικών και ιδιωτικών εταίρων και συνεργασία για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και του συντονισμού. (γ) Κατανόηση των αλληλεξαρτήσεων και συνεργασία με άλλους τομείς για την αντιμετώπισή τους και ενσωμάτωση αυτής της γνώσης στο σχεδιασμό και στη λειτουργία.*

*Λειτουργικές σχέσεις μεταξύ φορέων, Ενδυνάμωση της σχέσης μεταξύ των εμπλεκόμενων δημοσίων ιδιωτικών φορέων αναφορικά με τη δυνατότητα διαχείρισης και εφαρμογής αποτελεσματικών διαδικασιών για την ασφάλεια, αξιοπιστία και αποκατάσταση.*

**ii. Αναγνώριση πόρων, συστημάτων και δικτύων**, και καθορισμός κρισιμότητας

*Φυσικές και χωροταξικές ιδιότητες, που είναι ουσιαστικός παράγοντας για την ανάπτυξη στρατηγικών για τις αναγνώριση συνεπειών, την ευπάθεια και την προστασία.*

*Ιδιότητες κυβερνοχώρου, που βοηθούν στην αξιολόγηση των συνεπειών και την ευπάθεια και να αναπτύξει στρατηγικές κυβερνοασφάλειας. Τα ηλεκτρονικά συστήματα στον*

<sup>15</sup> U.S. Department of Homeland Security. Energy Sector-Specific Plan: An Annex to the National Infrastructure Protection Plan, 2010.

κυβερνοχώρο, που συνδέουν και βοηθούν στην παρακολούθηση και τον έλεγχο των συστημάτων λειτουργίας των κρίσιμων υποδομών (SCADA), αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως πιθανά σημεία ευπάθειας <sup>16</sup>.

*Ικανότητα παραγωγής*, που σχετίζονται με την δυνατότητα του δικτύου να επιτελέσει το συγκεκριμένο έργο και βοηθούν να οριστεί η έκταση της ζημιάς, ανάλογα με την χρήση των διαθέσιμων δυνατοτήτων του συστήματος όπου ενδέχεται να περιορίζεται η δυνατότητα του συστήματος.

*Ανθρώπινο δυναμικό*, εξαιρετικά εκπαιδευμένο και καταρτισμένο προσωπικό αποτελούν βασικό παράγοντα σε ένα περιεκτικό σχέδιο ασφάλειας του κάθε τομέα κρίσιμων υποδομών. Η διαθεσιμότητα του καταρτισμένου και έμπειρου τεχνικού προσωπικού καθώς και η διατήρηση της απαραίτητης τεχνικής γνώσης είναι σημαντική για τη διατήρηση της ασφάλειας, της αξιοπιστίας και της προστασίας του τομέα.

*Σημασία ενός πόρου ή συστήματος στο δίκτυο*. Η διαταραχή ενός συγκεκριμένου αγωγού αερίου ή μιας εγκατάστασης αποθήκευσης θα μπορούσε να επηρεάσει τη δυνατότητα αναριθμητων πόρων για αδιάλειπτη λειτουργία, πράγμα που θα μπορούσε στην συνέχεια να επηρεάσει άλλες κρίσιμες υποδομές όπως ενέργεια, τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ), εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, εγκαταστάσεις μεταφορών.

### **iii. Εκτίμηση κινδύνων**

Όπως ορίστηκε, ο κίνδυνος είναι το μέτρο της πιθανής ζημιάς που περιλαμβάνει εκτίμηση για την απειλή, ευπάθεια και συνέπεια

$$\text{Risk (R)} = f(\text{C, T, V})$$

όπου ο κίνδυνος του πόρου είναι μια συνάρτηση των πιθανών συνεπειών (C) μιας διαταραχής ή μιας επιτυχούς επίθεσης, της πιθανότητας διαταραχής ή επίθεσης στον πόρο (συχνά αναφερόμενη ως απειλή (T) ή ελκυστικότητα του πόρου ενώ η ευπάθεια του πόρου (V) σε μια διαταραχή ή επίθεση.

**Εκτίμηση συνεπειών.** Οι πιθανές φυσικές συνέπειες και συνέπειες στον κυβερνοχώρο οποιουδήποτε περιστατικού περιλαμβανομένης της τρομοκρατικής επίθεσης και των φυσικών ή ανθρωπογενών καταστροφών, αποτελούν πρωταρχικούς παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν στην εκτίμηση κινδύνου. Σε αυτό το πλαίσιο, οι συνέπειες ενός κινδύνου αξιολογούνται ως η έκταση της απώλειας ή της καταστροφής που είναι αναμενόμενη. Οι

---

<sup>16</sup> <http://www.enisa.europa.eu/activities/Resilience-and-CIIP/critical-infrastructure-and-services/scada-industrial-control-systems>



συνέπειες που λαμβάνονται υπόψη για τη συγκριτική εκτίμηση κινδύνων σε εθνικό επίπεδο βασίζονται σε ένα σύνολο κριτηρίων που χωρίζεται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- i. *Επιπτώσεις στον άνθρωπο.* Επιπτώσεις στη ζωή των ανθρώπων και στη φυσική τους υγεία (π.χ. θνησιμότητα, τραυματισμοί).
- ii. *Οικονομικές επιπτώσεις.* Έμμεσες και άμεσες επιπτώσεις στην οικονομία (π.χ. κόστος από τη διακοπή παροχής προϊόντων ή υπηρεσιών, κόστος απόκρισης και αποκατάστασης, κόστος ανάκτησης ενός πόρου και μακροπρόθεσμο κόστος λόγω περιβαλλοντικής καταστροφής).
- iii. *Επιπτώσεις στη δημόσια εικόνα.* Επιπτώσεις στο ηθικό των πολιτών και στην εμπιστοσύνη τους προς τους εθνικούς οικονομικούς και πολιτικούς θεσμούς.
- iv. *Επιπτώσεις σε πολιτικό επίπεδο.* Επιπτώσεις στη δυνατότητα της κυβέρνησης να διατηρεί την τάξη, να προσφέρει κατ' ελάχιστον ζωτικές δημόσιες υπηρεσίες, να διασφαλίζει τη δημόσια υγεία και ασφάλεια και να φέρνει σε πέρας εθνικές αποστολές που σχετίζονται με την ασφάλεια.

Μια εκτίμηση όλων των κατηγοριών των συνεπειών μπορεί να εκτείνεται πέρα από τις δυνατότητες που διατίθενται για μια δεδομένη ανάλυση κινδύνου. Σε κάποιες υποδομές, π.χ. ενέργεια, αυτές δεν σχετίζονται άμεσα με την πιθανότητα μαζικών απωλειών, αλλά μπορεί να έχουν σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία και την εθνική ασφάλεια. Ωστόσο, η ύπαρξη εφεδρικών εγκαταστάσεων για τις κρίσιμες λειτουργίες του δικτύου και η γενική ανθεκτικότητα του συστήματος ελαχιστοποιούν την πιθανότητα τέτοιων συνεπειών. Η πολυπλοκότητα, η ποικιλομορφία και η διασυνδεσιμότητα υπαγορεύουν την ανάγκη για εκτίμηση των συνεπειών σε πολλά διαφορετικά επίπεδα:

- Επίπεδο πόρου και εγκατάστασης.
- Επίπεδο συστήματος, τομέα και αστικής περιοχής.
- Περιφερειακό ή/και εθνικό επίπεδο.

Αυτές οι εκτιμήσεις πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα διάφορα είδη αλληλεξάρτησης (φυσικές, συστημικές κλπ) τόσο εντός του κάθε τομέα κρίσιμων υποδομών αλλά και μεταξύ άλλων κρίσιμων τομέων σε όλα τα επίπεδα. Επιπλέον αυτή η αλληλεξάρτηση μπορεί να έχει εθνικές, περιφερειακές, πολιτειακές ή/και τοπικές επιπτώσεις και θεωρείται ουσιώδες συστατικό μιας περιεκτικής μελέτης για τη φυσική και συστημική ευπάθεια.

#### **iv. Εκτίμηση απειλών**

Η ανάλυση απειλών του τομέα περιλαμβάνει φυσικά συμβάντα, κυβερνοασφάλεια, εγκληματικές ενέργειες και απειλές εκ των έσω, καθώς και ξένη και εγχώρια τρομοκρατία.

Τα φυσικά συμβάντα συνήθως αντιμετωπίζονται ως μέρος της απόκρισης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και του σχεδιασμού αδιάλειπτης επιχειρησιακής λειτουργίας. Στο πλαίσιο της εκτίμησης κινδύνων, το στοιχείο της απειλής υπολογίζεται βάσει της πιθανότητας ότι ένας πόρος θα διαταραχθεί ή θα δεχτεί επίθεση. Αυτές οι πληροφορίες είναι σημαντικές για τη διεξαγωγή εποικοδομητικής εκτίμησης της ευπάθειας και των κινδύνων. Συνεπώς, οι σχετικές και έγκαιρες πληροφορίες για τυχόν απειλές πρέπει να διαβιβάζονται άμεσα.

Ο οργανισμός HITRAC (Homeland Infrastructure Threat and Risk Analysis Center) παρουσιάζει μια σειρά προτάσεων που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό ασφάλειας:

- Απλά σενάρια απειλών, που παρουσιάζουν μεθόδους και τακτικές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε επιθέσεις κατά υποδομών.
- Εκτίμηση του γενικού περιβάλλοντος απειλών, που περιλαμβάνει πληροφορίες γνωστών τρομοκρατικών απειλών και μακροπρόθεσμες στρατηγικές εκτιμήσεις και αναλύσεις τάσης αναδύμενων απειλών για κρίσιμες υποδομές του τομέα.
- Πληροφορίες για συγκεκριμένες απειλές που αφορούν συγκεκριμένες κρίσιμες υποδομές, λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο και ενεργοποιούν συγκεκριμένα μέτρα για τη μείωση της απειλής.
- Εκθέσεις που αναλύουν τις ύποπτες δραστηριότητες που αναφέρθηκαν κοντά στις εγκαταστάσεις.
- Πληροφορίες για εγχώριες και ξένες ηλεκτρονικές απειλές, δεδομένου ότι όλο και περισσότερο ότι έχουν δυναμική να στοχεύσουν κρίσιμες υποδομές.
- Η συζήτηση των πιθανών απειλών μεγάλης κλίμακας αλλά μικρής συχνότητας (High Impact Low Frequency - HILF), όπως ο ηλεκτρομαγνητικός παλμός (EMP) που προκαλείται από τα πυρηνικά όπλα ή τις ηλιακές/γεωμαγνητικές πηγές, πιθανές συντονισμένες φυσικές επιθέσεις ή επιθέσεις στον κυβερνοχώρο ή για πανδημία μεγάλης κλίμακας.

#### **v. Εκτίμηση ευπάθειας**

Οι ευπάθειες είναι χαρακτηριστικά ενός πόρου, συστήματος ή «σχεδίου» ενός δικτύου, μιας τοποθεσίας, μιας θέσης ασφάλειας, μιας διαδικασίας ή λειτουργίας που το καθιστούν τρωτό σε καταστροφή ή αχρήστευση ή εκμετάλλευση από μηχανικές βλάβες, φυσικούς κινδύνους, τρομοκρατικές επιθέσεις ή άλλες κακόβουλες ενέργειες. Η εκτίμηση της ευπάθειας εντοπίζει περιοχές αδυναμίας που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε συνέπειες που έχουν σημασία, λαμβάνοντας υπόψη τις εγγενείς δομικές αδυναμίες, τα προστατευτικά μέτρα, την ανθεκτικότητα και τα εφεδρικά συστήματα. Διαχρονικά, ο κάθε τομέας κρίσιμων υποδομών έχει προνοήσει για την ανάπτυξη και την εφαρμογή μεθοδολογιών εκτίμησης της ευπάθειας

που είναι προσαρμοσμένες στους πόρους και στα συστήματά του. Ωστόσο, κανένα απλό εργαλείο ή μεθοδολογία εκτίμησης της ευπάθειας δεν μπορεί να είναι καθολικά εφαρμόσιμο. Ο αριθμός των εργαλείων που χρησιμοποιούνται είναι μεγάλος και η πλειονότητα των σημαντικών εγκαταστάσεων έχει ήδη αξιολογηθεί με βάση ένα ή περισσότερα από αυτά τα εργαλεία.

#### **vi. Ιεράρχηση υποδομών**

Η σημασία πολλών μεμονωμένων στοιχείων σε ένα δίκτυο εξαρτάται ισχυρά από τις χωρικές και χρονικές ιδιότητες όπως και από πολλές άλλες μεταβλητές. Οι φορείς εκμετάλλευσης και λειτουργίας των κρίσιμων υποδομών διαθέτουν διαδικασίες ελέγχου που εντοπίζουν τις εσωτερικές προτεραιότητες που σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας και την αξιοπιστία των παρεχόμενων υπηρεσιών για να διασφαλίσουν την αδιάλειπτη λειτουργία τους. Από πλευράς δικτύου, τα κύρια συστήματα έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν με ενσωματωμένα εφεδρικά συστήματα και εναλλακτικούς τρόπους ώστε να διασφαλίζεται ένας ελάχιστος αποδεκτός βαθμός αξιοπιστίας και ανθεκτικότητας. Τα κριτήρια σχεδιασμού της βιομηχανίας υποθέτουν ότι μια τοπική περιοχή του δικτύου μπορεί να λειτουργήσει ακόμα κι αν ένας από τους πόρους της βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Εκτός αυτού, κατά τη διάρκεια απρόβλεπτων συμβάντων, η βιομηχανία παρέχει αμοιβαία βοήθεια ως απόκριση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και έγκαιρης αποκατάστασης.

Η σημασία των πόρων κάθε τομέα, τόσο σε φυσικό όσο και σε ηλεκτρονικό επίπεδο, επηρεάζεται από απειλές και συνέπειες που διαρκώς μεταβάλλονται. Η ιεράρχηση των πόρων και των συστημάτων είναι δυναμική επειδή αλλάζει διαρκώς η μορφή και η ένταση των απειλών. Η στατική, χωρίς διαρκή αναθεώρηση, ιεράρχηση των πόρων θα μπορούσε να οδηγήσει στη λήψη κρίσιμων αποφάσεων βάσει ξεπερασμένων ή λανθασμένων πληροφοριών για τους πόρους, σε μια προσπάθεια να γίνει κατάλληλη αξιοποίηση των περιορισμένων διαθέσιμων πρώτες ύλες (resources) σε πόρους (assets), συστήματα και δίκτυα των οποίων η λειτουργία μπορεί να θεωρηθεί κρίσιμη ανά πάσα στιγμή.

#### **vii. Επισκόπηση προγραμμάτων προστασίας**

Η αξιολόγηση των υπαρχόντων προγραμμάτων προστασίας και στρατηγικών εξασφάλισης είναι διαρκής προκειμένου να αναπτυχθεί περαιτέρω και να υποστηριχτούν νέα προγράμματα που μειώνουν αποτελεσματικά την ευπάθεια των κρίσιμων υποδομών. Η γενική στρατηγική επικεντρώνεται στις προσπάθειες που υποστηρίζουν:

1) απρόσκοπτη παροχή των υπηρεσιών και λειτουργιών μέσω αξιόπιστης διακίνησης της πληροφορίας

- 2) αποτελεσματική φυσική και ηλεκτρονική ασφάλεια
- 3) συντονισμένες προσπάθειες αντιμετώπισης κρίσιμων καταστάσεων.

#### **viii. Διαδικασία αξιολόγησης/ιεράρχησης αναγκών και υλοποίησης προγραμμάτων**

Η διαδικασία για την ανάπτυξη και την υλοποίηση αποτελεσματικών μέτρων προστασίας έχει τρεις φάσεις:

- 1) προσδιορισμό αναγκών, που βασίζεται στη διακίνηση της πληροφορίας και στη συνεργασία για τον καθορισμό των αναγκών της ασφάλειας
- 2) ανάπτυξη αντίστοιχων διαδικασιών, η οποία αντλεί γνώση από αποτελεσματικές πρακτικές που ήδη χρησιμοποιούνται από τον τομέα σε ερευνητικά αποτελέσματα
- 3) καθορισμός διαχρονικής στρατηγικής λύσεων, που αντιμετωπίζει τις ανάγκες έρευνας και ανάπτυξης βρίσκοντας μακροπρόθεσμες τεχνολογικές λύσεις για την προστασία και τη βελτίωση της ανθεκτικότητας των φυσικών πόρων, των συστημάτων ελέγχου ενέργειας και των σχετικών ηλεκτρονικών συστημάτων.

#### **ix. Αποδοτικότητα, κενά και προκλήσεις προγράμματος,**

Στο χώρο της πρόληψης, οι προτάσεις περιλαμβάνουν:

- Βελτίωση της ανάλυσης του προφίλ απειλών (εγχώριες και διεθνείς)
- Προαγωγή ευρύτερης διάδοσης των προϊόντων ανάλυσης
- Καθιέρωση αναφοράς ύποπτων δραστηριοτήτων
- Διακίνηση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο
- Ανάπτυξη μιας περιεκτικής προσέγγισης απειλών εκ των έσω

Στο χώρο της ελαχιστοποίησης της ευπάθειας, οι προτάσεις περιλαμβάνουν:

- Ενθάρρυνση μιας πιο περιεκτικής ανάλυσης και μοντελοποίησης, περιλαμβανομένων των εξαρτήσεων/αλληλεξαρτήσεων, κοινών στοιχείων τα οποία μπορεί να υποστούν βλάβη, και των ευπαθειών που υπάρχουν σε επίπεδο συστήματος.
- Βελτίωση της ευρωστίας και της ανθεκτικότητας του συστήματος.
- Μελέτη προσεγγίσεων για τη μείωση του φόρτου που μπορεί να δημιουργηθεί σε στοιχεία, ανταλλακτικά και στην αλυσίδα παραγωγής.
- Κατασκευαστική ασφάλεια κτιρίων και φυσική ασφάλεια απομακρυσμένων συσκευών.
- Υποβοήθηση κατανεμημένης παραγωγής ενέργειας και ανάλυση των πιθανών επιπτώσεων και επιπλοκών.

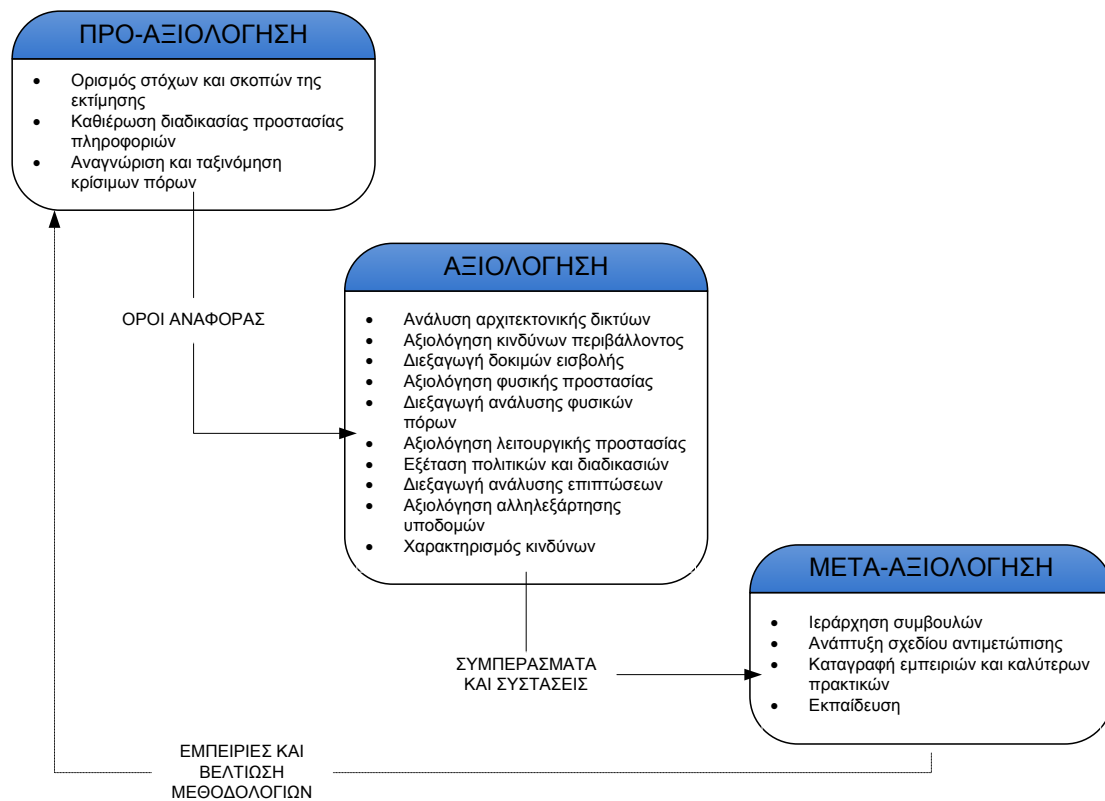
Στο χώρο της αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, οι προτάσεις περιλαμβάνουν:

- Περαιτέρω ανάπτυξη βελτιωμένης επίγνωσης/παρακολούθησης της κατάστασης
- Μελέτη της δυνατότητας απόκρισης σε περιστατικά υπερφόρτισης του τομέα ενέργειας (εξοπλισμός και προσωπικό)
- Υπογραφή συμφωνιών φορέων παροχής κοινωνικών αγαθών (Memorandum Of Understanding – MoU)
- Προαγωγή της δημόσιας εικόνας και επικοινωνιακής διαχείρισης κινδύνων

### **2.2.2 Διαδικασία εκτίμησης της ευπάθειας κρίσιμων υποδομών**

Το US Department of Energy (DoE, σύμφωνα με Radvanovsky και McDougall, 2008) παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία εκτίμησης της ευπάθειας κρίσιμων υποδομών που φαίνεται συνοπτικά στην Εικόνα 2-3 (Radvanovsky and McDougall). Όπως προκύπτει, η μεθοδολογία χωρίζεται σε τρεις βασικές φάσεις: προαξιολόγηση, αξιολόγηση και μεταγενέστερη αξιολόγηση. Κάθε φάση αποτελείται από μια σειρά στοιχείων ή εργασιών που έχουν σχεδιαστεί για την εκτίμηση της ευπάθειας η οποία εκτελείται από ομάδες ειδικών. Τα διδάγματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της ενσωματώθηκαν και χρησιμοποιούνται για να βελτιωθεί, όποτε αυτό είναι εφικτό και να επεκταθεί η μεθοδολογία. Τα συγκεκριμένα στοιχεία ή εργασίες που σχετίζονται με κάθε φάση εκτίμησης μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να καλύψουν συγκεκριμένους στόχους. Παρόλο που η μεθοδολογία έχει ενσωματώσει μοναδικά στοιχεία που απαιτούν άτομα με ειδική τεχνογνωσία των ειδικών, η μεθοδολογία μπορεί να προσαρμοστεί και σε ατομικό επίπεδο.

Για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας έχει μελετηθεί ένας αριθμός τεχνικών, μεθόδων και προσεγγίσεων εκτίμησης που χρησιμοποιούνται από άλλους οργανισμούς του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Αυτή περιλαμβάνει πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί μέσω ανοιχτής βιβλιογραφίας, παρουσιάσεων, οδηγιών και συζητήσεων. Επιπλέον, τα στοιχεία της μεθοδολογίας έχουν αντληθεί από συνεχιζόμενα προγράμματα διασφάλισης υποδομών και προστασίας αυτών. Η βασική φιλοσοφία της διαδικασίας εκτίμησης της ευπάθειας είναι να μοχλεύσει τις τεχνικές, τις μεθόδους και τις προσεγγίσεις εκτίμησης της ευπάθειας που έχουν αποδειχτεί χρήσιμες και αξιοποιήσιμες.



Εικόνα 2-3: Φάσεις εκτίμησης της ευπάθειας

Οι McFadden και Green (2007) ισχυρίζονται ότι μπορούν να προκύψουν σημαντικές πληροφορίες για τη βελτίωση της διαχείρισης κινδύνων εξετάζοντας την πολυπλοκότητα που σχετίζεται με τον καθορισμό του περιβάλλοντος και της ομαδοποίησης. Υποστηρίζουν ότι η «ευπάθεια / τρωτότητα» αναδύθηκε ως μια σημαντική έννοια για την κατανόηση και τη διαχείριση πόρων, παρόλα αυτά αναγνωρίζουν ότι ο όρος είναι αρκετά αμφιλεγόμενος. Το άρθρο θεωρεί ότι οι διάφορες χρήσεις του όρου τονίζουν το γεγονός ότι ο χαρακτηρισμός ενός πόρου ως ευπαθούς δεν αποτελεί ουδέτερη πράξη. Η εννοιολογική σύλληψη της «ευπάθειας / τρωτότητας» πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνο από τεχνικής πλευράς αλλά και από πλευράς κοινωνικών σχέσεων μεταξύ αυτών που εμπλέκονται στη διαχείριση του πόρου. Αυτό υποχρεώνει τους επιστήμονες, τους πολιτικούς ηγέτες και άλλους εμπλεκόμενους φορείς, να θεωρήσουν την ανάλυση της ευπάθειας ως ένα διεξοδικό σύστημα εκτίμησης πόρων. Η διαδικασία μάθησης, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η ολοκληρωμένη εκτίμηση, είναι σημαντική για τη δημιουργία νέων και πιο χρήσιμων πληροφοριών για τον τρόπο συμπεριφοράς ολόκληρου του συστήματος. **Στο συμπέρασμά τους τονίζουν ότι η απλοποίηση της εκτίμησης ευπάθειας στη διαχείριση πόρων προέκυψε σε βάρος της απαραίτητης πολυπλοκότητας των συστημάτων και των πόρων τους.**

### 2.2.3 Διαχείριση ασφάλειας σε Ευρωπαϊκές υποδομές ενέργειας

Η Γενική Διεύθυνση Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής δημιούργησε ένα μη δεσμευτικού χαρακτήρα σχέδιο αναφοράς για την ολιστική διαχείριση της ασφάλειας κρίσιμων ενεργειακών υποδομών. Το σχέδιο προορίζεται να αποτελέσει έναν χρήσιμο οδηγό για διαχειριστές υποδομών ενέργειας, πόρων, συστημάτων ή τμημάτων, ανεξάρτητα από την ταξινόμησή τους ως ευρωπαϊκές ή εθνικές κρίσιμες υποδομές. Αυτό επικεντρώνεται σε κακόβουλες, ανθρωπογενείς απειλές, ενώ δίνει προσοχή σε όλες τις σχετικές πτυχές λειτουργίας της υποδομής (Harnser Group 2010). Η ακεραιότητα των υποδομών ενέργειας και η αξιόπιστη λειτουργία τους αποτελούν βασικούς παράγοντες για τη διασφάλιση της παραγωγής ενέργειας, η οποία είναι ζωτική για την ευημερία των πολιτών και τη λειτουργία της οικονομίας.

Το Σχέδιο Αναφοράς (Reference Security Management Plan, 2010) συντάχθηκε με σκοπό την αποκλειστική του χρήση από τη σκοπιά του φορέα διαχειριστή των υποδομών, και καλύπτει ένα ευρύ πεδίο από την ανάγκη συμμόρφωσης με τα ισχύοντα εθνικά ή διεθνή νομικά και τεχνικά πλαίσια, έως την ενσωμάτωση της σωστών διαδικασιών διαχείρισης κινδύνου στο πλαίσιο των γενικών στόχων και στρατηγικών της εταιρείας που είναι υπεύθυνη για την υποδομή.



Εικόνα 2-4: 4/11/2006 - διακοπή ρεύματος στην ΕΕ λόγω κλιμακωτών συμβάντων (έργο RECIPE<sup>17</sup>)

Το ευρωπαϊκό σύστημα ενέργειας είναι ένα αλληλεξαρτώμενο (πχ. Εικόνα 2-4), διεθνές δίκτυο μεταφοράς ισχύος, δικτύων αγωγών, διαύλων και εγκαταστάσεων διανομής, που είναι εξ' ορισμού πέρα από τις δυνατότητες προστασίας οποιουδήποτε μεμονωμένου εθνικού οργανισμού ασφάλειας, άμυνας, ελέγχου ή συντονισμού. Ως εκ τούτου, οι μεθοδολογίες, τα

<sup>17</sup> <http://www.eurecipe.com/>

κριτήρια αξιολόγησης της ευπάθειας και τα μέτρα κατά της τρομοκρατίας πρέπει να διέπονται από τη διεθνή συνεργασία η οποία αντανακλά το διεθνή χαρακτήρα των κρίσιμων υποδομών του συστήματος ενέργειας (Bailes, 2004). Πριν από τα βήματα για την εκτίμηση των απειλών προς τις κρίσιμες υποδομές του συστήματος ενέργειας και την ανάπτυξη αντιτρομοκρατικών στρατηγικών για την προστασία τους, απαιτείται να βρεθεί ένας περιεκτικός ορισμός του όρου «κρίσιμες υποδομές του συστήματος ενέργειας». Οι κρίσιμες υποδομές του συστήματος ενέργειας περιλαμβάνουν όλα τα στάδια, από την παραγωγή έως και την κατανάλωση της ενέργειας. Έτσι ενώ η παροχή ενέργειας είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τις κρίσιμες υποδομές του συστήματος ενέργειας, δεν είναι πάρα ένα επιμέρους μόνο στοιχείο ενός πολύ ευρύτερου συστήματος.

### **2.3 Προστασία Κρίσιμων υποδομών Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών – CIIP**

Οι κρίσιμες υποδομές Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Critical Information Infrastructure - CIIP) γενικά αναφέρονται σε τεχνολογικά συστήματα πληροφοριών και επικοινωνιών τα οποία είναι απαραίτητα για τη λειτουργία εθνικών και διεθνών κρίσιμων υποδομών. Παραδείγματα αυτών περιλαμβάνουν α) Δίκτυα τηλεπικοινωνιών, διαχείρισης, υπηρεσίες για κλήσεις έκτακτης ανάγκης με βάση την τοποθεσία, β) μεταφορές: διαχείριση εναέριας κίνησης, δρομολόγηση και έλεγχος τρένων, διαχείριση οδικής κίνησης, γ) οικονομικές υπηρεσίες: συναλλαγές πιστωτικών καρτών, συστήματα διακανονισμών, αρχεία συναλλαγών, ηλεκτρονικές συναλλαγές μετοχών/ομολόγων και δ) συστήματα ελέγχου/SCADA (Supervisory, Control and Data Acquisition) για τη διαχείριση της παραγωγής και της διακίνησης ενέργειας, χημικών παρασκευών και διαδικασιών διύλισης.

Το γεγονός ότι τα όρια μεταξύ της προστασίας των Κρίσιμων Υποδομών και των Κρίσιμων Υποδομών Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών είναι ολοένα και πιο δυσδιάκριτα καταμαρτυρείται από πολλά περιστατικά. Για παράδειγμα, το Μάρτιο του 2007 ένα πείραμα (η δοκιμή της γεννήτριας ARTIC) το οποίο διενεργήθηκε από τα Εθνικά Εργαστήρια του Άινταχο των Η.Π.Α. έδειξε ότι μια μεγάλη γεννήτρια diesel μπορούσε να υποστεί σοβαρές ζημιές μέσω της εκμετάλλευσης μιας τρωτότητας στο υπολογιστικό σύστημα, αποδεικνύοντας ότι φυσική ζημιά μπορούσε να προκληθεί μέσω ένα υπολογιστικού συστήματος (Weiss 2010).



Η Διαχείριση και η Εκτίμηση Κινδύνου αποτελούν κύρια στοιχεία της Διαχείρισης Ασφάλειας της (Information Security Management - ISM). Παρ' όλο που είναι ευρέως γνωστοί, ένα ευρύ φάσμα ορισμών της Διαχείρισης και Εκτίμησης Κινδύνου υπάρχουν στη βιβλιογραφία (π.χ. ISO13335-2, Stonebumer 2002). Οι δυο προσεγγίσεις των διαδικασιών Διαχείρισης και Εκτίμησης Κινδύνου που βασίζονται κυρίως στην OCTAVE (Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation – Αξιολόγηση κρίσιμων λειτουργικά απειλών, πόρων και τρωτοτήτων) και στο ISO 13335-2 είναι εκείνες που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο.

## **2.4 Ολοκληρωμένες προσεγγίσεις εκτίμησης επικινδυνότητας**

Στην συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή ολοκληρωμένων προσεγγίσεων και προσπαθειών για την ανάπτυξη ενός ενοποιημένου και λειτουργικού πλαισίου εκτίμησης κινδύνων σε διασυνδεδεμένες κρίσιμες υποδομές. Αρκετές από τις προσεγγίσεις αφορούν εθνικές πλατφόρμες και μεθοδολογίες εκτίμησης επικινδυνότητας

### **2.4.1 Βασική μεθοδολογία προστασίας των κρίσιμων υποδομών**

Η συγκεκριμένη προσέγγιση εκτίμησης κινδύνων προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως κατεύθυνση για μεγάλες και μεσαίες επιχειρήσεις στους τομείς κρίσιμων υποδομών, με σκοπό την προστασία της ανθρώπινης ζωής μειώνοντας την ευπάθεια των κρίσιμων υποδομών σε φυσικά συμβάντα, τεχνικά προβλήματα ή ανθρώπινα λάθη και σε τρομοκρατικές επιθέσεις ή εγκληματικές ενέργειες. Η μέθοδος δεν περιλαμβάνει απειλές στον κυβερνοχώρο. Αυτό το θέμα καλύπτεται από ξεχωριστές κατευθύνσεις, μεταξύ των οποίων είναι το Εγχειρίδιο Βασικής Προστασίας Πληροφορικής και περαιτέρω προτάσεις από το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Γραφείο Ασφάλειας Πληροφοριών (BSI)<sup>18</sup>.

Η μέθοδος είναι διαθέσιμη ελεύθερα και περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Τον καθορισμό κατηγοριών κινδύνου (απειλή), διαφοροποιημένων με βάση τις φυσικές καταστροφές, περιστατικά που προκύπτουν από τεχνικό ή ανθρώπινο σφάλμα, την τρομοκρατία ή εγκληματικές ενέργειες.

---

<sup>18</sup> <http://www.bmi.bund.de>

2. Τον ορισμό των αντίστοιχων επιπέδων προστασίας βάσει των προαναφερθέντων κατηγοριών.
3. Την ανάπτυξη σεναρίων κατά των απειλών και των καταστροφών.
4. Την ανάλυση των αδύνατων σημείων.
5. Τη διαμόρφωση στόχων προστασίας ως βάση για τον ορισμό των μέτρων και των αντίμετρων προστασίας.
6. Τον ορισμό της γενικότερης λογικής των απαιτούμενων δράσεων (συντονισμό μέτρων μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα).
7. Την υλοποίηση των ενεργειών αντιμετώπισης.
8. Τακτικές αναθεωρήσεις της διαδικασίας ανάλυσης και σχεδιασμού για λόγους διατήρησης της ποιότητας.

Αυτή η μέθοδος εκτίμησης κινδύνων επικεντρώνεται στους φυσικούς πόρους (καθώς και τους ανθρώπους) και μελετά ακραία φυσικά φαινόμενα, τα ανθρώπινα και τεχνικά σφάλματα και την ανθρώπινη πρόθεση ως πηγές απειλών. Η μέθοδος επικεντρώνεται περισσότερο στην αναγνώριση των παραγόντων κινδύνου παρά στην βαθμολόγησή τους, πράγμα που δυσχεραίνει τα αποτελέσματα της σύγκρισης. Η συγκεκριμένη μέθοδος εκτίμησης κινδύνων παρέχει κάποια υποστήριξη στον προσδιορισμό των απειλών, της ευπάθειας και της επίδρασης υπό τη μορφή ημιτελών λιστών ελέγχου (checklist). Αυτές οι λίστες αποτελούν σημείο εκκίνησης για την ανάπτυξη μιας λίστας ελέγχου προσαρμοσμένη στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη.

#### ***2.4.2 Μεθοδολογία Προγράμματος COUNTERACT***

Η ομάδα COUNTERACT (**C**luster **O**f **U**ser **N**etworks in **T**ransport and **E**nergy **R**elating to **A**nti-terrorist **A**CTivities)<sup>19</sup> στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανέπτυξε μια γενική μεθοδολογία ασφάλειας για την αλυσίδα παραγωγής ενέργειας και τον τομέα μεταφορών προκειμένου να καλυφθούν και να ελαχιστοποιηθούν οι τρομοκρατικές απειλές. Επειδή η μέθοδος επικεντρώνεται αποκλειστικά σε τρομοκρατικές απειλές, χρησιμοποιεί ειδικά την ανθρώπινη πρόθεση για να εκτιμήσει κινδύνους, βάσει βλάβης (harm) και διαθεσιμότητας (availability). Παρόλο που η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα επίπεδα της ιεραρχίας, δεν παρέχει κανένα μηχανισμό μεταφοράς των αποτελεσμάτων εκτίμησης πολλαπλών κινδύνων σε υψηλότερο (ιεραρχικά) επίπεδο.

---

<sup>19</sup> <http://www.uitp.org/knowledge/projects-details.cfm?id=433>

Η μέθοδος αποτελείται από εννέα βήματα:

1. Πλήρη στήριξη της ανώτατης διοίκησης για τη διεξαγωγή της μελέτης
2. Καθορισμός στόχου και ορίων μελέτης - ποιοι πόροι πρέπει να περιληφθούν στην εκτίμηση
3. Σχεδιασμός του έργου σε σχέση με τη διαθεσιμότητα πόρων, πληροφοριών και χρόνου
4. Συλλογή δεδομένων και λοιπών πληροφοριών
5. Χαρακτηρισμός πόρων ως προς:
  - i. Επιπτώσεις
  - ii. Διαθεσιμότητα
6. Δημιουργία πίνακα ελκυστικότητας πόρων (asset attractiveness matrix)
7. Αξιολόγηση και προτάσεις μέτρων για μείωση της ελκυστικότητας πόρων σύμφωνα με το κριτήριο ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
8. Αναφορά
9. Υλοποίηση και παρακολούθηση μέτρων που έχουν καθοριστεί

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνίστανται στο ότι περιορίζει τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη μόνο εκείνους τους πόρους που μπορούν να αποτελέσουν στόχο για τρομοκρατικές ενέργειες όπως και λίστα ελέγχου με τις αναγκαίες πληροφορίες για ολοκλήρωση της μεθόδου και περιγραφή των ειδικών γνώσεων που απαιτούνται για να ληφθούν οι πληροφορίες αυτές.

### **2.4.3 Η μέθοδος της Χάγης**

Η μέθοδος διαχείρισης ασφάλειας DHM (De Haagse Methodiek – The Hague Method<sup>20</sup>, 1987) περιλαμβάνει μια φάση εκτίμησης κινδύνων (ονομάζεται Έλεγχος Εσωτερικής Ασφάλειας) καθώς και μια φάση διαχείρισης κινδύνων (ονομάζεται Πακέτο Διαχείρισης Ασφάλειας).

Ο Εσωτερικός Έλεγχος Ασφάλειας αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

---

<sup>20</sup> <http://www.dhm.nl/>

- πολιτική για την ασφάλεια
- προφίλ και σενάρια κινδύνων
- απογραφή και χαρακτηρισμός πόρων
- καταγραφή μέτρων ασφάλειας και της κατάστασής τους
- οργάνωση ασφάλειας: ανάλυση βάσει χρόνου (ανίχνευση, καθυστέρηση και απόκριση) των συνεπειών των σεναρίων κινδύνων
- αποτελεσματικότητα μέτρων ασφαλείας, σε σχέση με τα σενάρια κινδύνων και βάσει του επιπέδου έλεγχου πάνω σε αυτά
- αδιάλειπτες συνδέσεις μεταξύ οργανισμού εσωτερικής και εξωτερικής ασφάλειας
- όποτε είναι απαραίτητο, προτάσεις βελτίωσης

Η διασφάλιση ποιότητας επιτυγχάνεται μέσω εσωτερικών ελέγχων ασφαλείας σε τακτά χρονικά διαστήματα και διατηρώντας ενημερωμένο το Πακέτο Διαχείρισης Ασφάλειας. Η μέθοδος έχει την δική της δομή ελέγχου και πιστοποίησης.

Η μέθοδος DHM αφορά σε φυσικούς πόρους, οργανωτικούς πόρους, ανθρώπινο δυναμικό και στις ΤΠΕ. Το επίκεντρο της μεθόδου αυτής είναι οι απειλές που προκαλούνται από ανθρώπινη πρόθεση. Σκοπός της μεθόδου είναι να δημιουργήσει, να διαχειρίζεται και να συντηρεί ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης κινδύνων, που εμποδίζει και προστατεύει τις μη εξουσιοδοτημένες επιρροές και κινδύνους ασφαλείας κατά των δραστηριοτήτων και της περιουσίας μιας εταιρείας. Η μέθοδος παρέχει συγκρίσιμα αποτελέσματα μεταξύ των εκτιμήσεων, ενώ εφαρμόζεται σε επίπεδα που ποικίλουν από εταιρείες μέχρι και πολυεθνικές ελεγκτικές αρχές αλλά και σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας. Τα ισχυρά σημεία της μεθόδου είναι το εμπειρισματομένο μεθοδολογικό υπόβαθρο, η πληρότητά της εντός του προκαθορισμένου πλαισίου εργασίας και η ωριμότητά της.

#### **2.4.4 Η μεθοδολογία ES-ISAC**

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εκτίμησης της ευπάθειας (vulnerability) αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ το 2002<sup>21</sup>. Μέρος της αποστολής ήταν η ανάπτυξη και η εφαρμογή προγράμματος εκπαίδευσης και αντίληψης της ευπάθειας στον τομέα της

---

<sup>21</sup> [www.esisac.com](http://www.esisac.com)

ενέργειας· το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί με σκοπό να αναπτύξει, να επαληθεύσει και να διαδώσει μεθοδολογίες έρευνας και εκτίμησης κινδύνων με αντίστοιχα εργαλεία που θα βοηθήσουν στην υλοποίηση, θα παράσχουν εκπαίδευση και τεχνική βοήθεια ενώ παράλληλα θα διασφαλίζουν τις ενέργειες για την ελαχιστοποίηση σημαντικών προβλημάτων. Η μέθοδος προορίζεται για ευρεία χρήση εντός του τομέα της ενέργειας στις ΗΠΑ.

Η μέθοδος εκτίμησης κινδύνων ES\_ISAC αποτελείται από τρία βασικά στάδια και από ένα σύνολο βημάτων:

- Πριν την εκτίμηση (a-priori)
  - Καθορισμός στόχων και πεδίου εφαρμογής της εκτίμησης.
  - Καθορισμός διαδικασιών προστασίας πληροφοριών
  - Εύρεση και κατάταξη κρίσιμων πόρων
- Εκτίμηση
  - Ανάλυση αρχιτεκτονικής δικτύου
  - Εκτίμηση περιβάλλοντος απειλών
  - Διεξαγωγή ελέγχων διείσδυσης
  - Εκτίμηση φυσικής ασφάλειας
  - Ανάλυση φυσικών πόρων
  - Εκτίμηση ασφάλειας λειτουργιών
  - Εξέταση πολιτικών και διαδικασιών
  - Ανάλυση επιπτώσεων
  - Εκτίμηση αλληλεξάρτησης υποδομών
  - Εύρεση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων κινδύνων
- Μετά την εκτίμηση (a- posteriori)
  - Ιεράρχηση οδηγιών αντιμετώπισης
  - Ανάπτυξη σχεδίου δράσης
  - Εφαρμογή διδαγμάτων και ορθών πρακτικών
  - Διεξαγωγή εκπαίδευσης

Η μέθοδος ES-ISAC απευθύνεται σε φυσικούς πόρους, σε πόρους που σχετίζονται με την οργανωτική δομή, και στις τεχνολογίες επικοινωνιών και πληροφορικής. Παρόλο που το προσωπικό αναφέρεται ως πόρος, δεν αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Μόνο οι ανθρωπογενείς απειλές ή τα κλιμακωτά συμβάντα αντιμετωπίζονται με αυτήν τη μέθοδο. Η μέθοδος ES-ISAC εστιάζει περισσότερο στην αναγνώριση των παραγόντων κινδύνου παρά στην αξιολόγησή τους, πράγμα που δυσχεραίνει τα αποτελέσματα της σύγκρισης. Οι λίστες

ελέγχου για τις απειλές, την ευπάθεια και τα αποτελέσματα ενσωματώνονται στη μέθοδο εκτίμησης κινδύνου.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθοδολογίας εκτίμησης, εντοπίζονται στη λίστα ελέγχου που παρέχεται αποκαλύπτει ποιες πληροφορίες απαιτούνται για την ολοκλήρωση της μεθόδου εκτίμησης κινδύνων και που (από ποιες πηγές) μπορούν να εξαχθούν αυτές. Επιπλέον, περιλαμβάνεται μια λίστα ελέγχου (checklist) για την καταγραφή των πόρων.

#### **2.4.5 Η μεθοδολογία *Handreiking Risicoanalyse*<sup>22</sup> (Guide to Risk)**

Ο Ολλανδικός οδηγός ανάλυσης κινδύνων αποτελείται από πέντε βήματα:

- Προετοιμασία: ορισμός πεδίου εφαρμογής και προσέγγιση της εκτίμησης κινδύνων
- Ανάλυση εξάρτησης: αναγνώριση εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία του οργανισμού. Το βήμα αυτό αποτελεί βασικό στοιχείο της εκτίμησης κινδύνων.
- Ανάλυση απειλών: καθορισμός των αντιπάλων, των προθέσεων και των δυνατοτήτων τους.
- Ανάλυση ευπάθειας: βάσει των εκτιμώμενων απειλών, αξιολογείται η ανθεκτικότητα του οργανισμού απέναντι σε αυτές τις απειλές.
- Αξιολόγηση κινδύνων: εκτιμώνται οι πιθανές επιπτώσεις των σχετικών απειλών και αξιολογούνται οι παράγοντες κινδύνου μεταξύ τους.

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελείται από δέκα πρακτικά μοντέλα εκτίμησης κινδύνων και πίνακες ελέγχου που έχουν ενσωματωθεί σε έναν ενιαίο οδηγό. Παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τη διεξαγωγή μιας επιτυχούς εκτίμησης κινδύνων. Ασχολείται με όλους τους πόρους, αλλά εστιάζει στην ανθρώπινη πρόθεση και επίσης θεωρεί απειλές τα κλιμακωτά συμβάντα, ενώ επίσης περιλαμβάνει λίστα ελέγχου απειλών. Επιπλέον η μέθοδος παρέχει μια προτεινόμενη προσέγγιση (μη υποχρεωτική) της ποσοτικής εκτίμησης πιθανοτήτων και επιδράσεων, που είναι σημαντική για τη λήψη συγκρίσιμων αποτελεσμάτων.

---

<sup>22</sup> <http://www.brandweerkennisnet.nl/bovenbalk/zoeken/@6841/handreiking/>

Το ισχυρό σημείο αυτής της προσέγγισης είναι ότι περιλαμβάνονται οι (ενδεικτικές) πίνακες ελέγχου για τον καθορισμό των πόρων και τον προγραμματισμό της εκτίμησης κινδύνων.

#### **2.4.6 Η μεθοδολογία NRB**

Το 2007, το Ολλανδικό Υπουργείο Εσωτερικών (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties) αποφάσισε να υιοθετήσει μια νέα στρατηγική για την εθνική ασφάλεια και προστασία. Η στρατηγική καλύπτει δύο ευδιάκριτες φάσεις, η πρώτη εκ των οποίων αφορά την ανάλυση των απειλών και των κινδύνων. Η δεύτερη φάση στηρίζεται στα αποτελέσματα της προηγούμενης ανάλυσης και στοχεύει στην ανάπτυξη επαρκών πολιτικών ώστε να διαχειριστεί τους προσδιορισμένους κινδύνους ισόρροπα, δίνοντας έμφαση στην προετοιμασία, πρόληψη, απόκριση και παρακολούθηση.

Προκειμένου να υποστηριχθεί η πρώτη φάση και να προσδιοριστούν οι παράγοντες κινδύνου με έναν επιστημονικά αιτιολογημένο τρόπο, αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων από μια διεπιστημονική ομάδα έργου. Η μεθοδολογία αυτή υποστηρίζει μια ομοιόμορφη ανάλυση όλων των κινδύνων σε όλους τους τομείς εξασφαλίζοντας συμβατά αποτελέσματα, που επιτρέπουν τις συγκρίσεις μεταξύ απειλών και τομέων. Η μέθοδος εκτίμησης κινδύνων έχει σχεδιαστεί για να αξιολογεί τις απειλές στις κρίσιμες υποδομές και τις επιπτώσεις της δυσλειτουργίας τους σε εθνική κλίμακα και να εκτιμά τον κοινωνικό κίνδυνο που μπορεί να ενέχει μια δυσλειτουργία τους (π.χ. μετανάστευση πληθυσμού, εξτρεμισμός).

Η μέθοδος NRB έχει ως βασικό στοιχείο το γεγονός ότι οι απειλές πρέπει να περιγράφονται υπό τη μορφή σεναρίων και αποτελείται από τα παρακάτω βήματα:

- Διατύπωση ενός αντιπροσωπευτικού και πλήρους συνόλου σεναρίων για την περιγραφή των υπό μελέτη απειλών.
- Αξιολόγηση των επιπτώσεων καθενός από τα σενάρια.
- Αξιολόγηση της πιθανότητας για καθένα από τα σενάρια. Η μέθοδος εκτίμησης των πιθανοτήτων των κινδύνων διακρίνει τους κινδύνους σε απειλές (κακόβουλες αιτίες) και σε ατυχήματα (μη-κακόβουλες αιτίες) βάσει στατιστικών στοιχείων ή μετά από αξιολόγηση ειδικών.
- Ανάλυση του απορρέοντος κινδύνου που απεικονίζεται σε ένα δισδιάστατο διάγραμμα κινδύνου.

Η μέθοδος περιλαμβάνει το σύνολο των πόρων και των τύπων των απειλών, ενώ εφαρμόζει έναν ορθολογικό ποσοτικό μηχανισμό βαθμολόγησης, που επιτρέπει τη σύγκριση εκτιμήσεων. Χρησιμοποιεί έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό δέκα (10) σταθμισμένων κριτηρίων επιπτώσεων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση τους, που περιλαμβάνουν τόσο τις φυσικές επιπτώσεις (οικονομικές απώλειες, θάνατοι, κ.λπ.) όσο και λοιπές επιπτώσεις (κοινωνικός ή ψυχολογικός αντίκτυπος, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κ.λπ.). Η μέθοδος καθορίζει ποιες απειλές και επιπτώσεις πρέπει να αξιολογούνται.

Τα δυνατά σημεία της μεθόδου συνίστανται στο ότι παρέχει μια σύγκριση των διαφορετικών τύπων απειλής προκειμένου να ιεραρχήσει τις απειλές και ότι αυτές οι απειλές διατυπώνονται σε ένα ή περισσότερα σενάρια που είναι εύληπτα. Αυτό είναι σημαντικό, δεδομένου ότι η μέθοδος περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εμπλεκόμενων φορέων ώστε να εξασφαλιστεί η ευρεία αποδοχή της εκτίμησης. Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ενσωματώνει προσεγγίσεις για την σύγκλιση διαφορετικών αντιλήψεων σχετικά με τη σημασία που έχουν οι διάφοροι τύποι επιπτώσεων.

#### **2.4.7 Η μεθοδολογία PAS 55**

Η μεθοδολογία εκτίμησης PAS55<sup>23</sup> αναπτύχθηκε το 2003 από διάφορες οργανώσεις υπό την ηγεσία του Institute of Asset Management και αναθεωρήθηκε το 2008. Είναι βασισμένη στην προσέγγιση Plan-Do-Check-Act των συστημάτων διαχείρισης ποιότητας. Στηρίχτηκε στη δομή των υπάρχοντων προτύπων προκειμένου να διευκολυνθεί η κατανόηση και η υιοθέτηση. Περιλαμβάνει ένα σύνολο οδηγιών που εστιάζουν στη διαχείριση των φυσικών πόρων. Οι ανθρώπινοι πόροι, οι τεχνολογικοί πόροι που αφορούν στα συστήματα πληροφορικής και οι πόροι που αφορούν στην οργάνωση λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο μόνο εφόσον έχουν άμεση επίπτωση στη διαχείριση των φυσικών υποδομών.

Αν και το πλαίσιο της μεθόδου είναι ολιστικό, η εστίαση δεν είναι. Στην πραγματικότητα η μέθοδος διακρίνει πέντε κατηγορίες πόρων:

- i. φυσικούς πόρους (φυσικοί πόροι, υποδομές, μηχανήματα, εργοστάσια, εξοπλισμός, κτήρια, συστήματα πληροφορικής)
- ii. ανθρώπινους πόρους (ηγεσία, διοίκηση, εργατικό δυναμικό, δεξιότητες, γνώσεις και πείρα)

---

<sup>23</sup> <http://pas55.net/>



- iii. οικονομικούς πόρους (μετρητά, επενδύσεις, ίδια κεφάλαια, φερεγγυότητα)
- iv. πληροφοριακούς πόρους (δεδομένα και πληροφορίες)
- v. άυλους πόρους (φήμη, εντύπωση πελατών και προσωπικού, δημόσια εικόνα/σχέσεις, αξία του οργανισμού, άδειες, ευρεσιτεχνίες, εμπορικά σήματα, πνευματικά δικαιώματα και φιλοσοφία).

Η εκτίμηση όλων των κινδύνων αποτελεί ένα από τα στοιχεία της μεθοδολογίας. Αυτή κυρίως χαρακτηρίζεται από οδηγίες για τη διαχείριση πόρων και όχι την παροχή μιας στατικής μεθόδου. Τα βασικά βήματα που προτείνονται για να εξασφαλίσουν μια συστηματική προσέγγιση είναι τα παρακάτω:

- 1) ταξινόμηση πόρων
- 2) αναγνώριση αξιολόγηση κινδύνων
- 3) αναγνώριση των υφιστάμενων μέτρων ελέγχου των κινδύνων
- 4) καθορισμός επιπέδου κινδύνου
- 5) καθορισμός ανοχής των κινδύνων
- 6) προετοιμασία και αξιολόγηση επιλογών και σχεδίων δράσης για βελτίωση του μέτρων ελέγχου των κινδύνων, εάν απαιτείται
- 7) εξέταση της επάρκειας του σχεδίου δράσης
- 8) συντήρηση νέων και υφιστάμενων μέτρων ελέγχου κινδύνων και διασφάλιση της αποτελεσματικότητάς τους

Για κάθε ένα από τα βήματα, η μεθοδολογία PAM αναφέρεται στις καθιερωμένες μεθόδους ή δίνει οδηγίες για το τι να συμπεριληφθεί. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθοδολογίας είναι η καλή συμμόρφωση με τα πρότυπα και το γεγονός ότι προσφέρονται μαθήματα και παρέχεται σχετική πιστοποίηση. Αν και η μέθοδος δεν είναι στατική, οι οδηγίες υποστηρίζουν το χρήστη ως ένα βαθμό σε κάθε του βήμα.

#### **2.4.8 Η μεθοδολογία RAM-CAP plus**

Η μέθοδος RAMCAP<sup>24</sup> (Διαχείριση και ανάλυση κινδύνων για την προστασία των κρίσιμων πόρων) αναπτύχθηκε από την ASME-ITI (American Society of Mechanical Engineers) τον Σεπτέμβριο του 2003. Η συγκεκριμένη μέθοδος εκτίμησης στοχεύει στη μείωση των

---

<sup>24</sup> [http://www.asmeiti.org/RAMCAP/RAMCAP\\_Plus\\_2.cfm](http://www.asmeiti.org/RAMCAP/RAMCAP_Plus_2.cfm)

τρομοκρατικών επιθέσεων. Τον Φεβρουάριο του 2009, επεκτάθηκε για να συμπεριλάβει το σύνολο των κινδύνων και για αυτό το λόγο ονομάστηκε RAMCAP plus. Το αποτέλεσμα που προέκυψε είναι μια μέθοδος εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνων υψηλού επιπέδου που μπορεί να προσαρμοστεί για να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικούς τομείς. Διατίθενται γραπτές οδηγίες που διευκολύνουν την προσαρμογή της μεθόδου εκτίμησης κινδύνων στις συγκεκριμένες ανάγκες του κάθε τομέα, για επτά (7) συγκεκριμένους κρίσιμους τομείς. Για τον τομέα της ενέργειας, οι ακόλουθες εγκαταστάσεις χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα κρίσιμες:

- ✓ Δωλίστηρια πετρελαίου
- ✓ Σταθμοί υγρού φυσικού αερίου
- ✓ Εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας
- ✓ Αποθήκευση και μεταφορά αποβλήτων από πυρηνικά εργοστάσια
- ✓ Φράγματα και δεξαμενές

Η μέθοδος προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ευρέως από όλους τους διαχειριστές ασφάλειας των κρίσιμων υποδομών και στοχεύει να δώσει αποτελέσματα που θα επιτρέπουν τη σύγκριση παραγόντων κινδύνου εντός και μεταξύ διαφορετικών τομέων σε επίπεδο: α) πόρου, β) συστήματος, γ) περιφέρειας, δ) πολιτείας και ε) χώρας διαχρονικά. Η μέθοδος περιλαμβάνει επτά διακριτά βήματα:

Βήμα 1 – Ανάλυση χαρακτηριστικών πόρου

Βήμα 2 – Χαρακτηρισμός απειλής

Βήμα 3 – Ανάλυση συνεπειών

Βήμα 4 – Ανάλυση ευπάθειας

Βήμα 5 – Εκτίμηση απειλής

Βήμα 6 – Εκτίμηση κινδύνου και ανθεκτικότητας

Βήμα 7 – Διαχείριση κινδύνου και ανθεκτικότητας

Το RAMCAP plus αντιμετωπίζει τα φυσικά αντικείμενα και το προσωπικό ως πόρους. Οι οργανωτικοί πόροι είναι δυνατόν να περιληφθούν σε ένα από αυτά τα αντικείμενα, κάτι που όμως δεν είναι σαφές. Η μέθοδος εξετάζει όλους τους τύπους απειλών και παρέχοντας αποδεκτά συστήματα μέτρησης πιθανοτήτων, ευπάθειας και επιδράσεων, υποστηρίζει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων σε όλους τους τομείς και παρέχει λίστες ελέγχου για απειλές και επιδράσεις. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι οι στατικές μετρήσεις και το γεγονός ότι δεν απευθύνεται σε συγκεκριμένο τομέα αλλά υποστηρίζεται από γενικές κατευθύνσεις για κάθε υποδομή.

## **2.4.9 Ο Οδηγός Διαχείρισης Κινδύνων (RMG) – Υπουργείο Ενέργειας ΗΠΑ**

Το 2008, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ διέθεσε τον Οδηγό Διαχείρισης Κινδύνων (Risk Management Guide - RMG) για όλους τους που ανήκουν στον τομέα της ενέργειας. Ο οδηγός RMG λειτουργεί ως προαιρετική προσέγγιση για την υλοποίηση των απαιτήσεων της Οδηγίας (DOE\_O\_413.3A)<sup>25</sup> (Διαχείριση Έργου και Προγράμματος για την απόκτηση κεφαλαιακών πόρων). Είναι ένας οδηγός για τη διαχείριση κινδύνων σε έργα και όχι σε διαδικασίες και περιλαμβάνει τον πλήρη κύκλο διαχείρισης κινδύνων και επομένως υπερβαίνει τις απλές μεθόδους εκτίμησης κινδύνων.

Το τμήμα εκτίμησης κινδύνων της μεθόδου περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- Αναγνώριση κινδύνου
- Ανάθεση υπευθύνου αντιμετώπισης κινδύνου
- Υπολογισμός πιθανότητας και συνέπειας
- Δημιουργία μετρητή ενεργοποίησης κινδύνου
- Μητρώο κινδύνων
- Ανάλυση κινδύνου
  - Ποιοτική ανάλυση κινδύνου
  - Ποσοτική ανάλυση κινδύνου
  - Ανάλυση γνώσης σχετικά με το έργο
  - Ανάλυση σφαλμάτων και διακυμάνσεων
  - Αξιολόγηση επάρκειας για αντιμετώπιση καταστάσεων ανάγκης.

Ο αναφερόμενος οδηγός πραγματεύεται τους φυσικούς και τους οργανωτικούς πόρους καθώς και το προσωπικό. Η μέθοδος εστιάζει στα τεχνικά και στα ανθρώπινα σφάλματα, αλλά καθώς αυτές οι απειλές τίθενται στα πλαίσια ενός έργου, μια άμεση σύγκριση με τις άλλες μεθόδους θα οδηγούσε σε λανθασμένα συμπεράσματα. Η μέθοδος προσφέρει εκτενείς πίνακες ελέγχου για τον καθορισμό των απειλών και των συνεπειών τους, ενώ η ευπάθεια ενσωματώνεται στον υπολογισμό του κινδύνου. Επιπλέον η μέθοδος παρέχει μετρήσεις των πιθανοτήτων και των επιδράσεων, πράγμα που καθιστά εφικτές τις συγκρίσεις.

---

<sup>25</sup> <https://www.directives.doe.gov/directives/0413.3-EGuide-07/view>

Τα δυνατά σημεία της μεθόδου RMG είναι το αυστηρό σύστημα μέτρησης και το λεπτομερές λεξικό, που επιτρέπει στην κατανόηση των χρησιμοποιούμενων όρων.

#### **2.4.10 Μοντέλο Ανάλυσης κινδύνων και τρωτότητας RVA**

Το μοντέλο ανάλυσης κινδύνων και τρωτότητας RVA<sup>26</sup> αποτελείται από τέσσερα μέρη, όπου κάθε ένα υποστηρίζεται από ένα διαδραστικό έγγραφο σε MS WORD.

- Στο πρώτο μέρος, καθορίζεται ο σκοπός, οι συμμετέχοντες και το πεδίο εφαρμογής της ανάλυσης.
- Στο δεύτερο μέρος, αναπτύσσονται τα σενάρια. Οι χρήστες δημιουργούν τα δικά τους σενάρια κινδύνου βασισμένα στην εμπειρία τους.
- Στο τρίτο μέρος, οι χρήστες καλούνται να αξιολογήσουν τους παράγοντες κινδύνου και την ευπάθεια που συνδέεται με κάθε σενάριο. Οι παράγοντες κινδύνου εκτιμώνται σύμφωνα με την πιθανότητα και τις συνέπειες. Η ευπάθεια εκτιμάται σύμφωνα με τις υπάρχουσες δυνατότητες προετοιμασίας, απόκρισης και αποκατάστασης ανάλογα το σενάριο.
- Στο τέταρτο μέρος, παρουσιάζονται τα αναλυθέντα σενάρια και συγκρίνονται γραφικά στο πλαίσιο ενός προτύπου κινδύνου και ευπάθειας.

Η συγκεκριμένη μέθοδος εξετάζει το σύνολο των πόρων και των απειλών. Παρέχει έναν πίνακα ελέγχου για τις απειλές, την ευπάθεια και τις επιδράσεις και διατίθεται ακόμη και με μια μικρή βάση δεδομένων σεναρίων για τις απειλές. Η μέθοδος είναι απλή και τα εργαλεία υποστήριξης είναι εξίσου απλά και αποτελεσματικά. Αποτελούνται από φόρμες Microsoft Word που επιτρέπουν την εισαγωγή ελεύθερου κειμένου παρέχοντας ένα λεπτομερές πρότυπο. Τα συστήματα μέτρησης είναι ποιοτικά, πράγμα που δυσχεραίνει τις συγκρίσεις μεταξύ εκτιμήσεων, ενώ τα δυνατά πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η εύχρηστη διεπαφή και το φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον εφαρμογών.

---

<sup>26</sup> [http://brs.dk/eng/inspection/contingency\\_planning/rva\\_model/Pages/rva\\_model.aspx](http://brs.dk/eng/inspection/contingency_planning/rva_model/Pages/rva_model.aspx)

#### **2.4.11 Η μεθοδολογία CRAMM**

Η μεθοδολογία CRAMM (CCTA Risk Assessment and Management Methodology, 2005) αναπτύχθηκε κυρίως για μεγάλους οργανισμούς (π.χ. δημόσιους φορείς και μεγάλες επιχειρήσεις) και υλοποιείται σε τρία βασικά βήματα: Προσδιορισμός και αποτίμηση αγαθών (identification and valuation of assets), Ανάλυση επικινδυνότητας (risk analysis) και Διαχείριση επικινδυνότητας (risk management). Η μέθοδος περιλαμβάνει την αξιολόγηση του επιπέδου ασφάλειας και επικινδυνότητας ενός οργανισμού από έναν αναλυτή ή μια ομάδα αναλυτών οι οποίοι καλούνται να αναλύσουν και να συνδυάσουν όλες τις σχετικές πληροφορίες που αφορούν το σύνολο του περιβάλλον του εν λόγω οργανισμού. Η προσέγγιση που ακολουθεί η συγκεκριμένη μέθοδος είναι κατά βάση ποιοτική παρέχοντας περιορισμένη δυνατότητα για τη συμμετοχή χρηστών από τον εκάστοτε οργανισμό. Παράλληλα, για την υλοποίησή της απαιτεί υψηλό επίπεδο γνώσεων και εμπειρίας σε θέματα ασφάλειας από τους εντεταλμένους αναλυτές.

#### **2.4.12 Η μεθοδολογία EBIOS**

Η μεθοδολογία EBIOS (Expression des Besoins et Identification des Objectifs de Securite, 2012) αναπτύχθηκε από την Γαλλική Γενική Γραμματεία Εθνικής Άμυνας και με στόχο την αξιολόγηση και την αντιμετώπιση κινδύνων σε πληροφοριακά συστήματα υλοποιώντας πέντε βασικά βήματα: προσδιορισμό του συστήματος και των αλληλεξαρτήσεων του, προσδιορισμό και στη συνέχεια αξιολόγηση των πιθανών απειλών, αξιολόγηση της επικινδυνότητας και τέλος προσδιορισμό και επιλογή των μέτρων προστασίας. Η μεθοδολογία είναι απλή και αρκετά ευέλικτη ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε είδους οργανισμό ανεξάρτητα μεγέθους. Η προσέγγιση που ακολουθεί η συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι κατά βάση ποιοτική ενώ παρέχει τη δυνατότητα για ανάπτυξη συνεργατικών δραστηριοτήτων. Τέλος, το βασικό της μειονέκτημα είναι η έλλειψη κάποιου πληροφοριακού εργαλείου ώστε να διευκολύνεται η εφαρμογή της.

#### **2.4.13 Η μεθοδολογία OCTAVE**

Η μεθοδολογία OCTAVE (Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation, 2012a,b) αναπτύχθηκε από το Carnegie Mellon University των Η.Π.Α. για την εκτίμηση της στρατηγικής και το σχεδιασμό της ασφάλειας της πληροφορίας. Η μεθοδολογία υλοποιείται σε τρία βήματα (Δημιουργία προφίλ απειλών με βάση τους διαθέσιμους πόρους, Εντοπισμός

ευπαθειών και Ανάπτυξη στρατηγικής και πλάνων ασφάλειας) και βασίζεται στη χρήση ομάδων εργασίας (workshop-based) και ερωτηματολογίων ενθαρρύνοντας έτσι την ανοικτή συζήτηση και τη συνεργασία.

Η προσέγγιση που ακολουθεί η συγκεκριμένη μεθοδολογία βασίζεται σε μια ποιοτική κλίμακα η οποία δε λαμβάνει υπόψη της τη γνώση σχετικά με το εταιρικό περιβάλλον του οργανισμού. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ενός υπολογιστικού εργαλείου για την αυτοματοποιημένη χρήση της μεθόδου από το Advanced Technology Institute<sup>27</sup>.

#### **2.4.14 Η μεθοδολογία MEHARI**

Η μεθοδολογία MEHARI αποτελεί μια ακόμα ποιοτική προσέγγιση για την ανάλυση και τη διαχείριση της επικινδυνότητας που δημιουργήθηκε από τον οργανισμό CLUSIF<sup>28</sup> (Club de la Securite de l'Information Francais). Για την υλοποίησή της προβλέπονται βήματα που αφορούν στον προσδιορισμό του πλαισίου εφαρμογής, στην ανάλυση και κατηγοριοποίηση των αγαθών, στην αναγνώριση, στην ανάλυση, στην αξιολόγηση και στη διαχείριση του κινδύνου καθώς και στα αποδεκτά επίπεδα κινδύνου. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι κατάλληλη για μεσαίου και μεγάλου μεγέθους οργανισμούς ενώ παρέχει περιορισμένες μόνο δυνατότητες συνεργατικής δράσης.

#### **2.4.15 Η μεθοδολογία MAGERIT**

Η μεθοδολογία MAGERIT (Crespo 2006 a,b,c) αναπτύχθηκε από το Ισπανικό Ανώτατο Συμβούλιο για την Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση (Ministerio de Administraciones Publicas) και αποτελεί μια ανοικτή προσέγγιση για την ανάλυση και διαχείριση κινδύνου. Η μεθοδολογία υλοποιείται μέσα από βήματα όπως ο προσδιορισμός των περιουσιακών στοιχείων, των απειλών, των επιπτώσεων, των κινδύνων και τέλος των δυνατών προστατευτικών μέτρων. Έχει αρκετά ευρύ πεδίο εφαρμογής αλλά δεν παρέχει δυνατότητες για ανάπτυξη συνεργατικών δραστηριοτήτων. Τέλος, η συγκεκριμένη μεθοδολογία μπορεί να υλοποιηθεί τόσο με τη χρήση ποσοτικών μεθόδων όσο και ποιοτικών ενώ υπάρχει διαθέσιμο και το εμπορικό εργαλείο EAR / PILAR<sup>29</sup> για την ευκολότερη υλοποίηση της μεθοδολογίας.

---

<sup>27</sup> <http://www.aticorp.org/>

<sup>28</sup> <http://www.clusif.asso.fr>

<sup>29</sup> EAR / PILAR , A.L.H. J. Manas, <http://ar-tools.com>

## 2.5 Διασυνδεδεμένες υποδομές

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι διάφοροι τρόποι διασύνδεσης μεταξύ κρίσιμων υποδομών και δικτύων (ετερογενών ή μη) που αναφέρονται στη βιβλιογραφία μεταξύ των πόρων ενός συστήματος μεταφοράς. Στις περισσότερες μεθοδολογίες οι τρόποι διασύνδεσης αποτελούν μια αρχική ανάλυση της διαδικασίας μέσω της οποίας ένα περιστατικό ασφάλειας που συμβαίνει σε έναν πόρο του συστήματος δύναται να επηρεάσει και άλλους πόρους λόγω της διασύνδεσης που υπάρχει μεταξύ τους.

### 2.5.1 Τρόποι διασύνδεσης

Η αλληλεξάρτηση είναι μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ δύο υποδομών, μέσω της οποίας η κατάσταση κάθε υποδομής επηρεάζει ή σχετίζεται με την κατάσταση της άλλης υποδομής (Rinaldi 2001). Η εκτίμηση και η διαχείριση κινδύνων στο πλαίσιο μιας υποδομής απαιτούν κατανόηση του τρόπου και του βαθμού (ισχυρού ή ασθενή) στον οποίο αλληλοεξαρτώνται τα υποσυστήματα. Αυτή η απαίτηση είναι ακόμα πιο ουσιαστική στις υποδομές συστημάτων μεταφορών όπου οι αλληλεξαρτήσεις παίζουν σημαντικό ρόλο. Οι αλληλεξαρτήσεις μπορούν να διατυπωθούν μεταξύ των υποσυστημάτων μιας υποδομής με πολλούς τρόπους:

Ο May Robin (2007) μελετά τις αλληλεξαρτήσεις σε τέσσερα επίπεδα:

- **Φυσικό:** αντιπροσωπεύει μια άμεση σύνδεση/σχέση μεταξύ των υποδομών
- **Γεωχωρικό:** πηγάζει από την κοντινή τοποθεσία (γεινίαση- εγγύτητα) των στοιχείων της υποδομής
- **Πολιτικό (διαδικασία):** πηγάζει από αποφάσεις υψηλότερου επιπέδου που επηρεάζουν τις υποδομές και που δεν συνδέονται με άλλο τρόπο φυσικά ή γεωχωρικά
- **Πληροφοριακό:** αναδεικνύει την εξάρτηση από πληροφορίες που διαβιβάζονται μεταξύ τομέων ή/και υποδομών

Οι Haimes, Santos, Crowther, Henry, Lian και Yan (2008) αναγνωρίζουν τέσσερις τρόπους σύζευξης μεταξύ των στοιχείων υποδομών:

- **Φυσική σύζευξη:** Υπάρχει όταν μεταφέρεται με φυσικό τρόπο η ενέργεια, οι πληροφορίες ή η ύλη από έναν πόρο σε έναν άλλον πόρο.

- **Λογική σύζευξη και πληροφοριακή σύζευξη:** Οι λογικές συζεύξεις παρέχουν εκείνους τους μηχανισμούς μέσω των οποίων η συμπεριφορά των συνδεδεμένων συστημάτων εξαρτάται από κοινές μετρήσεις και λειτουργικές σχέσεις που έχουν αναπτυχθεί μεταξύ τους. Οι πληροφοριακές συζεύξεις περιλαμβάνουν τους μηχανισμούς μέσω των οποίων αυτές μεταφέρονται φυσικά από μια συσκευή σε μια άλλη χρησιμοποιώντας μετάδοση σήματος.
- **Διαπεριφερειακές οικονομικές συζεύξεις:** Υπάρχουν όταν η παραγωγή, η διάθεση και η κατανάλωση προϊόντων επιβάλλονται εν μέρει από τις περιφερειακές αλληλεξαρτήσεις που καθορίζονται από τις φυσικές υποδομές, τις ροές εισαγωγών και εξαγωγών και τις σχετικές γεωγραφικές αποστάσεις.
- **Διατομεακές οικονομικές συζεύξεις:** Υφίστανται μεταξύ διασυνδεδεμένων τομέων της οικονομίας και προκαλούν μετάδοση των διαταραχών που εμφανίζονται.

Οι Rinaldi, Peerenboom και Kelly (2001) διακρίνουν τους ακόλουθους τύπους αλληλεξάρτησης:

- **Φυσική αλληλεξάρτηση:** Δύο υποδομές είναι φυσικά αλληλοεξαρτώμενες εάν η κατάσταση κάθε μιας εξαρτάται από την λειτουργία της άλλης. Όπως αναγνωρίζεται και από την ονομασία μια φυσική αλληλεξάρτηση προκύπτει από μια φυσική ζεύξη μεταξύ των εισροών και των εκροών δύο υπηρεσιών.
- **Διαδικτυακή αλληλεξάρτηση (ή αλλιώς αλληλεξάρτηση κυβερνοχώρου):** Μια υποδομή παρουσιάζει ηλεκτρονική αλληλεξάρτηση εάν η κατάστασή της εξαρτάται από τις πληροφορίες που διαβιβάζονται μέσω μιας πληροφοριακής υποδομής (π.χ. διαδικτυακά). Η διαδικτυακή αλληλεξάρτηση αποτελεί σχετικά έναν νέο όρο και είναι αποτέλεσμα των κυρίαρχων υποδομών μηχανοργάνωσης και αυτοματισμού των τελευταίων δεκαετιών.
- **Γεωγραφική αλληλεξάρτηση:** Δύο υποδομές θεωρούνται γεωγραφικά αλληλοεξαρτώμενες όταν ένα συμβάν στο τοπικό περιβάλλον τους μπορεί να δημιουργήσει αλλαγές στην κατάσταση και των δύο. Η γεωγραφική αλληλεξάρτηση εμφανίζεται όταν τα στοιχεία πολλαπλών υποδομών βρίσκονται σε στενή χωρική εγγύτητα. Δεδομένης αυτής της εγγύτητας, τα συμβάντα όπως μια έκρηξη ή μια πυρκαγιά θα μπορούσαν να δημιουργήσουν συσχετισμένες διαταραχές ή αλλαγές σε αυτές τις γεωγραφικά συσχετισμένες υποδομές.
- **Λογική αλληλεξάρτηση:** Δύο υποδομές θεωρούνται λογικά αλληλοεξαρτώμενες εάν η κατάσταση κάθε μιας εξαρτάται από την κατάσταση της άλλης μέσω ενός μηχανισμού που δεν αποτελεί φυσική ή γεωγραφική σύνδεση αλλά ούτε και σύνδεση



στον κυβερνοχώρο. Οι λογικές αλληλεξαρτήσεις μπορούν να παρομοιαστούν περισσότερο με ένα σχήμα ελέγχου, που συνδέει τον φορέα μιας υποδομής με έναν φορέα άλλης υποδομής, χωρίς οποιαδήποτε άμεση φυσική, γεωγραφική σύνδεση ή διαδικτυακή σύνδεση.

Επιπλέον, οι αλληλεξαρτήσεις μπορούν να περιγραφούν με βάση άλλες ιδιότητες, όπως η κατάσταση λειτουργίας, το περιβάλλον, το είδος βλάβης/επίθεσης που μπορούν να υποστούν, τα χαρακτηριστικά και η διασύνδεση της υποδομής καθώς και η διαδικασία απόκρισης. Για τις προαναφερθείσες ιδιότητες αντιστοιχούν οι εξής κατηγορίες όπως φαίνεται στην Εικόνα 2-5:

#### Τύπος δυσλειτουργίας:

- ✓ Με κοινή αιτία (Common cause): μια διαταραχή δύο ή περισσότερων υποδομών συγχρόνως λόγω μιας κοινής αιτίας (π.χ. φυσική καταστροφή, προτεραιότητα σε διάδρομο)
- ✓ Αλυσιδωτή (Cascading): μια διαταραχή σε μια υποδομή προκαλεί διαταραχή σε μια δεύτερη υποδομή
- ✓ Κλιμακούμενη (Escalating): μια διαταραχή σε μια υποδομή επιδεινώνει μια άλλη διαταραχή σε μια δεύτερη υποδομή (π.χ. ο χρόνος για την αποκατάσταση ή την επαναφορά μιας υποδομής αυξάνεται λόγω του ότι μια άλλη υποδομή δεν είναι διαθέσιμη).

#### Χαρακτηριστικά υποδομής:

- ✓ Οργανωτική
- ✓ Λειτουργική
- ✓ Χρονική: Σταθερές χρόνου – κλίμακες χρόνου της υποδομής
- ✓ Χωρική: Στοιχεία (μέρος, μονάδα, υποσύστημα, σύστημα, υποδομή, αλληλοεξαρτώμενες υποδομές) – γεωγραφική κλίμακα (πόλεις, περιοχές, εθνικό επίπεδο, διεθνές επίπεδο)

#### Κατάσταση λειτουργίας:

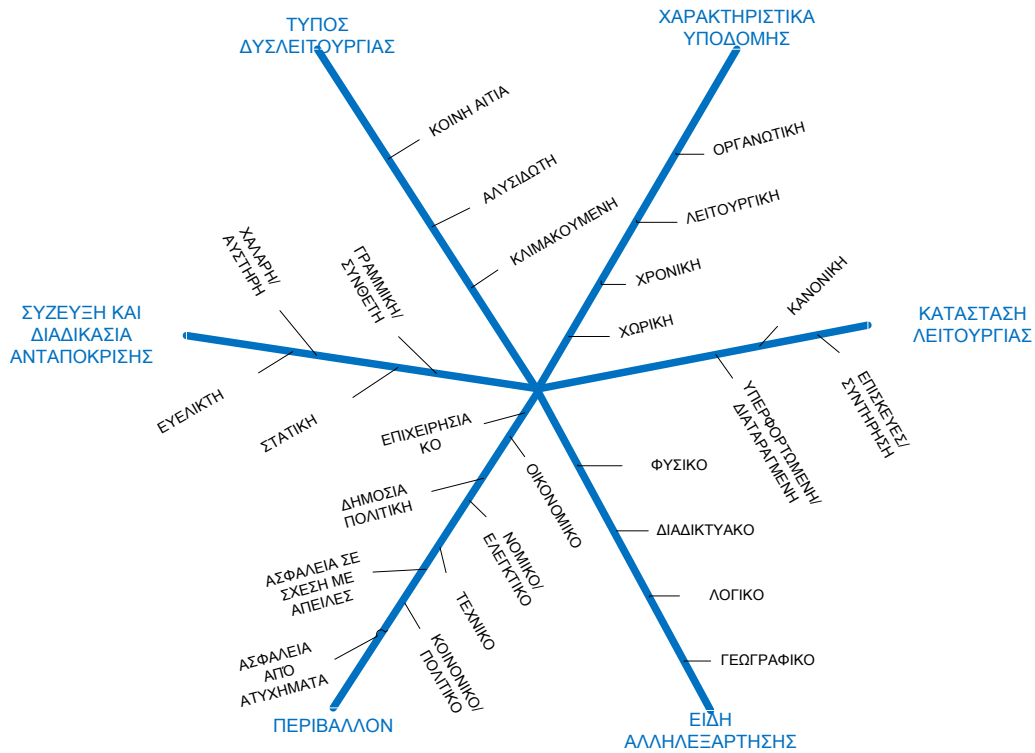
- ✓ Κανονική
- ✓ Επισκευές/Συντήρηση
- ✓ Υπερφορτωμένη/Διαταραγμένη

Περιβάλλον:

- ✓ Οικονομικό
- ✓ Νομικό/Ελεγκτικό
- ✓ Τεχνικό
- ✓ Κοινωνικό/Πολιτικό
- ✓ Επιχειρησιακό
- ✓ Δημόσια πολιτική
- ✓ Ασφάλεια σε σχέση με απειλές
- ✓ Ασφάλεια από ατυχήματα

Σύζευξη και διαδικασία απόκρισης:

- ✓ Ευέλικτη (διαδικασία απόκρισης)
- ✓ Στατική (διαδικασία απόκρισης)
- ✓ Χαλαρή/Αυστηρή (βαθμός σύζευξης)
- ✓ Γραμμική/Σύνθετη (τύπος αλληλεπίδρασης)



Εικόνα 2-5: Διαστάσεις για την περιγραφή της αλληλεξάρτησης των υποδομών<sup>30</sup>

Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για τον ορισμό και τον χαρακτηρισμό των αλληλεξαρτήσεων. Μερικές φορές μπορεί να είναι χρήσιμο να διακρίνει κανείς την εξάρτηση από την αλληλεξάρτηση (Utne et al. 2009). Οι Setola et al. (2005) χρησιμοποιούν άμεσες εξαρτήσεις, που είναι σχετικά εύκολο να προσδιοριστούν, να μοντελοποιηθούν και να αναλυθούν· και αλληλεξαρτήσεις, οι οποίες είναι αμοιβαίες εξαρτήσεις που μπορεί να είναι επικίνδυνες, αλλά δυσνόητες. Οι Rinaldi et al. (2001) ορίζουν τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ υποδομών ως μια αμφίδρομη σχέση και μεταξύ εξαρτήσεων ως μονόδρομη. Οι αμφίδρομες σχέσεις υποδηλώνουν ότι η κατάσταση μιας υποδομής επηρεάζει ή σχετίζεται με την κατάσταση μιας άλλης υποδομής.

Σε αυτήν τη μελέτη χρησιμοποιείται ο όρος «αλληλεξάρτηση ή και διασύνδεση» πράγμα που σημαίνει ότι η εξάρτηση μπορεί να είναι είτε μονόδρομη είτε αμφίδρομη (έτσι δεν είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί η «αιτιώδης κατεύθυνση» της εξάρτησης). Με άλλα λόγια, οι εξαρτήσεις μπορεί να εντοπίζονται μεταξύ των υποδομών, στο εσωτερικό μιας υποδομής, και μπορεί να συμπεριλάβουν «βρόχους», όπως όταν μια υποδομή προκαλεί την υπολειτουργία

<sup>30</sup> <http://wpweb2.tepper.cmu.edu/ceic/presentations/Kelly.pdf>

μιας άλλης υποδομής, η οποία προκαλεί με τη σειρά της μια πρόσθετη υπολειτουργία στην πρώτη υποδομή.

Στη συνέχεια αναφέρονται προσεγγίσεις προσομοίωσης διασυνδεδεμένων κρίσιμων υποδομών.

## **2.5.2 Πρότυπα προσομοιώσεων διασυνδεδεμένων κρίσιμων υποδομών**

Οι πρόσφατες έρευνες που περιγράφονται στην συνέχεια έχουν σαν αντικείμενο τη δημιουργία πλαισίων εκτίμησης κινδύνων σε διασυνδεδεμένες κρίσιμες υποδομές, που περιλαμβάνουν του τομείς της ενέργειας και πληροφορικής, χρησιμοποιώντας ένα πλήθος προσεγγίσεων προσομοίωσης προκειμένου να ερευνηθούν και να διαμορφωθούν οι διασυνδέσεις δικτύων. Μερικές από τις πιο ενδιαφέρουσες προσεγγίσεις που σχεδιάζονται για αυτόν το σκοπό είναι οι εξής:

### **2.5.2.1 Προσεγγίσεις βασισμένες σε προσομοίωση**

**Η προσομοίωση με χρήση συμβάντων (event-driven simulation):** Μέσω αυτής της προσέγγισης, προσομοιώνοντας καταστάσεις έτσι ώστε να μιμούνται τη συμπεριφορά των πραγματικών αναλόγων τους. Επιπλέον, χρησιμοποιείται μια σειρά προτεραιότητας ως προσωρινός μηχανισμός για την αποθήκευση των «γεγονότων» που πρόκειται να συμβούν. Αυτή η σειρά αποθηκεύει τα συμβάντα βάσει του χρόνου εμφάνισης τους, που σημαίνει ότι βασίζεται στο χρόνο εμφάνισης του κάθε συμβάντος, ώστε το πιο πρόσφατο στοιχείο να είναι πάντα το επόμενο συμβάν που θα μοντελοποιηθεί. Καθώς προκύπτει ένα συμβάν, είναι δυνατόν να προκαλέσει δευτερογενή συμβάντα. Αυτά τα επακόλουθα συμβάντα αποθηκεύονται στη σειρά αναμονής έτσι ώστε η εκτέλεση να συνεχίζεται έως ότου υποβληθεί προς επεξεργασία το σύνολο των συμβάντων. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε από το –χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ– έργο IRRIS (Integrated Risk Reduction of Information-based Infrastructure Systems), <http://www.irriis.org>.

Ο Rinaldi et. al (2001) προτείνει έξι (6) κατηγορίες ταξινόμησης περιστατικών που επηρεάζουν τις αλληλοεξαρτώμενες κρίσιμες υποδομές: τύπος διαταραχής, χαρακτηριστικά υποδομής, κατάσταση λειτουργίας, τύπος αλληλεξαρτήσεων, περιβάλλον, σύζευξη και διαδικασία απόκρισης. Ο Ezell (2000) υιοθέτησε την ιεραρχική ολογραφική μοντελοποίηση (Hierarchical Holographic Modeling), εξετάζοντας ένα πλήθος μαθηματικών και

εννοιολογικών μοντέλων, κάθε ένα από τα οποία είχε ένα πολύ συγκεκριμένο σκοπό στο σύστημα: ιεραρχία, λειτουργίες, στοιχεία, διαδικασίες κ.λπ.

Οι Ouyan et al. (2008) προτείνουν ότι η ευπάθεια των κρίσιμων αλληλοεξαρτώμενων υποδομών συσχετίζεται μέσω δύο διαδικαστικών προσεγγίσεων: δομική ευπάθεια και λειτουργική ευπάθεια. Η δομική ευπάθεια λαμβάνει υπόψη μόνο τις τοπολογίες υποδομής, ενώ το καθεστώς λειτουργίας άλλων υποδομών πρέπει να λάβει υπόψη τη λειτουργική ευπάθεια. Η δομική ευπάθεια σχετίζεται με τις επιθέσεις και μπορεί να περιγραφεί ως η μείωση της αποδοτικότητας ενός συστήματος μετά από επίθεση. Οι Criado (2006) και Crucitti (2003) παρουσιάζουν διάφορους ορισμούς δομικής αποδοτικότητας, όπως μέση μικρότερη απόσταση, διάμετρος δικτύου και αποδοτικότητα συστάδας, αλλά όλοι αυτοί οι ορισμοί παροσιάζουν περιορισμούς. Συνήθως, ο μέσος αντίστροφος του μικρότερου μήκους της διαδρομής των δικτύων είναι το μέτρο που χρησιμοποιείται για να μετρηθεί η δομική αποδοτικότητα (functional vulnerability).

Οι Zhang και Peeta (2011) προτείνουν ένα γενικευμένο πλαίσιο μοντελοποίησης που συνδυάζει μια πολυστρωματική ιδέα δικτύων με μια οικονομική προσέγγιση βασισμένη στην αγορά για να κατανοήσει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ διάφορων συστημάτων υποδομής με ανόμοια φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Οι διάφορες υποδομές μοντελοποιήθηκαν ως μεμονωμένα δίκτυα των οποίων οι συνδέσεις αντιπροσωπεύουν τις αλληλεπιδράσεις που έχουν στην αγορά. Οι αλληλεπιδράσεις αγοράς επηρεάζονται από διαφορετικούς τύπους αλληλεξαρτήσεων μέσω του μηχανισμού προσφοράς και ζήτησης της αγοράς. Το πλαίσιο μοντελοποίησης χρησιμοποιεί την έννοια ενός πολυστρωματικού δικτύου υποδομής (Multilayer Infrastructure Network - MIN), τη θεωρία του Υπολογίσιμου Γενικού Σημείου Ισορροπίας (Computable General Equilibrium CGE) και τη χωρική επέκτασή της (Spatial Computable General Equilibrium SCGE), για να θέσει το πρόβλημα ως ένα πρόβλημα ισορροπίας. Αριθμητικά πειράματα παρουσιάστηκαν για να δείξουν την ικανότητα του μοντέλου να ανταποκρίνεται σε διαφορετικά είδη αλληλεξαρτήσεων και να παρέχει πληροφορίες για τη σημασία αυτών των αλληλεξαρτήσεων σε πραγματικά προβλήματα.

Οι Mukherjee et al. (2010) παρουσιάζουν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που χρησιμοποιεί τη λογική των δικτύων για τη μοντελοποίηση των συνεξαρτώμενων συστημάτων υποδομής και τη εξομοίωσή τους στο πλαίσιο του γενικού σκοπού της προσομοίωσης καταστάσεων. Οι συντάκτες εφάρμοσαν την προσομοίωση καταστάσεων χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο διαδικασιών και ένα μοντέλο πληροφοριών, παρέχοντας ένα αρχικό περιβάλλον διεπαφής. Η προσομοίωση έγινε διαδραστική, επιτρέποντας στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να

μελετήσουν τις σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστημάτων υποδομής αλλά και τις μη γραμμικές ανατροφοδοτήσεις και την αντίστοιχη συμπεριφορά σε αυτές. Το μοντέλο εφαρμόστηκε στα πλαίσια του γενικού σκοπού της προσομοίωσης καταστάσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από δημόσιους φορείς διαχείρισης εκτάκτων αναγκών των υποδομών για να ελέγξουν τις στρατηγικές διαχείρισης κρίσης, να εκτιμήσουν κινδύνους, να προσδιορίσουν και να προετοιμαστούν για τα συμβάντα που εκθέτουν την ευπάθεια των συστημάτων.

Ο Johansson (2010) εισήγαγε μια διαφορετική προσέγγιση για τη μοντελοποίηση αλληλοεξαρτώμενων τεχνολογικών υποδομών. Η προσέγγιση αυτή μελετά δομικές ιδιότητες, με στοιχεία από τη θεωρία γραφικών παραστάσεων, καθώς επίσης και λειτουργικές ιδιότητες για την βελτίωση της πιστότητας και της χρησιμότητάς της. Με τη μοντελοποίηση ενός εικονικού δικτύου ηλεκτρικών σιδηροδρόμων που αποτελείται από πέντε συστήματα και αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των συστημάτων, αποδείχτηκε πως το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση ευπάθειας. Το μοντέλο έχει στόχο να καταγράψει τις λειτουργικές και γεωγραφικές αλληλεξαρτήσεις. Πρόκειται για μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση μοντελοποίησης και κατάλληλη για ανάλυσης ευπάθειας αλληλοεξαρτώμενων συστημάτων.

Οι Eusgeld et. al (2011) μελέτησαν τις αλληλεξαρτήσεις στις κρίσιμες υποδομές δίνοντας έμφαση στη σημασία της πιθανής διάδοσης της διαταραχής μεταξύ των υποδομών που οδηγούν σε αλυσιδωτές επιδράσεις/συμβάντα και επηρεάζουν όλα τα δίκτυα παροχής, παρουσιάζοντας μια προσέγγιση από τα «συστήματα των συστημάτων» ή υπερσυστήματα. Γι' αυτό χρειάστηκε ένα γενικό μοντέλο που να παρέχει εκτιμήσεις ασφάλειας και αξιοπιστίας λαμβάνοντας υπόψη τα διαφορετικά είδη απειλών και διαταραχών. Η εργασία ανέλυσε τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ βιομηχανικών συστημάτων ελέγχου, και ειδικότερα των SCADA (Συστήματα εποπτικού ελέγχου και διαχείρισης δεδομένων), και τις υφιστάμενες κρίσιμες υποδομές που μελετούν την ευπάθεια σε σχέση με τη σύζευξη των συστημάτων αυτών. Το ολοκληρωμένο μοντέλο περιλαμβάνει επιμέρους μοντέλα χαμηλού επιπέδου των (υπό)συστημάτων καθώς επίσης και ένα μοντέλο υψηλού επιπέδου, καλύπτοντας όλα τα ιεραρχικά επίπεδα. Αφ' ετέρου, ένα συνδυαστικό μοντέλο συγκεντρώνει διαφορετικά προσομοιωμένα αποτελέσματα των μοντέλων χαμηλού επιπέδου που τροφοδοτεί το υψηλότερο επίπεδο. Αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα και των δύο προσεγγίσεων και προτείνεται μια πρότυπη αρχιτεκτονική για SCADA και του συστήματος υπό φυσιολογικές συνθήκες.

**Η ενοποιημένη προσέγγιση (federative approach):** Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στην ενοποίηση και ολοκλήρωση των αρθρωτών εργαλείων προσομοίωσης (modular simulation tools) για κάθε ξεχωριστή πτυχή του υπό εξέταση δικτύου. Λειτουργεί κυρίως ως μέθοδος μοντελοποίησης λειτουργικών αλληλεξαρτήσεων μεταξύ διαφόρων προσομοιωτών ενός «κλειστού συστήματος». Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται από το έργο DIESIS (Designing A New Research Facility For Critical Infrastructure Protection)<sup>31</sup> που αποσκοπεί στη σύζευξη αυτόνομων προσομοιωτών με σκοπό την προσομοίωση συστημικών σχέσεων μεγάλης κλίμακας.

Οι περιορισμοί των προσεγγίσεων που βασίζονται στην προσομοίωση περιλαμβάνουν τα εξής: (i) τα περισσότερα από τα εργαλεία αυτά δεν επιτρέπουν στους χρήστες να διεξάγουν θεωρητικές αναλύσεις ή να αναλύουν τις μαθηματικές ιδιότητες του υφιστάμενου μοντέλου, (ii) δεν μπορούν όλες οι πτυχές των αλληλεξαρτήσεων να περιλαμβάνονται στο ίδιο μοντέλο προσομοίωσης που επικεντρώνεται συνήθως σε μια διάσταση, όπως η οικονομική ή η φυσική αλληλεξάρτηση, (iii) η ποιότητα της προσομοίωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις παραδοχές που έγιναν από τον υπεύθυνο μοντελοποίησης σχετικά με τη συμπεριφορά του κάθε φορέα και τέτοιες υποθέσεις γενικά είναι δύσκολο να θεμελιωθούν θεωρητικά ή στατιστικά, (iv) απουσιάζουν συστηματικές προσεγγίσεις για τη επιλογή των παραμέτρων προσομοίωσης με ρεαλιστικά στοιχεία αναφοράς, και (v) τα περισσότερα προγράμματα λογισμικού προσομοίωσης επικεντρώνονται μόνο σε ένα σύστημα και προσομοιώνουν τις επιπτώσεις από αυτό σε άλλα συστήματα.

### 2.5.2.2 Προσεγγίσεις εισροών-εκροών

**Η προσέγγιση της προσφοράς και της ζήτησης (supply and demand approach):** Αυτή η προσέγγιση βασίζεται σε μια λογική τύπου «κόμβου και ακμής» (node and edge), όπου ο κόμβος λειτουργεί ως μια οντότητα που παράγει, καταναλώνει ή μετατρέπει έναν πόρο, ενώ ακμή είναι το πραγματικό μέσο παροχής αυτού του πόρου προς ή από τον κόμβο. Με αυτόν τον τρόπο, το δίκτυο προσφοράς και ζήτησης έχει απεικονιστεί με ακμές που απεικονίζουν τις υποκείμενες εξαρτήσεις μεταξύ κόμβων. Η προσέγγιση αυτή αναπτύχθηκε από το British Columbia University, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη του προσομοιωτή I2Sim (<http://www.i2sim.ca/>).

---

<sup>31</sup> <http://www.diesis-project.eu>

**Η προσέγγιση κατά Leontief:** Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί το πρωτότυπο μοντέλο του Leontief ως μέσο για την αντιμετώπιση του προβλήματος της αλληλεξάρτησης των υποδομών. Αρχικά, είχε χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση της οικονομίας μιας περιοχής/χώρας, χρησιμοποιώντας οικονομικούς τομείς (παριστάνονται ως κόμβοι) που συνδέονται μεταξύ τους. Μέσα από αυτές τις συνδέσεις, οι εκροές/παραγωγή ενός τομέα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εισροές/πρώτες ύλες για έναν άλλο τομέα. Αντικαθιστώντας την έννοια της κατανάλωσης/παραγωγής με την έννοια της αδυναμίας λειτουργίας, η αναφερόμενη προσέγγιση μπορεί να επεκταθεί και σε αλληλοεξαρτώμενες υποδομές.

Οι Crowther et al (2004) πρότειναν ένα ιεραρχικό ολογραφικό μοντέλο (HHM), που λαμβάνει υπόψη την αλληλεξάρτηση του συστήματος μεταφοράς σε εθνικές οδούς. Διευκρινίζονται έξι προοπτικές του ιεραρχικού ολογραφικού μοντέλου σχετικά με τις αλληλεξαρτήσεις μεταφορών:

(α) Δικαιοδοσία Έκτακτης Ανάγκης και Αποκατάστασης (Emergency Response and Recovery - ERR): εξετάζει τις σχέσεις μεταξύ κυβερνητικών, ιδιωτικών και εθελοντικών οργανισμών που ανταποκρίνονται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

(β) Διατροπική (Intermodal): καλύπτει τις διασυνδέσεις μεταξύ των διαφόρων τρόπων μεταφοράς. Σε αυτές περιλαμβάνονται: αυτοκινητόδρομοι, σιδηρόδρομοι, αεροδρόμια, λιμάνια και μέσα μαζικής μεταφοράς/διαμετακόμισης.

(γ) Φυσική: εξετάζει τα στοιχεία των υποδομών που βρίσκονται κοντά στην υποδομή μεταφοράς ή έχουν ενσωματωθεί σε αυτή, όπως η ηλεκτρική ενέργεια και γραμμές επικοινωνιών.

(δ) Οικονομική: εξετάζει διάφορους τομείς της οικονομίας και τις αλληλεξαρτήσεις τους με τον τομέα των μεταφορών. Μερικές από τις σημαντικότερες βιομηχανίες είναι οι κατασκευές, η γεωργία, οι υπηρεσίες και το εμπόριο.

(ε) Λειτουργική: εξετάζει τους φορείς που εμπλέκονται άμεσα στη λειτουργία και συντήρηση των υποδομών μεταφοράς και τη σχέση τους με τους φορείς υποστήριξης.

(στ) Χρήστες: αφορά τους τομείς της βιομηχανίας που εξαρτώνται από την υποδομή μεταφορών

Επιπλέον, το μοντέλο Εισροών-Εκροών Αδυναμίας Λειτουργίας έχει χρησιμοποιηθεί για να παρέχει μια ποσοτική μέτρηση για την ερμηνεία της φυσικής αδυναμίας λειτουργίας ορισμένων πόρων σε μια υποδομή μεταφορών σε όρους συμβατούς με εισροές οικονομικών διαταραχών.



Οι Pant et al. (2011) περιγράφουν τις αλληλένδετες δυσμενείς επιπτώσεις των συμβάντων διαταραχής σχετικά με τη διαπεριφερειακή ροή εμπορευμάτων που προκύπτει από τις διαταραχές σε έναν τερματικό λιμένα της ενδοχώρας. Αυτή η προσέγγιση ενσωματώνει ένα μοντέλο εισροών-εκροών αδυναμίας λειτουργίας σε επίπεδο πολλών περιφερειών, το οποίο μετρά τις αλυσιδωτές περιφερειακές επιδράσεις των διαταραχών σε διασυνδεδεμένες βιομηχανίες, με μοντέλα, προσομοιώνοντας λιμενικές εργασίες, όπως την άφιξη βασικών προϊόντων, εκφόρτωση, διαλογή και διάθεση. Τα μοντέλα αυτά αναγνωρίζουν σενάρια διαταραχής στο λιμάνι και παρέχουν μέτρα για τις επιπτώσεις στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν τις λιμενικές εγκαταστάσεις της ενδοχώρας. Η μελέτη μιας περίπτωσης τόνισε τα αρνητικά αποτελέσματα του κλεισίματος του λιμανιού Catoosa στην Οκλαχόμα.

Η παραπάνω προσέγγιση έχει αρκετούς περιορισμούς. Πρώτον, δεν μελετάται το δίκτυο καθώς και τα χωρικά χαρακτηριστικά των συστημάτων υποδομής. Έτσι, κάθε σύστημα υποδομής μοντελοποιείται ως ένας ενιαίος κόμβος ή τομέας της οικονομίας. Κατά συνέπεια, δεν μπορεί να μετρηθεί ο κίνδυνος διάδοσης μεταξύ των στοιχείων του ίδιου συστήματος σε διαφορετικές θέσεις. Δεύτερον, λαμβάνεται υπόψη μια γραμμική σχέση εισροών-εκροών διάδοσης κινδύνων, η οποία δεν είναι ρεαλιστική δεδομένης της πολυπλοκότητας του πραγματικού κόσμου. Τρίτον, οι παράγοντες εισροών-εκροών και άλλοι συντελεστές θεωρούνται αμετάβλητοι στο χρόνο, αποκλείοντας τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν δυναμικά τα ζητήματα. Μια παρενέργεια της υπόθεσης του σταθερού παράγοντα εισροών-εκροών είναι ότι όλα τα συστήματα θα καταλήξουν τελικά σε πλήρη διακοπή της λειτουργίας τους με το πέρασμα του χρόνου, αν δεν υπάρχει εξωτερική προσπάθεια να σταματήσει η διαταραχή σε κάθε σύστημα. Συνήθως, αυτό δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα για τα περισσότερα συστήματα, λόγω χαρακτηριστικών, όπως εφεδρεία, αντικατάσταση, μερική αστοχία, δυνατότητα αυτόματης επισκευής και ανοχή σε βλάβες. Τέταρτον, τα υφιστάμενα μοντέλα επικεντρώνονται κατά κύριο λόγο στην ανάλυση της μετάδοσης κινδύνου διαταραχής (αδυναμία λειτουργίας), η οποία είναι μία μόνο πτυχή της αλληλεξάρτησης των υποδομών. Τα σενάρια φυσιολογικής λειτουργίας (Business-as-usual) δεν έχουν αντιμετωπιστεί, αν και η προσέγγιση έχει τη δυνατότητα να το κάνει αυτό. Πέμπτον, δεν συζητούνται επαρκώς οι μεθοδολογίες για την επιλογή των παραμέτρων του μοντέλου στην πράξη βάσει διαθέσιμων στοιχείων.

### 2.5.2.3 Προσεγγίσεις βασισμένες σε δίκτυα

**Η προσέγγιση με αλυσίδες Markov (Markov Chain):** Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί τεχνικές αλυσίδων Markov, προκειμένου να συλλάβει και να μοντελοποιήσει την αλλαγή της κατάστασης των διασυνδεδεμένων υποδομών. Οι συμπεριφορές των υποδομών αυτών περιγράφονται από τις καταστάσεις τους και τις πιθανές μεταβάσεις μεταξύ αυτών. Αυτή η προσέγγιση δημιουργεί συνήθως σημαντικές προκλήσεις που οφείλονται στην εκθετική αύξηση του αριθμού των διαμορφώσεων που πρέπει να αξιολογηθούν.

Οι S. Sultana και Z. Chen (2009) παρουσίασαν ένα είδος ολοκληρωμένου μοντέλου για την προσομοίωση της ευπάθειας του δικτύου υποδομών παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας με βάση την ανάπτυξη των καμπυλών ευθραυστότητας, την ανάλυση της συχνότητας πλημμυρών, την ανάπτυξη δικτύων Petri (μοντέλα περιγραφής κατανεμημένων δικτύων) με εκτεταμένη στοχαστική ανάλυση και τη δημιουργία αλυσίδας Markov. Όταν οι υποδομές υδροηλεκτρικής παραγωγής υφίστανται πλημμύρες, μοντελοποιείται η αλληλεξάρτηση της υποδομής που προκαλεί την πλημμύρα και μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες καταστροφές.

**Η προσέγγιση δικτύου κατά Bayes (Bayesian network):** Αυτή είναι μια πιθανοκρατική προσέγγιση που μπορεί να εφαρμοστεί στη μοντελοποίηση και στη συνέχεια στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς ενός συστήματος, βάσει των παρατηρούμενων τυχαίων συμβάντων. Στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης, οι μεταβλητές ενός κατά Bayes δικτύου είναι τα στοιχεία/πόροι του δικτύου, ενώ οι συνδέσεις αντιπροσωπεύουν την αλληλεπίδραση των κόμβων που οδηγούν το σύστημα του δικτύου στην «επιτυχία» ή την «αποτυχία».

Οι Ouyang et al. (2009) ανέπτυξαν μια θεωρία Σύνθετων Δικτύων που βασίζεται σε μεθόδους τοπολογίας προκειμένου να αναλύσουν διεξοδικά την ευπάθεια αλληλεξαρτώμενων υποδομών. Η θεωρία Σύνθετων Δικτύων (CN) είναι μία από τις πιο γνωστές προσεγγίσεις για τη διεξαγωγή ανάλυσης αλληλεξάρτησης. Παρόλα αυτά, η προσέγγιση μπορεί να μοντελοποιήσει μόνο τη συγκεκριμένη δομή τοπολογίας των αλληλεξαρτήσεων, ενώ δεν μπορεί να κάνει τίποτα σε σχέση με αβέβαια χαρακτηριστικά και τις συμπεριφορές των κρίσιμων υποδομών που μελετήθηκαν, όπως οι κοινωνικοί ή οι ανθρώπινοι παράγοντες.

Τα μοντέλα που βασίζονται σε δίκτυα μπορούν να αξιοποιήσουν το χαρακτηριστικό των συστημάτων υποδομής και να αντιμετωπίσουν τις χωρικές επιπτώσεις των κινδύνων και των διαταραχών. Ωστόσο, παρόμοια με τα μοντέλα εισροών-εκροών, τα συγκεκριμένα μοντέλα

επικεντρώνονται κυρίως σε σενάρια που σχετίζονται με την ασφάλεια και την ανάλυση διαταραχών. Επιπλέον, στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό στις πιθανότητες, και μερικές φορές, στις υπό συνθήκη πιθανότητες διαταραχής των στοιχείων του δικτύου. Ωστόσο, είναι δύσκολο να μετρήσει κανείς αυτές τις πιθανότητες ή να τις εκτιμήσει χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα. Επίσης, τα μοντέλα αυτά είναι στατικά και δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα χαρακτηριστικά της αγοράς των συστημάτων υποδομής. Ως εκ τούτου, οι τύποι αλληλεξάρτησης των υποδομών που μπορούν να μοντελοποιηθούν χρησιμοποιώντας αποκλειστικά και μόνο αυτήν την προσέγγιση είναι μάλλον περιορισμένοι. Ένα άλλο βασικό εμπόδιο για την επιτυχή εφαρμογή της προσέγγισης αυτής είναι η ετερογενής φύση των χαρακτηριστικών του δικτύου στα διάφορα συστήματα υποδομής, όπως η χωρική κλίμακα, τα χαρακτηριστικά και τα πρότυπα ροής, η αρχή δρομολόγησης της ροής, η ταχύτητα μετάδοσης, καθώς και η συμπεριφορά των χρηστών.

#### **2.5.2.4 Αντικειμενοστραφή μοντέλα**

**Η αντικειμενοστραφής μοντελοποίηση (Object-oriented modeling)** έχει αποδειχθεί ότι προσφέρει μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση για την περιγραφή της δυναμικής συμπεριφοράς ενός συστήματος, ακολουθώντας στενά την πραγματικότητα των σχετικών διαδικασιών σύζευξης. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της αντικειμενοστραφούς προσέγγισης για τη μοντελοποίηση και προσομοίωση κρίσιμων υποδομών είναι η δυνατότητα να περιλαμβάνει φυσικούς νόμους στην προσομοίωση, και να μιμείται τη συμπεριφορά της υποδομής, όπως προκύπτει από τις συμπεριφορές των επιμέρους αντικειμένων και της αλληλεπίδρασής τους. Έτσι επιτυγχάνει μια πιστή αναπαράσταση της συμπεριφοράς του συστήματος ενσωματώνοντας διάφορα τυχαία φαινόμενα που μπορεί να προκύψουν, δημιουργώντας έτσι μια πληθώρα αντιπροσωπευτικών στοχαστικών, –χρονικά εξαρτώμενων– αλυσίδων συμβάντων. Για την ενσωμάτωση στοχαστικών –χρονικά εξαρτώμενων– τεχνικών και μη τεχνικών παραγόντων στην εκτίμηση της ευπάθειας μιας κρίσιμης υποδομής, απαιτείται μια προσέγγιση αντικειμενοστραφούς μοντελοποίησης δύο επιπέδων. Για παράδειγμα, ένα σύστημα ηλεκτρικής ισχύος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα στοχαστικό υβριδικό σύστημα που μπορεί να μοντελοποιηθεί από μια Μηχανή Πεπερασμένων Καταστάσεων (Finite State Machine - FSM), η κατάσταση των οποίων αφορά συνεχείς μεταβλητές με αβέβαιη δυναμική. Οι στοχαστικές διαδικασίες αποτελούν πιθανοτικά, χρονικά εξαρτώμενα μοντέλα αστοχίας που μπορούν να προσομοιωθούν με τις τεχνικές Monte Carlo.

Ο Panzieri (2005) χρησιμοποίησε την ονομαζόμενη προσέγγιση Σύνθετων Προσαρμοζόμενων Συστημάτων (Complex Adaptive Systems - CAS), όπου ανεξάρτητα δικτυωμένα συστήματα που συνήθως ονομάζονται πράκτορες [agents], επεξεργάζονται αυτόνομα πληροφορίες και πόρους προκειμένου να καθορίσουν τις εκροές τους. Η προσέγγιση CAS είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις όπως η αλληλεξάρτηση υποδομών, όπου υπάρχει σπάνια ή ανύπαρκτη μακροκλίμακα πληροφοριών. Οι Sandmann (2007) και Nicola (2001) προτείνουν στοχαστικά μοντέλα δικτύων που καλύπτουν ένα ευρύ πεδίο μοντέλων και εργαλείων τα οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στη μοντελοποίηση (αλληλ)εξάρτησης. Ασχολήθηκαν με συμβάντα που έχουν μεγάλο αντίκτυπο στις κρίσιμες υποδομές και εμφανίζονται σπανίως. Είναι τα λεγόμενα σπάνια γεγονότα (Rare Events).

Ο Panzieri (2005) επίσης προσδιορίζει αρκετούς διαφορετικούς πίνακες για τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των ετερογενών κρίσιμων υποδομών όπως:

- πίνακα περιστατικού λειτουργικού επιπέδου: όπου οι σειρές αντιπροσωπεύουν το σύνολο των κόμβων που απαιτούν τις εκροές του κάθε κόμβου προκειμένου να είναι σε θέση να εκτελούν τις δραστηριότητές τους.
- πίνακα περιστατικού απαίτησης: όπου οι σειρές αντιπροσωπεύουν το σύνολο των κόμβων που παρέχουν τους απαραίτητους πόρους στον κάθε παράγοντα.
- τρεις (3) πίνακες περιστατικού δυαδικής βλάβης (Fault Incidence Matrices - FIM): όπου η παρουσία του αριθμού ένα (1) σε οποιαδήποτε θέση, σημαίνει ότι μια βλάβη μπορεί να αναπαραχθεί από τον κόμβο ι στον κόμβο κ. Οι πίνακες FIM αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικούς τύπους αλληλεξάρτησης και συγκεκριμένα:
  - Ο φυσικός FIM περιγράφει τη διάδοση μιας βλάβης μέσω των φυσικών ζεύξεων
  - Ο γεωγραφικός FIM τονίζει ότι οι βλάβες μπορεί να μεταδοθούν μεταξύ των κόμβων που βρίσκονται σε άμεση χωρική εγγύτητα.
  - Ο ηλεκτρονικός FIM περιγράφει τη διάδοση των βλαβών που σχετίζονται με τον κυβερνοχώρο

Ο Zimmerman (2004 και 2001) διέκρινε τη χωρική και λειτουργική διασυνδεσιμότητα και εξάρτηση. Η χωρική διασυνδεσιμότητα ορίστηκε έτσι ώστε να υπολογίζει την εγγύτητα μεταξύ των υποδομών ως την πιο σημαντική σχέση μεταξύ τους. Η λειτουργική διασυνδεσιμότητα αναφέρεται σε μια κατάσταση κατά την οποία μια υποδομή είναι απαραίτητη για τη λειτουργία μιας άλλης υποδομής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, οι αντλίες σε ένα σύστημα επεξεργασίας νερού που απαιτούν ηλεκτρικό ρεύμα για να τεθούν σε λειτουργία. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις και με τους δύο τύπους διασυνδεσιμότητας.

Οι Casalicchio et al (2010) προτείνουν μια λύση για τη μοντελοποίηση της κρίσιμης αλληλεξάρτησης που βασίζεται στην κατασκευή ενός μοντέλου και σε αντίστοιχη προσομοίωση βασισμένη σε «πράκτορες» (agent-based) και ονομάζεται Federated Agent-Based Modeling and Simulation (ABMS). Παρέχει ορισμούς για τη μοντελοποίηση σύνθετων συστημάτων σχετικά με αλληλεπιδρώντα συστήματα, ως ένα σύνολο διαδραστικών «πρακτόρων» και μοντέλα προσομοίωσης ειδικά για τον συγκεκριμένο τομέα. Η εφαρμογή του επίσημου μοντέλου γίνεται σε ένα σύστημα στόχο, που αποτελείται από ένα δίκτυο επικοινωνίας και ένα ηλεκτρικό δίκτυο ισχύος.

Ο Balducelli (2005) ανέπτυξε ευφυείς πράκτορες (agents) που αλληλεπιδρούν για τη μοντελοποίηση της προσομοίωσης διακριτών συμβάντων σαν ένα εργαλείο για την προσέγγιση της ανάλυσης των αλληλεξαρτήσεων και την αξιολόγηση των κρίσιμων υποδομών. Αναπτύχθηκε ένα διακριτό σύστημα προσομοίωσης χρησιμοποιώντας παραγοντοστραφή προγραμματισμό και λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα περιορισμένα σύνολα κρίσιμων υποδομών: μιας μεγάλης κλίμακας υποδομή νοσοκομείου, μια υποδομή σιδηροδρομικού σταθμού και άλλες υποδομές δημοσίων μεταφορών. Προσομοιώθηκαν οι βλάβες στο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι παράγοντας διακοπών ηλεκτρικού ρεύματος η διάρκεια των οποίων μπορούσε να μεταβάλλεται στο χρόνο και στο χώρο, δημιουργώντας συνέπειες στο εσωτερικό των υποδομών μεταφοράς. Οι χρήστες νοσοκομειακής υποδομής, όπως γιατροί, νοσηλευτικό προσωπικό, φοιτητές και ασθενείς μοντελοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας παραγοντοστραφείς αρχιτεκτονικές. Στόχος των προσομοιώσεων ήταν να μελετηθούν και να αναλυθούν οι αλληλεξαρτήσεις των αναφερόμενων υποδομών.

Οι Yong Ge et al. (2010) ανέπτυξαν το σύστημα δικτύου GeoPetri ενσωματώνοντας ένα δίκτυο Petri σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών για να διερευνήσουν τις γεωγραφικές διασυνδέσεις μεταξύ των επιμέρους συστημάτων, αλλά η δυνατότητα υλοποίησης του περιορίζεται όταν μελετώνται και άλλες μορφές αλληλεξαρτήσεων. Οι Nan και Eusgeld (2010) υιοθέτησαν ένα πρότυπο αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου (HLA) για τη μελέτη των αλληλεξαρτήσεων αποδομώντας τον τύπο του ενός ενιαίου προσομοιωτή που περιλαμβάνει όλους τους τομείς σε πολλαπλούς προσομοιωτές συγκεκριμένων τομέων (domain) συνδυάζοντάς τους σε ένα καταναμημένο περιβάλλον προσομοίωσης και χρησιμοποιώντας μια σύνδεση δικτύου για την επικοινωνία. Όμως η ίδια η υποδομή επικοινωνιών εξακολουθεί να είναι ευπαθής όταν είναι πλήρως διασυνδεδεμένη.

Οι McNally et al. (2007) πρότειναν έναν τρόπο διερεύνησης των λειτουργικών και γεωγραφικών αλληλεξαρτήσεων σχηματικά και γεωγραφικά μέσω της σύνδεσης συστημάτων GIS και συστήματος πληροφοριών βασισμένο σε μια οντολογία που μοντελοποιεί τις αλληλεξαρτήσεις εντός των τομέων αλλά και διατομεακά στις κρίσιμες υποδομές.

Οι Simmonds et al (2010) προτείνουν ένα σύνολο πέντε προκαθορισμένων σχέσεων μεταξύ πόρων που καθορίζουν διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης: *Contains* (περιέχει), *Used by* (χρησιμοποιείται από), *equals* (ισούται), *interacts with* (αλληλεπιδρά με) και *proximity of* (γεινιάζει με). Αυτές οι πέντε σχέσεις κρίθηκαν επαρκείς για να σχετιστούν με τους πόρους που καλύπτουν την πλειονότητα των υπό μελέτη υποθέσεων.

*Contains*: Όπως χρησιμοποιείται στη φυσική ή λογική περίληψη. Αυτή η σχέση πρέπει να χρησιμοποιείται όταν υπάρχει μια λογική, λειτουργική ή επιχειρησιακή εξάρτηση μέσω φυσικής ή λογικής περίληψης.

*Used By*: Όπως χρησιμοποιείται σε μια μονόδρομη λογική, λειτουργική ή επιχειρησιακή εξάρτηση. Αυτό μπορεί να γίνει ή όχι μέσω φυσικής αλληλεπίδρασης.

*Equals*: Όπως χρησιμοποιείται σε μια λογική, λειτουργική, επιχειρησιακή αλλά όχι φυσική ισοδυναμία. Εάν δύο πόροι σχετίζονται με «ισούνται», τότε στο πλαίσιο διαχείρισης κινδύνων μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι ο ίδιος πόρος.

*Interacts with*: Όπως χρησιμοποιείται σε μια συμμετρική λογική, λειτουργική ή επιχειρησιακή συσχέτιση. Αυτό μπορεί ή δεν μπορεί να γίνει μέσω φυσικής αλληλεπίδρασης. Αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται όταν η φύση της αλληλεπίδρασης ή της εξάρτησης μεταξύ δύο πόρων είναι ασαφής ή δεν είναι πλήρως κατανοητή προς το παρόν.

*Proximity of*: Όπως χρησιμοποιείται στη φυσική εγγύτητα, π.χ. ένας «χώρος απόρριψης πετρελαίου» χαρακτηρίζεται «γεινιάζει με» την «Αποθήκη». Αυτή η σχέση θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο με μια συγκεκριμένη φυσική απειλή ώστε να οριοθετήσει τους πόρους που παρουσιάζουν φυσική «κατάπτωση» λόγω του ότι επηρεάστηκε κάποιος άλλος πόρος. Μπορεί να οριστεί το παρακάτω σύνολο κανόνων έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν πλήρως τις συνέπειες στα δίκτυα μεταφοράς/πόρων.

- Αν ο πόρος έχει μόνιμη δομική βλάβη, τότε όλοι οι πόροι που περιέχονται σε αυτόν θα μπορούσαν να υποστούν μόνιμη δομική βλάβη.
- Αν ο πόρος έχει μερική δομική βλάβη, τότε όλοι οι πόροι που περιέχονται θα υποστούν μόνιμη ή μερική δομική βλάβη ή θα μπορούσαν να γίνουν μη λειτουργικοί.
- Αν ο πόρος έχει μόνιμη δομική βλάβη, τότε όλοι οι πόροι που τον χρησιμοποιούν θα μπορούσαν να γίνουν μη λειτουργικοί.
- Αν ο πόρος έχει μερική δομική βλάβη, τότε όλοι οι πόροι που τον χρησιμοποιούν θα

μπορούσαν να γίνουν μη λειτουργικοί.

Τα βασικά προβλήματα της αντικειμενοστραφούς μοντελοποίησης σχετίζονται με τη χαμηλή ταχύτητα προσομοίωσης και το μεγάλο αριθμό των παραμέτρων εισροής στην ανάλυση. Ωστόσο, εστιάζοντας σε συγκεκριμένες πτυχές της ασφάλειας, το μοντέλο μπορεί να απλοποιηθεί, και να μειωθεί το υπολογιστικό κόστος.

### 2.5.2.5 Ποσοτικές προσεγγίσεις

**Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων (Quantitative risk analysis)** στηρίζεται στην εκτεταμένη αναγνώριση των σεναρίων κινδύνου. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, ο αριθμός των σεναρίων είναι μεγάλος, και συνεπώς, το δεύτερο βήμα αφορά στο φιλτράρισμα και στην ιεράρχηση των σεναρίων σύμφωνα με τη σοβαρότητά τους, όπως καθορίζεται από τις πιθανότητες και τις συνέπειες που συνδέονται με αυτά. Οι απόψεις των ειδικών χρησιμοποιούνται κυρίως για να καθοδηγήσουν τη διαδικασία και να αξιολογήσουν το αποτέλεσμα.

Το μοντέλο DECRIS (Utne 2008, 2010) αξιοποιεί την εμπειρία από τις αναλύσεις των κινδύνων σε διάφορες κρίσιμες υποδομές και ένας από τους κύριους στόχους είναι να αναπτυχθεί μια γενική μεθοδολογία για όλους τους κινδύνους που είναι κατάλληλη για τη διατομεακή ανάλυση υποδομών. Εξετάστηκαν αρκετές πλευρές όπως π.χ. ασφάλεια, οικονομικές επιπτώσεις και απώλεια υπηρεσιών. Σε μια πιο πρόσφατη έκδοση, το πλαίσιο εφαρμόστηκε με τα ακόλουθα βήματα:

1. Περιγραφή αρχικού συμβάντος.
2. Προσδιορισμός αλληλεξαρτήσεων. Διεξαγωγή ποιοτικής ανάλυσης.
3. Διεξαγωγή ημιποσοτικής εκτίμησης του κινδύνου του σεναρίου.
4. Διεξαγωγή λεπτομερούς ποσοτικής ανάλυσης των αλληλεξαρτήσεων (προαιρετικά).
5. Αξιολόγηση κινδύνων και μέτρων για τη μείωση των αλληλεξαρτήσεων.
6. Ανάλυση κόστους/οφέλους (προαιρετικά).

## 2.6 Λογισμικό για την εκτίμηση επικινδυνότητας σε κρίσιμες υποδομές

Η επόμενη ενότητα παρουσιάζει μια σύντομη επισκόπηση των υφιστάμενων λύσεων λογισμικού που έχουν σκοπό να καταγράψουν κινδύνους σε κρίσιμες υποδομές.

### 2.6.1 CRAMM<sup>32</sup>

Αρχικά, το αρκτικόλεξο CRAMM αντιπροσώπευε τη Μέθοδο Διαχείρισης και Ανάλυσης Κινδύνων (CCTA Risk Analysis and Management Method) της CCTA (UK Government Central Computing and Telecommunications Agency). Το CRAMM αναπτύχθηκε για να βοηθήσει στις εξής θέματα: (α) πραγματοποίηση ανάλυσης κινδύνων πληροφοριακών συστημάτων και δικτύων, (β) προσδιορισμός απαιτήσεων ασφαλείας και πιθανών λύσεων, (γ) προσδιορισμός των απαιτήσεων έκτακτης ανάγκης και των πιθανών μέτρων, καθώς και παρακολούθηση και μέτρηση της προόδου με τη χρήση των προτεινόμενων αντιμέτρων.

#### Κύρια χαρακτηριστικά

Σύμφωνα με την προσέγγιση CRAMM, ο κίνδυνος θεωρείται ότι είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας να συμβεί ένα ανεπιθύμητο περιστατικό (που προέρχεται από τις απειλές προς τους πόρους και την ευπάθεια τους) και των επιπτώσεων που θα μπορούσαν να προκύψουν από το περιστατικό. Το CRAMM καλύπτει και τις δύο τεχνικές (π.χ. υλικό και λογισμικό πληροφορικής) και μη τεχνικές (π.χ. φυσικές και ανθρώπινες) πτυχές της ασφάλειας. Κάθε ξεχωριστή εκτίμηση κινδύνου με το CRAMM ονομάζεται «αναθεώρηση (ασφάλειας)». Τα τρία στάδια του μοντέλου CRAMM είναι τα εξής:

**Βήμα 1:** Καθορισμός στόχων ασφαλείας

**Βήμα 2:** Εκτίμηση κινδύνων στο σύστημα και απαιτήσεις για την ασφάλεια

**Βήμα 3.** Αναγνώριση και επιλογή των αντισταθμιστικών μέτρων που είναι αντίστοιχα με τα μέτρα των κινδύνων που υπολογίζονται στο Στάδιο 2. Η μέθοδος CRAMM περιέχει μια πολύ μεγάλη βιβλιοθήκη αντιμέτρων που αποτελείται από περισσότερα από 3.500 λεπτομερή αντίμετρα οργανωμένα σε περισσότερες από 70 κατηγορίες.

---

<sup>32</sup> <http://www.cramm.com>



Εκτός από την υποστήριξη αυτών των τριών σταδίων της εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνων, το εργαλείο CRAMM υποστηρίζει τα εξής:

- Προσδιορισμός των απαιτήσεων σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης και των σχετικών λύσεων.
- «Επανιχνηλάτηση» για τον εντοπισμό όλων των απειλών, των τρωτών σημείων και της αξίας πόρων που οδήγησαν στην πρόταση ενός αντιμέτρου.
- Έρευνα τύπου «what if» για τις επιπτώσεις των πιθανών αλλαγών κατά περίπτωση στο σύστημα ή στο δίκτυο και στο προφίλ ασφάλειας του.
- Κατασκευή λειτουργικών διαδικασιών ασφάλειας (SyOPs)
- Διενέργεια επιθεωρήσεων ασφαλείας.

Σε όλα τα στάδια, το εργαλείο μπορεί να παράγει εκθέσεις των δεδομένων που έχουν εισαχθεί και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων που έχουν παραχθεί. Το εργαλείο CRAMM παρέχει μια μέθοδο με την οποία μπορούν να αιτιολογηθούν οι δαπάνες για την ασφάλεια και τα μέτρα έκτακτης ανάγκης. Επιπρόσθετα είναι ιδανικό για ένα ευρύ φάσμα συστημάτων, ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα, αλλά είναι καταλληλότερο για συστήματα που έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν σε στατικές θέσεις από ότι για φορητά συστήματα. Εκτός από το άμεσο όφελος της δημιουργίας αντιμέτρων μια πλήρης μελέτη τύπου CRAMM παρέχει μια εκτενή ανάλυση του συστήματος πληροφοριών μιας υποδομής. Ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει ένα πρότυπο σύστημα που λαμβάνει υπόψη τις αλληλεξαρτήσεις των πόρων και εξαναγκάζει τους χρήστες να προσδιορίσουν ποια τμήματα του συστήματος υποστηρίζουν ποιες επιχειρησιακές διαδικασίες. Η μελέτη μπορεί να προσφέρει κάποιες εκπληκτικά χρήσιμες γνώσεις σχετικά με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος καθώς και μια συνολική αξιολόγηση των πόρων που διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο, βάσει των απειλών και των επιπτώσεων που θα επιφέρουν αυτές.

## **2.6.2 Μητρώο κινδύνων ασφαλείας**

Το μητρώο κινδύνων ασφαλείας QinetiQ (Risk Registry<sup>33</sup>) αναπτύχθηκε στο πλαίσιο ενός προγράμματος εφαρμοσμένης έρευνας για το Υπουργείο Άμυνας του Ηνωμένου Βασιλείου. Είναι λύση που βασίζεται σε πιο γενικευμένο μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας. Το

---

<sup>33</sup> [www.qinetiq.com](http://www.qinetiq.com)

μητρώο κινδύνων αναπτύχθηκε ως βάση δεδομένων Microsoft (MS) Access που υποστηρίζεται από σενάρια και δομοστοιχεία γλώσσας Perl. Το μητρώο κινδύνων είναι σε μορφή βάσης δεδομένων (π.χ. MS Access) για να βοηθά το χρήστη να δημιουργήσει, να διαχειρίζεται επερωτήσεις και γενικά να συντηρεί το μητρώο μέσα από μια ποικιλία ηλεκτρονικών υποστηρικτικών εργαλείων.

Το μητρώο κινδύνων βασίζεται στους πόρους κρίσιμων υποδομών, που σημαίνει ότι κάθε κίνδυνος περιγράφεται στα πλαίσια των απειλών που τίθενται προς τους πόρους και τις επιπτώσεις που θα μπορούσε να έχει σε αυτούς. Ένας *πόρος* είναι ένα αφηρημένο εννοιολογικό αντικείμενο που ορίζεται ως: οτιδήποτε, φυσικό ή λογικό που επηρεάζει τις διαδικασίες στον τομέα ενδιαφέροντος. Ένας πόρος μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως και «αντικείμενο» κάτι που έχει αξία (για το χρήστη, τον ιδιοκτήτη, το φορέα εκμετάλλευσης, κ.λπ.). Ένας πόρος μπορεί επίσης να είναι ένα σύνολο αποτελούμενο από τα παραπάνω και ως τέτοιος, ονομάζεται *συλλογικός πόρος*.

Συχνά, ζεύγη πόρων σχετίζονται, έτσι ώστε αν ένας πόρος πρόκειται να αποτύχει ή να καταστεί μη διαθέσιμος, η λειτουργία του δεύτερου πόρου μπορεί, κατά πάσα πιθανότητα, να είναι αισθητά μειωμένη. Η έννοια των *σχέσεων* ή των εξαρτήσεων μεταξύ των πόρων στα πλαίσια της ανάλυσης κινδύνων εισάγονται στο μητρώο κινδύνων ως μαθηματικές *σχέσεις*. Ορισμένες «πρότυπες» σχέσεις, όπως «contains», «depends on», «[in] the proximity of» είναι προκαθορισμένες στο μητρώο κινδύνων, και οι χρήστες μπορούν να ορίσουν πρόσθετες σχέσεις. Το κύριο πλεονέκτημα του ορισμού της έννοιας των σχέσεων μεταξύ των πόρων μέσω μαθηματικών σχέσεων, όπως προαναφέρθηκε, είναι ότι καθιστούν δυνατή την υποστήριξη σημαντικών εργαλειομηχανών που θα αναπτυχθούν για το μητρώο κινδύνων. Η δυσλειτουργία περιγράφεται από τη λειτουργική ανεπάρκεια των πόρων μεταξύ των άμεσα απειλούμενων (και επηρεασμένων) πόρων και των δευτερογενώς επηρεασμένων πόρων.

Η μεθοδολογία που ονομάστηκε «*γραμματική περιγραφής των κινδύνων*» (risk description grammar) αναπτύχθηκε για το μητρώο των κινδύνων. Είναι ένα απλό πλαίσιο για τον καθορισμό της φύσης ενός κινδύνου και επινοήθηκε με σκοπό να καταστούν οι περιγραφές των κινδύνων πιο αυστηρές και ακριβείς. Η γραμματική είναι μια «δομημένη φυσική γλώσσα» στην οποία οι προτάσεις σχηματίζονται με βάση συγκεκριμένα πρότυπα με (αγγλικές) προτάσεις φυσικής γλώσσας και σημασιολογία που αντιστοιχεί ακριβώς στο μοντέλο του κινδύνου. Ένα παράδειγμα φράσης σε αυτήν τη γραμματική είναι (με έντονα γράμματα τα κύρια σημεία και σε εισαγωγικά τα στοιχεία που παρέχει ο χρήστης): **Υπάρχει κίνδυνος ο πόρος** «Υποδομή κεντρικού σιδηροδρομικού σταθμού» **να είναι ευάλωτος** «σε

ανθρωπογενή καταστροφή» λόγω «έκρηξης βόμβας σε όχημα που βρίσκεται στην περιοχή του κεντρικού κτηρίου του σιδηροδρομικού σταθμού» **εκμεταλλεζόμενος** «την έλλειψη μέτρων φυσικής ασφάλειας στην περιοχή, και ιδιαίτερα τον αστυνομικό κλοιό» που **εκμεταλλεύτηκαν** «τρομοκρατικές ομάδες» **με αποτέλεσμα** «να μην υπάρχει διαθεσιμότητα του πόρου «Προσωπικό κεντρικού σιδηροδρομικού σταθμού στον» για άγνωστο χρονικό διάστημα». Το εργαλείο μητρώου κινδύνων περιλαμβάνει έναν συντακτικό αναλυτή (parser) που ελέγχει τη σύνταξη των προτάσεων και εκτελεί περιορισμένη σημασιολογική ανάλυση.

### **2.6.3 Μέθοδος και εργαλεία εκτίμησης κινδύνων CORAS**

Το CORAS είναι ένα πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων στη διαδικασία τελικών χρηστών (end-to-end) που αποτελείται από τέσσερα στοιχεία<sup>34</sup> : 1) Μια μέθοδο/διαδικασία, 2) Μια γλώσσα μοντελοποίησης κινδύνων, 3) Ένα απλό εργαλείο με τη χρήση της γλώσσας μοντελοποίησης κινδύνων για τη δημιουργία διαγραμμάτων και μοντέλων σε κάθε στάδιο της εκτίμησης, 4) ένα εργαλείο CORAS για την βηματική υλοποίησης της μεθοδολογίας CORAS.

Το CORAS<sup>35</sup> αναπτύχθηκε ως μια μέθοδος υποστηριζόμενη από ένα εργαλείο για την εκτίμηση κινδύνων βάσει μοντέλων προσομοίωσης διεργασιών. Βασίστηκε στη γλώσσα UML για τη μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών εκτίμησης κινδύνων, και στη συνέχεια εξελίχθηκε σε μια συγκεκριμένη «γλώσσα κινδύνων» που χρησιμοποιείται ως κοινή γλώσσα μεταξύ εμπλεκόμενων από διαφορετικούς τομείς κρίσιμων υποδομών παρέχοντας κοινή κατανόηση των όρων και των σχέσεων που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση κινδύνων. Κάνει εκτεταμένη χρήση των υφιστάμενων μεθόδων εκτίμησης κινδύνων, όπως η ανάλυση SWOT (strengths-weaknesses-opportunities-threats), η ανάλυση κινδύνων και λειτουργικότητας (Hazards and Operability Analysis - HazOp), και η ανάλυση τύπων διαταραχής και επιπτώσεων (FMEA - failure model effects analysis), και περιγράφει αναλυτικά συνδυαστικές μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιούν τις εκροές μιας τεχνικής ως εισροές για μια άλλη με σκοπό να δημιουργήσουν νέους κινδύνους (ή περιοχές ενδιαφέροντος). Αυτό σημαίνει ότι η πλήρη εφαρμογή μιας τέτοιας τεχνικής θα είναι εξαντλητική εάν εφαρμοστεί πλήρως, αλλά κάθε δραστηριότητα μπορεί να τερματιστεί όταν ο υπεύθυνος αποφασίσει ότι τα αποτελέσματα είναι επαρκώς ακριβή. Η μέθοδος CORAS περιλαμβάνει τη χρήση ειδικών πινάκων και διαγραμμάτων για κάθε στάδιο της διαδικασίας εκτίμησης κινδύνων οι οποίοι, όπως και με τις μεθόδους ανάλυσης, χρησιμοποιούνται

---

<sup>34</sup> <http://coras.sourceforge.net/>

<sup>35</sup> IST-2000-25031

διαδοχικά για την παροχή εισροών σε μετέπειτα δραστηριότητες.

Η μέθοδος CORAS φαίνεται να είναι γενικά εφαρμόσιμη στους περισσότερους τύπους εκτίμησης κινδύνων και τύπων υποδομών. Ωστόσο, χρειάζεται κατάλληλη εκπαίδευση των χρηστών για να μην γίνει υπερεκτίμηση ή υποτίμηση του επιπέδου ενός κινδύνου ενώ από την άλλη να είναι σε θέση οι χρήστες να προσδιορίσουν τις περιοχές ενδιαφέροντος με ακρίβεια, καθώς δεν παρέχει κανένα μέσο εντοπισμού της σημασίας κάθε κινδύνου έναντι κάποιου άλλου, εκτός από τη σύγκριση των τιμών των κινδύνων (συχνότητες και συνέπειες).

#### **2.6.4 CARVER2**

Το CARVER2<sup>36</sup> είναι ένα εργαλείο που αναπτύχθηκε από το US NI2 Centre for Infrastructure Expertise προκειμένου να εξυπηρετήσει τις ανάγκες ανάλυσης των κρίσιμων υποδομών κυρίως από την οπτική γωνία των υπεύθυνων για τη χάραξη πολιτικής ασφάλειας. Για την εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας, αναπτύχθηκε ένα αυτόνομο πληροφοριακό εργαλείο και μια έκδοση διακομιστή/πελάτη (CARVER2Web). Η μεθοδολογία καλύπτει τις τρομοκρατικές απειλές καθώς επίσης και τις φυσικές καταστροφές, εφαρμόζοντας μια κοινή προσέγγιση για όλους τους κινδύνους. Αυτή η μεθοδολογία εφαρμόζεται μέσω έξι διαφορετικών κριτηρίων βάσει των οποίων μελετάται ένας πόρος ή μια υποδομή. Η **κρισιμότητα** (criticality) είναι το μέρος εκτίμησης της μεθοδολογίας που αφορά τις επιπτώσεις. Είναι αξιοσημείωτο ότι συμφωνεί με τα θεμελιώδη κριτήρια της Οδηγίας 114/2008 (για την προστασία Ευρωπαϊκών Υποδομών Ζωτικής Σημασίας) από πλευράς κατηγοριών επιπτώσεων (επηρεασμένοι χρήστες, άμεση οικονομική απώλεια και κόστος ανοικοδόμησης, πιθανές απώλειες).

Η **δυνατότητα προσβασιμότητας** (accessibility) αναφέρεται στην πιθανότητα να εισέλθουν τρομοκράτες στην υποδομή για να προκαλέσουν καταστροφή, πράγμα που αποτελεί κυρίως μια εκτίμηση της ευπάθειας της υποδομής από άποψη φυσικής ασφάλειας. Η **δυνατότητα αποκατάστασης** (recoverability) καλύπτει μερικώς την ανθεκτικότητα δεδομένου ότι αναφέρεται στη δυνατότητα της υποδομής να ανακάμπτει μετά από διαταραχή. Η **τρωτότητα** (vulnerability) καλύπτει μέρος των πιθανών ευπαθειών υποδομής, αυτών που σχετίζονται με τρομοκρατικές επιθέσεις και πιο συγκεκριμένα με εκρήξεις και χημικές/βιολογικές απειλές.

---

<sup>36</sup> <http://www.ni2cie.org/downloads/CARVER2demo.pdf>

Το κριτήριο **συναίσθησης** (espyability) αναφέρεται στη λειτουργία μιας υποδομής ως σύμβολο (π.χ. πολιτιστική περιοχή) με έμμεσες επιπτώσεις. Εντούτοις, δεν εξηγείται λεπτομερώς η ποσοτικοποίηση αυτού. Τέλος, η **εφεδρικότητα** (redundancy) αναφέρεται στις εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν για τον πόρο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος με τον οποίο εκτιμώνται οι αλληλεξαρτήσεις. Ο χρήστης έχει στην διάθεσή του μια κατηγοριοποίηση τομέων που επηρεάζονται από την απώλεια ενός πόρου. Κατά συνέπεια, για τους πόρους που ανήκουν στον ίδιο τομέα (π.χ. μεταφορές) είναι δυνατόν να επηρεάζονται διαφορετικοί τομείς. Αυτό που πρέπει να διευκρινιστεί αναλυτικά είναι σε ποιο επίπεδο καθορίζονται οι αλληλεξαρτήσεις. Πιθανότατα, η σχέση μεταξύ διάφορων πόρων σε διαφορετικούς τομείς να είναι προκαθορισμένη. Επιπλέον δεν είναι σαφές ποιο είδος αλληλεξάρτησης περιλαμβάνεται στο εργαλείο (εικονική, φυσική, λειτουργική, γεωγραφική).

Το καθορισμένο από το χρήστη σύστημα αξιολόγησης επιτρέπει να συγκριθούν ανομοιογενή αντικείμενα και είναι χαρακτηριστικό ότι παρέχει ένα διατομεακό (cross-sectoral) εναρμονισμένο σύστημα μέτρησης για την εκτίμηση της σπουδαιότητας των διαφορετικών υποδομών. Λείπει ωστόσο μια προσέγγιση υψηλότερου επιπέδου ενώ η ανθεκτικότητα εξετάζεται μόνο μερικώς.

## **2.7 Συμπεράσματα**

Ο αριθμός μεθοδολογιών για την εκτίμηση επικινδυνότητας στις κρίσιμες υποδομές είναι σημαντικός, όπως κατέδειξε η ανάλυση του κεφαλαίου αυτού. Σε πολλές περιπτώσεις η εκτίμηση επικινδυνότητας είναι μεταφορά από μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν και εφαρμόζονται σε διαφορετικούς οργανισμούς. Σαν συνέπεια αυτού, δημιουργήθηκαν με συγκεκριμένες απαιτήσεις και είναι σχεδόν τέλεια προσαρμοσμένες στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών, καθώς και αφορούν ένα πολύ περιορισμένο και σχετικό εύρος απειλών. Ακριβώς αυτοί είναι και οι περιορισμοί των σχετικών μεθοδολογιών, ενώ η σημαντικότερη πρόκληση είναι η κλιμάκωση τους, ώστε να είναι εφαρμόσιμοι σε πολύπλοκα δίκτυα και συστήματα και να μπορούν να αντιμετωπίσουν πλήθος από διαφορετικές απειλές (ολιστική προσέγγιση).

Οι ανάγκες των φορέων όπως καταγράφηκαν σε πολλά πλαίσια<sup>37,38,39</sup> σχετίζονται με την ανάπτυξη αποτελεσματικών προσεγγίσεων για την αξιολόγηση των σύνθετων υποδομών. Η αποτελεσματικότητα κάθε προτεινόμενης λύσης εστιάζεται στον συμβιβασμό μεταξύ του χρόνου και δεδομένων που είναι αναγκαία για ένα μοντέλο, και την δυνατότητα να αποτυπώνει την αντιμετώπιση κάθε είδους κινδύνου (π.χ. τρομοκρατία, οι φυσικές καταστροφές, τεχνητές απειλές) ,στο επίπεδο στο οποίο το αποτέλεσμα ανάλυσης πρέπει να τροφοδοτούν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η κρισιμότητα που χαρακτηρίζει της αλληλεξάρτηση μεταξύ υποδομών είναι η κύρια πρόκληση για αυτές τις μεθοδολογίες. Η ταυτοποίηση των αλληλεξαρτήσεων θα επιτρέψει να την εκτίμηση πολλαπλών επιπτώσεων και την αποτύπωση μιας ενοποιημένης μορφής για τον κίνδυνο, έτσι ώστε σύγκριση των επιμέρους τομέων να μην καταλήγουν σε αμφιλεγόμενα αποτελέσματα.

Σε όλες τις περιπτώσεις η έννοια της ανθεκτικότητας (resilience) των υποδομών φαίνεται να είναι το στοιχείο που λείπει. Οι φορείς εκμετάλλευσης και οι διαχειριστές περιουσιακών στοιχείων, έχουν την τάση να αναγνωρίζουν απειλές και την τρωτότητα των εγκαταστάσεων που ανέλυσαν και μόνο αυτές. Αυτό σημαίνει ότι η συνολική εικόνα όπου θα φαίνεται η αλληλεπίδραση με άλλες κρίσιμες υποδομές δεν είναι ποτέ επαρκής. Μια συνέπεια είναι η τάση να δημιουργούνται προγράμματα προστασίας για κάθε φορέα ξεχωριστά με την δημιουργία δυσανάλογων μέτρων απομείωσης του κινδύνου. Για την πληρέστερη εισαγωγή της έννοιας της ανθεκτικότητας (resilience) θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια ολιστική αξιολόγηση της υποδομής, να ενισχυθεί ο συντονισμός μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων και η έγκαιρη απόκριση σε όλες τις διασυνδεδεμένες κρίσιμες υποδομές. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει μια αρμονική προσέγγιση που να ενσωματώνει στην πρόληψη, την αντοχή στις διαταραχές και τα μέτρα αποκατάστασης αυτών που να στοχεύουν στην αδιάλειπτη λειτουργία της υποδομής.

Οι μεθοδολογίες εκτίμησης των κινδύνων σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι σε σχετικά πρώιμο στάδιο λόγω του αριθμού των κρατών με διαφορετική κουλτούρα ασφάλειας που αναπτύχθηκε για την αντιμετώπιση τοπικών ζητημάτων. Ένας βασικός στόχος είναι να καλυφθούν τα κενά που υπάρχουν και να υπάρχει σύγκλιση σε ένα εναρμονισμένο πλαίσιο

---

<sup>37</sup> Recommended Elements of Critical Infrastructure Protection for policy makers in Europe, RECIPE project, EU DG HOME AFFAIRS.

<sup>38</sup> DEMASST FP7 project, Deliverable 3.1

<sup>39</sup> Memorandum on the results of the sixth Workshop on the Implementation and Application of the Directive 2008/114/EC, JRC Technical Docs EUR 25232 EN - 2012

εκτίμησης επικινδυνότητας. Το πλαίσιο αυτό θα πρέπει να είναι σε θέση να συλλάβει με ακρίβεια αλληλεξαρτήσεις και διασυνδέσεις σε διαφορετικές υποδομές καθώς και κοινές μετρικές εκτίμησης, αποτύπωσης και σύγκρισης των επιπέδων κινδύνου σε διαφορετικούς φορείς.

### **3 Ανάλυση επικινδυνότητας σε συστήματα επίγειων μεταφορών**

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί μια βαθμιαία προσέγγιση που παρουσιάζει την ανάπτυξη της προτεινόμενης μεθοδολογίας, ξεκινώντας από τα συμπεράσματα της βιβλιογραφίας που παρουσιάστηκαν στο τέλος του προηγούμενου κεφαλαίου. Αρχικά η εστίαση εντοπίζεται σε στοχευμένη βιβλιογραφία στον τομέα των επίγειων μεταφορικών μέσων και ακολουθείται από μια σύντομη περιγραφή του σχεδίου ασφάλειας των οδικών μεταφορών των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004, που αποτέλεσαν και πρόδρομα στοιχεία της διατριβής αυτής. Όλα αυτά συγκλίνουν στην περιγραφή της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης για την αποτύπωση ενός ολιστικού πλαισίου εκτίμησης επικινδυνότητας σε ετερογενείς και διασυνδεδεμένες κρίσιμες υποδομές.

#### **3.1 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας για συστήματα επίγειων μεταφορών**

Όπως είδαμε αναλυτικά στο κεφ. 2, τα βασικά στοιχεία για την οικοδόμηση ενός αποδοτικού πλαισίου εκτίμησης κινδύνων είναι ο λεπτομερής προσδιορισμός και ταξινόμηση των κινδύνων, η ακριβής ταξινόμησή τους καθώς και οι υποκείμενες αλληλεξαρτήσεις των κρίσιμων υποδομών. Η προσέγγιση αυτή έχει μεταφερθεί αυτούσια σε δίκτυα επίγειων μεταφορών. Οι διαθέσιμες μέθοδοι, τόσο σε ερευνητικό όσο και σε εφαρμοσμένο επίπεδο που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία και εστιάζουν σε συστήματα επίγειων μεταφορικών δικτύων είναι πολυάριθμες:

Η μελέτη της U.S. General Accounting Office που έγινε το 1988 εξέτασε τους κινδύνους που διατρέχουν οι αστικοί σιδηρόδρομοι στις ΗΠΑ (GAO 1988). Η μεθοδολογία αυτή μέτρησε την κρισιμότητα των πόρων στα πλαίσια των επιπτώσεων στους ανθρώπους, τη λειτουργία του συστήματος και την τρωτότητα σε επιθέσεις. Η Διεύθυνση Μεταφορών (Federal Transport Agency / FTA, ΗΠΑ) υποχρέωσε τους οργανισμούς και εταιρείες μεταφορών να προετοιμάσουν και να υλοποιήσουν ένα Σχέδιο Προγράμματος Ασφάλειας Συστήματος μέχρι τον Ιανουάριο του 1988 (Boyd & Sullivan 1997). Το σχέδιο αφορούσε τις ενέργειες που είναι απαραίτητες για την παροχή ασφάλειας στους αστικούς σιδηρόδρομους περιλαμβανομένων των προγραμμάτων κατά της τρομοκρατίας. Συνεχίζοντας τις προσπάθειές της, η FTA διερεύνησε καινοτόμα μέτρα ασφαλείας για τη δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος για τους χρήστες των συστημάτων μαζικής μεταφοράς. Παράδειγμα αποτελεί η ανάπτυξη ενός



προηγμένου συστήματος πολυαισθητήρων στο σιδηροδρομικό δίκτυο που τοποθετείται σε εγκαταστάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς (FTA 2001a).

Το 1998, η Εθνική Επιτροπή Κανονισμών (National Regulatory Commission – NRC) σύστησε μια επιτροπή για να εξετάσει την απόκριση του εθνικού συστήματος επίγειων μεταφορών στην έρευνα και την ανάπτυξη στρατηγικών. Η προσπάθεια συνεχίστηκε σε μια απόρρητη μελέτη εκτίμησης της τρωτότητας (US DOT, 2001) των επίγειων μεταφορών. Η επιτροπή τόνισε την ανάγκη να θεωρηθεί η ασφάλεια μέρος ενός ευρύτερου πλαισίου, δηλαδή να επιτευχθούν οι στόχοι της προστασίας σε σχέση με τους στόχους μεταφοράς (NRC 1999).

Ο Haimes (1998) δημιούργησε ένα Ιεραρχικό Ολογραφικό Μοντέλο (Hierarchical Holographic Method / HMM) για το σύστημα μεταφοράς και τις εγκαταστάσεις που αυτό υποστηρίζει. Συγκεκριμένα, το μοντέλο απαντά στο πρώτο ερώτημα εκτίμησης κινδύνων: «Τι μπορεί να πάει στραβά;» Όταν συγκεντρωθούν οι πληροφορίες, η διασύνδεση των στοιχείων του συστήματος μπορεί να απεικονιστεί γραφικά, πράγμα που βοηθά στον εντοπισμό υφιστάμενων και πιθανών κινδύνων. Το HMM περιλαμβάνει στη θεματολογία του τη δικαιοδοσία, τις διαδικτυακές και οικονομικές αλληλεξαρτήσεις καθώς και τις επιπτώσεις για τους χρήστες.

Το Υπουργείο Εσωτερικής Ασφάλειας ΗΠΑ (US Department of Homeland Security, 2007) ορίζει στο Εθνικό Σχέδιο Προστασίας Υποδομών (National Infrastructure Protection Plan) τον κίνδυνο ως μια συνάρτηση της απειλής, της τρωτότητας και των συνεπειών. Τα συστήματα μεταφορών ορίζονται ως ένα σύνθετο δίκτυο με έξι αλληλεξαρτώμενους τρόπους λειτουργίας : ***Οι διαταραχές στο δίκτυο μεταφορών μπορεί να έχουν μη γραμμικές επιπτώσεις. Ως εκ τούτου, αυτό που μπορεί αρχικά να εμφανίζεται ως ένα απομονωμένο πρόβλημα στο δίκτυο μπορεί να έχει πολύ μεγαλύτερο αντίκτυπο σε όλον τον τομέα των μεταφορών.*** Μια από τις κρίσιμες προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο τομέας των μεταφορών είναι η κατανόηση των επιπτώσεων των ενδεχόμενων διαταραχών σε επόμενο επίπεδο (υποδομή / δίκτυο).

Για παράδειγμα, μετά τις επιθέσεις της 11ης Σεπτεμβρίου, έκλεισε το σύστημα πολιτικής αεροπορίας και τα σύνορα προκαλώντας διακοπή στην εφοδιαστική αλυσίδα πολλών άλλων τομέων της οικονομίας. Η αναγνώριση της σπουδαιότητας των συστημάτων είναι το κλειδί για τον προσδιορισμό των οικονομικά αποδοτικών μέτρων αντιμετώπισης (counter-

measures). Εφόσον περιορίζονται αισθητά οι πόροι που διατίθενται για την προστασία των κρίσιμων υποδομών, επιβάλλεται να δημιουργηθεί μια ισχυρή διαδικασία λήψης αποφάσεων που να παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τον προσδιορισμό των συστημάτων και των πόρων υψηλότερης προτεραιότητας. Για να ικανοποιηθεί αυτή η ανάγκη, το σχέδιο για τον τομέα των μεταφορών περιγράφει μια δομημένη προσέγγιση οκτώ βημάτων σχετικά με τη συστημική διαχείριση κινδύνων που βασίζονται στη λογική του System Based Risk Management (SBRM), που ενισχύει το προσδιορισμένο πλαίσιο διαχείρισης κινδύνων και διερευνά τα όρια πέρα από την προστασία ενός ενιαίου πόρου ή ενός συνόλου πόρων. Η προσέγγιση SBRM επικεντρώνεται σε μια συλλογική και ολοκληρωμένη προσπάθεια σε όλο τον τομέα μεταφορών για την προστασία του εν λόγω δικτύου στο σύνολό του, με σκοπό τη βελτίωση του σχεδιασμού προστασίας συγκεκριμένων πόρων που βρίσκεται σε εξέλιξη. Η προσέγγιση βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των πραγματικών επιπτώσεων σε όλο το «δίκτυο των δικτύων» και τις βασικές αλληλεξαρτήσεις που ισχύουν σε ολόκληρο τον κλάδο των μεταφορών σχετικά με το σχεδιασμό μέτρων κατά των τρομοκρατικών επιθέσεων ή των φυσικών καταστροφών.

Ο τομέας των μεταφορών χωρίζεται σε έξι βασικούς υποτομείς που λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά είναι και σε μεγάλο βαθμό αλληλένδετοι. Η συνδυασμένη λειτουργία των μέσων μεταφοράς έχει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της δημόσιας υγείας, της ασφάλειας και της οικονομικής ευημερίας. Ωστόσο, κάθε μέσο μεταφοράς παρουσιάζει μοναδικά χαρακτηριστικά, μοντέλα λειτουργίας, αρμοδιότητες και ενδιαφερόμενα μέρη:

1. **Οι αεροπορικές μεταφορές** περιλαμβάνουν αεροσκάφη, συστήματα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, ιδιωτικά και δημόσια αεροδρόμια. Το συγκεκριμένο μέσο μεταφοράς περιλαμβάνει τις πολιτικές και στρατιωτικές αεροπορικές βάσεις, τα ελικοδρόμια, τα λιμάνια ταχείας απογείωσης/προσγείωσης και τις βάσεις προσγείωσης υδροπλάνων.
2. **Οι θαλάσσιες μεταφορές** περιλαμβάνουν όλα τα είδη σκαφών, τις ακτές, τα λιμάνια, τους ναυτιλιακούς διαδρόμους, την Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη, και τις διατροφικές χερσαίες συνδέσεις που επιτρέπουν στα διάφορα μέσα μεταφοράς να μεταφέρουν ανθρώπους και αγαθά από/προς και στο θαλάσσιο περιβάλλον.
3. **Τα μέσα μαζικής μεταφοράς** περιλαμβάνουν οχήματα πολλαπλών επιβατών, όπως λεωφορεία, τρόλεϊ, μικρά λεωφορεία (van), ferry boats, συρμούς μιας τροχιάς, μετρό και τραμ, συρμούς μεταφοράς επιβατών (προαστιακός και περιφερειακός σιδηρόδρομος), σιδηρόδρομο αυτόματων συρμών (automated guideway transit), επιφάνειες σε κλίση και τελεφερίκ, όλα σχεδιασμένα για μεταφορά επιβατών.

4. **Οι εθνικές οδοί** περιλαμβάνουν εκατομμύρια χιλιόμετρα δρόμων και υποδομές υποστήριξης. Τα οχήματα περιλαμβάνουν αυτοκίνητα, λεωφορεία, μοτοσικλέτες, και όλα τα είδη φορτηγών, ρυμουλκών/ρυμουλκούμενων οχημάτων.

5. **Οι σιδηροδρομικές μεταφορές** αποτελούνται από το αντίστοιχο σιδηροδρομικό δίκτυο, αποβάθρες, σήμανση και ατμομηχανές.

6. **Οι αγωγοί** περιλαμβάνουν δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου και επικίνδυνων ρευστών, καθώς και χημικών ουσιών.

Όπως δείχνουν τα παρακάτω παραδείγματα, οι τομείς των κρίσιμων υποδομών και των βασικών πόρων που δεν συνδέονται συνήθως με τις μεταφορές επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από ένα σοβαρό περιστατικό σε ένα ή περισσότερα μέσα μεταφοράς.

- Ο τομέας της ενέργειας απαιτεί τη μεταφορά άνθρακα, αργού πετρελαίου, προϊόντων πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, φορηγίδες, αγωγούς, τρένα και φορηγά.
- Η αμυντική βιομηχανία χρησιμοποιεί το δίκτυο αεροπορικών, θαλάσσιων, σιδηροδρομικών και οδικών μεταφορών για τη διακίνηση υλικών που απαιτούνται στην υποστήριξη των στρατιωτικών επιχειρήσεων.
- Ο τραπεζικός και οικονομικός τομέας καθώς και το δημόσιο βασίζονται στα συστήματα μαζικής μεταφοράς που υπάρχουν στις μεγάλες αστικές περιοχές για να έχουν πρόσβαση στο χώρο εργασίας τους οι εργαζόμενοι.
- Ο τομέας των επικοινωνιών έχει ένα μεγάλο μέρος του εξοπλισμού δικτύωσής του (δρομολογητές, καλώδια οπτικών ινών, κ.λπ.) στις υφιστάμενες οδούς μεταφοράς (σιδηροδρομικές γραμμές, οδικές σήραγγες και γέφυρες), η καταστροφή των οποίων μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας σε πολλές γεωγραφικές περιοχές, κοντινές ή απομακρυσμένες.
- Οι τομείς της μεταποίησης και του εμπορίου μεταφέρουν αγαθά και υπηρεσίες σε ολόκληρο το δίκτυο μεταφορών χρησιμοποιώντας όλα τα διαθέσιμα μέσα μεταφοράς.
- Η ακεραιότητα του τομέα μεταφορών εξαρτάται επίσης άμεσα από τις προσπάθειες των άλλων τομέων.
- Ο τομέας της ενέργειας παράγει καύσιμα για να τροφοδοτεί τα συστήματα του τομέα μεταφορών.
- Ο τομέας τεχνολογιών πληροφορικής είναι σημαντικός για τη μετάδοση των πληροφοριών που απαιτούνται για την αποτελεσματική λειτουργία του δικτύου μεταφορών.

Το 1999 το Αμερικανικό Εθνικό Συμβούλιο Επιστήμης και Τεχνολογίας (National Science and Technology American Council / NSTAC) παρουσίασε την έκθεσή του με θέμα «Εθνική Επιστήμη Μεταφορών και Στρατηγική Μεταφορών» (National Transportation Science and Transportation Strategy) στο οποίο περιγράφονται τα ακόλουθα βήματα στο πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων:

1. Προσδιορισμός απειλών
2. Προσδιορισμός τρωτών σημείων
3. Μέτρα αποτροπής (των απειλών) και προστασίας (των τρωτών σημείων)

Δύο χρόνια αργότερα (2001) το Υπουργείο Μεταφορών των ΗΠΑ ανέπτυξε μια πιο συγκεκριμένη μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων στη δημοσίευση «Εκτίμηση των τρωτών σημείων στις επίγειες μεταφορές» (Surface Transportation Vulnerability Assessment), η οποία περιλαμβάνει τα εξής σημεία:

1. Προσδιορισμός πόρου
2. Προσδιορισμός απειλών
3. Διαμόρφωση σεναρίων
4. Επιλογή βασικού πόρου
5. Εκτίμηση επιπτώσεων
6. Εκτίμηση τρωτών σημείων
7. Κατάταξη τρωτών σημείων/επιπτώσεων
8. Προσδιορισμός των πιθανών αντιμέτρων

Οι Haimes, Kaplan και Lambert (2001) προτείνουν ένα μεθοδολογικό πλαίσιο που προσδιορίζει, ιεραρχεί, αξιολογεί και διαχειρίζεται τους κινδύνους σε σύνθετα συστήματα μεγάλης κλίμακας. Η μεθοδολογία διαχωρισμού, κατάταξης και διαχείρισης κινδύνων (RFRM risk filtering, ranking, and management) ασχολείται και με τα έξι ζητήματα εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνων (1. «Τι μπορεί να πάει λάθος;» 2. Ποια είναι η πιθανότητα; 3. Ποιες είναι οι συνέπειες; 4. Τι μπορεί να γίνει; 5. Ποιες είναι οι ενέργειες αντιμετώπισης; 6. Ποιες είναι οι επιπτώσεις για τις μελλοντικές επιλογές;) διασφαλίζοντας έτσι μια ολοκληρωμένη διαδικασία ανάλυσης κινδύνων. Γενικά, η μέθοδος RFRM περιλαμβάνει οκτώ φάσεις:

Φάση I. Προσδιορισμός σεναρίων κινδύνου μέσω μιας ιεραρχικής δομής (Ιεραρχική Ολογραφική Μοντελοποίηση / Hierarchical Holographic Modeling)

Φάση II. Φιλτράρισμα σεναρίων

- Φάση III. Φιλτράρισμα και κατάταξη κριτηρίων
- Φάση IV. Αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων
- Φάση V. Ποσοτική κατάταξη
- Φάση VI. Στρατηγική Διαχείρισης Κινδύνου
- Φάση VII. Προστασία ελλিপών κρίσιμων αντικειμένων
- Φάση VIII. Αναθεώρηση επιχειρησιακών σεναρίων από την ανατροφοδότηση μοντέλων

Ο Gangi (2004) πρότεινε μια ποσοτική μέθοδο για να διερευνήσει εάν η υποδομή μιας περιοχής είναι αρκετά ανθεκτική (resilient) κατά τη διαδικασία της εκκένωσης της. Η έρευνά του καταλήγει σε ένα μοντέλο προσομοίωσης που υπολογίζει την αποδοτικότητα των εκτιμωμένων λύσεων σε μια πόλη που βρίσκεται σε κατάσταση εκκένωσης. Μελετήθηκαν δέκα οκτώ διαφορετικές καταστάσεις και υποδείχθηκε η ανταπόκριση της αποδοτικότητας με χρήση τοξοειδούς τοπολογίας (arc type topology).

Το 2004, η Διεθνής Ένωση Οδικών Μεταφορών (International Road Transport Union / UITP) ανέπτυξε ένα σύνολο εργαλείων ασφάλειας που αποτελείται από εθελοντικές κατευθυντήριες οδηγίες ασφαλείας για διευθυντές, οδηγούς, πράκτορες μεταφορών, φορείς που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα και κατευθυντήριες οδηγίες που σχετίζονται με το τελωνείο. Με αφορμή τα προβλήματα που σχετίζονται με τις τρομοκρατικές απειλές, αυτές οι κατευθυντήριες οδηγίες αφορούν τόσο σε θέματα τρομοκρατίας όσο και σε θέματα συμβατικής ασφάλειας. Το αναφερόμενο σύνολο αποτελεί ένα τεχνικό μέσο για την ευαισθητοποίηση και τη βοήθεια των φορέων εκμετάλλευσης οδικών δικτύων στη λήψη κατάλληλων υλοποιήσιμων και προληπτικών μέτρων για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου κλοπής ή κατάχρησης αγαθών ή οχημάτων για τρομοκρατικούς σκοπούς.

Οι Stovall και Turner (2004) υλοποίησαν τον Οδηγό του Υπουργείου Μεταφορών των ΗΠΑ σε δύο κοινότητες της Αλαμπάμα, το Σέλμιπ Κάουντι και την Τουσκαλούζα. Η μεθοδολογία εφαρμόζεται σε τρία βήματα: Αρχικά πραγματοποιήθηκε συλλογή πληροφοριών και στη συνέχεια ο καθορισμός των κρίσιμων πόρων. Το τρίτο βήμα αφορά στην ανάπτυξη αντιμέτρων, την ανάλυση του κόστους κάθε αντιμέτρου και την ανάπτυξη λειτουργικού συστήματος ασφαλείας. Μετά το πέρας της εργασίας τους, διαπιστώθηκε ότι το πιο σημαντικό μέρος της προσπάθειας είναι το στάδιο συγκέντρωσης πληροφοριών.

Οι Rowshan et al. (2005) εισήγαγαν μια πρωτότυπη μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων για τα κέντρα διαχείρισης μεταφορών (TMC/ transportation management centers). Η δική τους

μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων περιλαμβάνει τον προσδιορισμό πόρων, την εκτίμηση απειλών, την εκτίμηση συνεπειών, την εκτίμηση τρωτών σημείων και την ανάπτυξη αντιμέτρων.

Η DNV Consulting και οι συνεργάτες της παρουσίασαν μια εναλλακτική μέθοδο εκτίμησης κινδύνων στη μελέτη τους για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή DG TREN (2005) σχετικά με την πιθανή ευρωπαϊκή νομοθεσία και τις επιπτώσεις της στη βελτίωση της ασφάλειας των συστημάτων μεταφοράς. Η μεθοδολογία εφαρμόζεται σε πέντε βήματα:

1. *Εκτίμηση κινδύνων που απειλούν την ασφάλεια των μεταφορών:* Λεπτομερής εκτίμηση των κινδύνων από κακόβουλες παρεμβάσεις στις ευρωπαϊκές συνδυασμένες (intermodal) μεταφορές και στις υποδομές που χρησιμοποιούν μέσω μιας ευρείας συλλογής κινδύνων και σεναρίων χειρότερης περίπτωσης.
2. *Υφιστάμενο πλαίσιο ασφάλειας:* Προσδιορισμός των υφιστάμενων μέτρων και διαδικασιών για την ασφάλεια της αλυσίδας εφοδιασμού και των τεχνολογικά προηγμένων μέτρων για τη διασφάλιση των υποδομών στις χώρες της ΕΕ.
3. *Προστασία της αλυσίδας εφοδιασμού:* Προσδιορισμός των οργανωτικών και φυσικών μέτρων που συμβάλλουν στη βελτίωση της ασφάλειας της αλυσίδας εφοδιασμού μέσω του προσδιορισμού των αιτίων, της ανάπτυξης μέτρων και εργαλείων καθώς και της ανάλυσης κόστους/οφέλους.
4. *Προστασία των υποδομών:* Προσδιορισμός των οργανωτικών και υλικοτεχνικών μέτρων που ενισχύουν την ασφάλεια των υποδομών μέσω του ορισμού των οικονομικών κρίσιμων οδών και των τρωτών σημείων των δικτύων κρίσιμων υποδομών καθώς και των αντίμετρων και ανάπτυξης της ανάλυσης επενδύσεων.
5. *Συντονισμός σε ευρωπαϊκό επίπεδο:* Πρόταση με την οποία θα μπορούσε να οργανωθεί ο συντονισμός ή ο έλεγχος σε ευρωπαϊκό επίπεδο και σύμφωνα με την οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν νομικά ή άλλα πλαίσια για τα μέτρα ασφαλείας στο εσωτερικό των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ο Murray-Tuite (2007) περιγράφει ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση των πολιτικών ασφάλειας και των κινδύνων της τρομοκρατίας που απειλούν το δίκτυο μεταφορών. Ο κίνδυνος μετράται στα πλαίσια της απώλειας δυνατότητας μεταφοράς μεταξύ οριοθετημένων περιοχών αφετηρίας και προορισμού. Ένα δέντρο συμβάντων καθορίζει τις πιθανότητες όπου οι συνδέσεις του δικτύου βρίσκονται σε μία συγκεκριμένη κατάσταση. Οι συνέπειες/επιπτώσεις στην κυκλοφοριακή ροή εκτιμώνται από την μεταβολή του όγκου μεταφοράς οχημάτων μεταξύ δύο σημείων (αφετηρίας/προορισμού) του δικτύου σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Ο Robin (2007) πρότεινε τη χρήση Γενετικών Αλγορίθμων στην προσομοίωση αρχιτεκτονικής CIMS (Critical Infrastructure Modeling System) για τον προσδιορισμό των στοιχείων βέλτιστης υποδομής με σκοπό την προστασία από ενδεχόμενη επίθεση ή την αποκατάσταση σε περίπτωση καταστροφής. Ο συγγραφέας κάνει χρήση της αρχιτεκτονικής CIMS ως εργαλείου για να μελετήσει τη σχέση μεταξύ των δικτύων υποδομής και πιο συγκεκριμένα, τη δυναμική συμπεριφορά που αναπτύσσεται όταν διαταράσσεται η φυσιολογική λειτουργία σε ένα ή περισσότερους κόμβους στο δίκτυο. Η αρχιτεκτονική CIMS χρησιμοποιεί μια προσέγγιση που βασίζεται σε ενδιάμεσους πράκτορες (agent based) για να μοντελοποιήσει τα στοιχεία υποδομής, τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων και τη μεμονωμένη συμπεριφορά τους. Κάθε δίκτυο μοντελοποιείται ως ένα συνδεδεμένο γράφημα που διαθέτει κόμβους και ακμές, που αντιπροσωπεύουν τις πληροφορίες ή/και κανάλια ροής πόρων για να απεικονίσουν τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των υποδομών. Με τη χρήση της αρχιτεκτονικής CIMS με Γενετικούς Αλγόριθμους (GAs) ο συγγραφέας επιχειρεί να βρει λύσεις σε προβλήματα με μεγάλους χώρους αναζήτησης, όπως η βελτιστοποίηση δικτύου αλληλεξαρτώμενων υποδομών, προσδιορίζοντας τα κρίσιμα υποδίκτυα (τμήματα του κύριου δικτύου) μέσω των εξής παραμέτρων:

- Κατάλογος κρίσιμων πόρων
- Σπουδαιότητα κάθε πόρου υποδομής
- Κόστος καταστροφής μεμονωμένων πόρων
- Κόστος επισκευής μεμονωμένων πόρων
- Χρόνος καταστροφής μεμονωμένων πόρων
- Κόστος επισκευής μεμονωμένων πόρων

Οι Haimes και Jiang (2001) ακολουθώντας τα βήματα του Leontief αναπτύσσουν ένα πρότυπο εισροών-εκροών για να καταστήσουν δυνατό τον υπολογισμό της εσωτερικής διασυνδεσιμότητας (intracconnectedness) σε κάθε κρίσιμη υποδομή καθώς και της εξωτερικής τους (interconnectedness). Το μοντέλο που αναπτύχθηκε ονομάστηκε «Μοντέλο Αδυναμίας Λειτουργίας Εισροών-Εκροών». Το μοντέλο αδυναμίας λειτουργίας εισροών-εκροών (inoperability input-output model / IIM) αναλύει τον τρόπο με τον οποίο οι διαταραχές (π.χ. σκόπιμες επιθέσεις, τυχαία συμβάντα ή φυσικές καταστροφές) που προκαλούνται αρχικά σε ένα σύνολο τομέων οικονομικής δραστηριότητας επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις σε άλλους τομείς, λόγω της εγγενούς αλληλεξάρτησής τους. Δεδομένου ότι το μοντέλο του Leontief αναπτύχθηκε για τους οικονομικούς κλάδους (δηλαδή, στους τομείς που παράγουν αγαθά ή υπηρεσίες), το μοντέλο μετέτρεψε τις διαταραχές στους πόρους των υποδομών μεταφοράς (π.χ. δρόμους και γέφυρες) σε οικονομικούς όρους. Εκτιμώντας τις οικονομικές επιπτώσεις

μιας διαταραχής σε έναν ή περισσότερους τομείς, το μοντέλο ΠΜ εκτιμά τις παράπλευρες επιπτώσεις μέσα από δυο διαφορετικές μετρικές επιπτώσεων:

1. **Αδυναμία λειτουργίας:** ορίζεται ως η κανονικοποιημένη απώλεια παραγωγής που αντιπροσωπεύει το λόγο της μη πραγματοποιημένης παραγωγής σε σχέση με το «προγραμματισμένο» επίπεδο παραγωγής. Αυτό το σύστημα μέτρησης του μοντέλου ΠΜ είναι ανάλογο με την έννοια της αναξιοπιστίας (unreliability), όπου η τιμή 0 σημαίνει ότι ο τομέας λειτουργεί στο «προγραμματισμένο» επίπεδο, ενώ η τιμή 1 σημαίνει ολική απώλεια της ικανότητας παραγωγής.
2. **Οικονομική απώλεια:** αντιπροσωπεύει την αξία της νομισματικής απώλειας που σχετίζεται με το κόστος της αδυναμίας λειτουργίας. Η οικονομική απώλεια περιλαμβάνει τη μειωμένη προσφορά/ζήτηση αγαθών και υπηρεσιών που παρέχονται από έναν διαταραγμένο τομέα. Αυτό μπορεί να προέλθει είτε από ψυχολογικούς παράγοντες (π.χ. έλλειψη εμπιστοσύνης, φόβο ή ανησυχία καταναλωτών) ή από την απώλεια της ικανότητας παραγωγής.

Το μοντέλο ΠΜ αποτελεί μια οικονομική, ολιστική μέθοδο για την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων και αλληλεξαρτήσεων των τομέων. Μπορεί να μοντελοποιήσει μια χώρα ή περιοχές όμορων κρατών ή διαμερισμάτων ως ένα αλληλεξαρτώμενο σύνολο γραμμικών σχέσεων αιτίας-αιτιατού με τέλεια επικοινωνία μεταξύ όλων των οικονομικών τομέων. Έτσι, οι επιπτώσεις της διαταραχής εκτιμώνται ομοιόμορφα σε όλη την περιοχή.

Επειδή τα προβλήματα στην ανάλυση του κινδύνου πολλές φορές περιλαμβάνουν ακραία συμβάντα, που προκύπτουν σπάνια ή και ποτέ, σχεδόν πάντα υπάρχει έλλειψη άμεσων εμπειρικών δεδομένων για την μελέτη και επίλυση τους. Ως λύση στο εν λόγω πρόβλημα, οι Yan, Haimes και Waller (2006) παρουσίασαν μια μέθοδο για την ανάλυση των σποραδικών δεδομένων. Το Ιεραρχικό Διαχειριζόμενο Μοντέλο κατά Bayes (HCBM / Hierarchical Coordinated Bayesian Model) αποτελεί ένα εργαλείο ανάλυσης στατιστικών δεδομένων και χρησιμεύει στην ανάλυση σποραδικών δεδομένων που σχετίζονται με ακραία συμβάντα. Με την αποδόμηση δεδομένων σε πολλαπλές οπτικές γωνίες, το μοντέλο HCBM μπορεί να ενσωματώσει άμεσα και έμμεσα δεδομένα από πολλαπλές πηγές και να βγάλει συμπεράσματα σχετικά με τις πιθανότητες ακραίων συμβάντων και τις συνέπειες βάσει ενός ιεραρχικού πρωτοκόλλου που προσδιορίζεται από το χρήστη. Το μοντέλο HCBM μειώνει τις διακυμάνσεις της αξιολόγησης και βελτιώνει την ακρίβειά της σε σχέση με τις άμεσες μεθόδους εκτίμησης. Σε επίπεδο εγκατάστασης, υπάρχουν αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των πόρων του συστήματος στην εγκατάσταση, μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και των στόχων της εγκατάστασης και μεταξύ των πόρων του συστήματος και των στόχων του αντίπαλου.



Τα μοντέλα που αναλύθηκαν προηγούμενα, βασίζονται σε σενάρια για να αντανakλούν τις συνέπειες των απειλών που προκύπτουν από διαφορετικά σενάρια και διαφορετικούς στόχους. Επιπλέον, τα μοντέλα διατυπώνονται έτσι ώστε οι πολιτικές διαχείρισης κινδύνων να αναδύονται άμεσα από το χώρο των παραμέτρων του μοντέλου, επιτρέποντας την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των πολιτικών διαχείρισης των κινδύνων, καθώς κάθε εφαρμογή πολιτικής δημιουργεί ένα νέο μέτρο για κάθε συγκεκριμένο κίνδυνο. Η αποτελεσματικότητα των μακροπρόθεσμων στρατηγικών μείωσης του κινδύνου μπορεί να αξιολογηθεί μετρώντας το μέσο κίνδυνο λόγω μεταβολής της κατάστασης που προκαλείται από τα αντίστοιχα μέτρα και δράσεις απομείωσης του. Η μοντελοποίηση παρέχει ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης που αναδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εξελιχθεί μια επίθεση σε έναν πόρο εξαιτίας των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των συνεπειών και της απόκρισης του συστήματος. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις προσφέρουν επίσης πληροφόρηση για το πώς οι επιθέσεις ενδέχεται να διαταράξουν ή να απενεργοποιήσουν τη λειτουργικότητα μιας εγκατάστασης ή ενός «δικτύου των δικτύων», εκ των οποίων μέρος ή όλα μπορούν να απενεργοποιηθούν από μια επίθεση στην ίδια την εγκατάσταση.

### **3.2 Ανάλυση τρωτών σημείων**

**Τρωτά σημεία είναι τα βασικά φυσικά, τεχνικά, διοικητικά, διαδικαστικά, σχετιζόμενα με τον άνθρωπο ή συστημικά χαρακτηριστικά ενός πόρου που τον καθιστούν πιθανό να δεχτεί μια επιτυχή επίθεση.** Ως εκ τούτου, ο προσδιορισμός και ο έλεγχός τους έχει μεγάλη σημασία σε οποιοδήποτε πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων.

Εστιάζοντας την προσέγγιση σε δίκτυα μεταφορών, οι Taylor και D' Este (2004) ορίζουν τα τρωτά σημεία με τους ακόλουθους όρους:

- ένας κόμβος δικτύου είναι ευάλωτος σε περίπτωση που η απώλεια ή ουσιαστική υποβάθμιση ενός μικρού αριθμού συνδέσμων μειώσει σημαντικά τη δυνατότητα πρόσβασης του κόμβου, όπως μετράται από έναν τυπικό δείκτη προσβασιμότητας.
- μια σύνδεση δικτύου είναι ζωτικής σημασίας εάν η απώλεια ή ουσιαστική υποβάθμιση του συνδέσμου μειώσει σημαντικά τη δυνατότητα πρόσβασης του δικτύου ή συγκεκριμένων κόμβων, όπως μετράται από έναν τυπικό δείκτη προσβασιμότητας.

Μεταξύ άλλων, οι Niemeier (1997) και Primerano (2003) παρέχουν προτάσεις για τον προσδιορισμό μιας σειράς από εναλλακτικούς δείκτες προσβασιμότητας. Για την περίπτωση των δικτύων σε στρατηγικό επίπεδο, όπως σε περιφερειακό ή εθνικό δίκτυο, συνιστώνται σχετικά απλοί δείκτες. Ο Berdica (2002) πρότεινε ότι η ανάλυση των τρωτών σημείων στα δίκτυα μεταφορών θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένα γενικό πλαίσιο μέσω του οποίου μπορούν να πραγματοποιηθούν διάφορες μελέτες για τις μεταφορές για να καθοριστεί πόσο καλά μπορεί να αποδώσει ένα σύστημα μεταφορών όταν εκτίθεται σε διαφορετικά είδη και εντάσεις διαταραχών.

Το Υπουργείο Μεταφορών των ΗΠΑ χρησιμοποιεί μια μεθοδολογία εκτίμησης τρωτών σημείων που ονομάζεται «Οδηγός εκτίμησης τρωτών σημείων αυτοκινητόδρομων για τον προσδιορισμό και την προστασία κρίσιμων πόρων» (Οδηγός USDOT), με βάση τον προσδιορισμό κρίσιμων πόρων και συναφών σεναρίων κινδύνου. Τα αντίμετρα για την αποτροπή, την ανίχνευση και την καθυστέρηση των πιθανών επιθέσεων αναπτύσσονται και συγκρίνονται με βάση το υπολογιζόμενο κόστος τους.

### **3.3 Πρόγραμμα ασφάλειας μεταφορών στους Ολυμπιακούς Αγώνες - Αθήνα 2004. Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση**

Ένα βασικό κίνητρο για τη διατριβή αυτή ήταν η προοπτική που έκρυβε το πλαίσιο ασφάλειας των μεταφορών των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας 2004. Η διαδικασία ανάλυσης κινδύνου διεξήχθη από ομάδες ειδικών (μέλος της οποίας ήταν και ο συντάκτης αυτής της διατριβής) μέσα από μια ολιστική και εμπειρική προσέγγιση, αλλά κυρίως εφαρμόστηκε και δοκιμάστηκε με επιτυχία στην πράξη κατά τη διάρκεια της πραγματικής διοργάνωσης. Παρόλο που προήλθε από εμπειρικές και κυρίως επιχειρησιακές γνώσεις από μονάδες του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης, περιείχε μοναδικά χαρακτηριστικά που ενσωμάτωναν ολόκληρη την πλευρά της ασφάλειας των δικτύων του δικτύου μεταφορών στις ολυμπιακές εγκαταστάσεις. Επίσης ήταν αρκετά ευέλικτο ώστε να αποτελέσει ένα σημαντικό αλλά διακριτό τμήμα του όλου προγράμματος ασφαλείας των εν λόγω Ολυμπιακών Αγώνων. **Βασικά χαρακτηριστικά της προσέγγισης ήταν ότι έλαβε υπόψη το στοιχείο της αδιάλειπτης επιχειρησιακής λειτουργίας (business continuity) του δικτύου μεταφορών στο σύνολό του, που ήταν αναπόφευκτα συνδεδεμένο με την αδιάλειπτη λειτουργία των διασυνδεδεμένων δραστηριοτήτων, δηλαδή την ασφαλή και έγκαιρη υλοποίηση του προγράμματος των Ολυμπιακών Αγώνων.**

Για το σκοπό αυτό, προετοιμάστηκε το ειδικό «Σχέδιο επιχειρησιακής ασφάλειας για τις οδικές μεταφορές των Ολυμπιακών Αγώνων» και σταδιακά εφαρμόστηκε από τη Διεύθυνση Ασφάλειας Ολυμπιακών Αγώνων, σε συνεργασία με την Τροχαία, την Οργανωτική Επιτροπή των Ολυμπιακών Αγώνων Αθήνα 2004 και τα άλλα ενδιαφερόμενα μέρη σχετικά με τη διαχείριση των οδικών μεταφορών στην Αττική και σε άλλες Ολυμπιακές πόλεις κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων (Μετρό, Αστικές Συγκοινωνίες, κ.α.). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη σχετική επίσημη παρουσίαση του «Σχεδίου επιχειρησιακής ασφαλείας για τις οδικές μεταφορές των Ολυμπιακών Αγώνων» που πραγματοποιήθηκε στο Υπουργείο Δημόσιας Τάξης, το σχέδιο περιελάμβανε τα ακόλουθα στοιχεία:

**Σκοπός:** Η καθημερινή μεταφορά χιλιάδων αθλητών, δημοσιογράφων, θεατών και μελών της Ολυμπιακής Οικογένειας με την ελάχιστη διαταραχή της εύρυθμης λειτουργίας της πόλης, αποτέλεσε ένα περίπλοκο εγχείρημα που έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επιτυχία των Ολυμπιακών και Παραολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας 2004. Σκοπός του σχεδίου ήταν να εξασφαλίσει μια άνετη, ομαλή, γρήγορη και ασφαλή οδική μεταφορά για όλους τους συμμετέχοντες στους Ολυμπιακούς και Παραολυμπιακούς Αγώνες (αθλητές, διαιτητές, κριτές, υπαλλήλους, δημοσιογράφους, χορηγούς, θεατές, τεχνικό προσωπικό κ.λπ.), τόσο στο Ολυμπιακό Οδικό Δίκτυο, όσο και σε άλλα οδικά δίκτυα, καθώς και στις εγκαταστάσεις και τους λοιπούς χώρους χωρίς να επιβαρυνθούν υπερβολικά οι συνήθεις λειτουργίες της πόλης.

#### **Οι βασικοί πόροι του Ολυμπιακού δικτύου μεταφορών :**

- Προσδιορισμός του οδικού δικτύου.
- Καθορισμός της ολυμπιακής λωρίδας.
- Ορισμός ζωνών.
- Δημιουργία λεωφορειόδρομων.
- Το στόλο των οχημάτων της Ολυμπιακής Οικογένειας.
- Ανάλυση των ληφθέντων μέτρων.
- Κατανομή και ανάπτυξη δύναμης.
- Έλεγχο τροχαίων ατυχημάτων.

**Προσδιορισμός του οδικού δικτύου:** Στο πλαίσιο του σχεδίου εντοπίστηκαν δύο ξεχωριστά οδικά δίκτυα: Το κύριο οδικό δίκτυο και το δευτερεύον που χρησιμοποιείται κάτω από ειδικές περιστάσεις. Το Ολυμπιακό Οδικό Δίκτυο συμπληρώθηκε επιπλέον με συνδετήριες οδούς, το κοντινό οδικό δίκτυο και το δίκτυο πρόσβασης στις εγκαταστάσεις, καθώς και το υπόλοιπο οδικό δίκτυο που καλύπτει την ευρύτερη αστική περιοχή της Αθήνας. Για την εύκολη και ασφαλή μετακίνηση των διαπιστευμένων οχημάτων, ορίστηκε ειδική ολυμπιακή

λωρίδα, η οποία επεκτείνονταν πέρα του ολυμπιακού δακτυλίου και περιλάμβανε μεγάλο μέρος του κύριου οδικού δικτύου, ήταν αποκλειστικής χρήσης από διαπιστευμένα οχήματα, ειδικά λεωφορεία για τη μεταφορά θεατών και οχήματα έκτακτης ανάγκης (ασθενοφόρα, υπηρεσίες ασφαλείας).

**Το περιβάλλον οδικό δίκτυο και η πρόσβαση σε αυτό** καλύπτουν τα εξής:

- Χώρους άφιξης και αναχώρησης (λιμάνια, αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς κ.λπ.).
- Αθλητικές και άλλες εγκαταστάσεις και γυμναστήρια.
- Χώρους επίσκεψης.
- Διαδρομές μετακίνησης της Ολυμπιακής Οικογένειας.
- Αθλήματα ανοιχτού χώρου.
- Χώρους διαμονής (Ολυμπιακό Χωριό, ξενοδοχεία, χωριά Τύπου, χώρους διαμονής διαιτητών/κριτικής επιτροπής).
- Ολυμπιακές Νοσηλευτικές Εγκαταστάσεις.
- Σταθμούς και στάσεις δημόσιας συγκοινωνίας.
- Συμβολές κεντρικών οδών όπου συναντώνται τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς.

Σύμφωνα με τον σχεδιασμό τα **κυκλοφοριακά μέτρα** περιλάμβαναν:

- Συνεχή και αυστηρή αστυνόμευση, η οποία αποτελούνταν από οχήματα και περιπόλους για την πρόληψη της στάσης και στάθμευσης κατά μήκος των δρόμων, στα πεζοδρόμια και τους πεζόδρομους.
- Εντατική και αυστηρή αστυνόμευση των ολυμπιακών λωρίδων και λεωφορειόδρομων για την απρόσκοπτη κυκλοφορία των οχημάτων δημόσιας μεταφοράς.
- Σχηματισμός ομάδας ελέγχου της τροχαίας σε 24ωρη βάση.
- Εγκατάσταση σταθερών ελεγκτών κυκλοφορίας.
- Σταθερή και ορατή παρουσία της Τροχαίας σε περιοχές όπου συγκλίνουν οχήματα δημόσιας μεταφοράς.
- Εναέρια επιτήρηση (με ελικόπτερα/αερόπλοια κ.λπ.) της γενικής κατάστασης της κυκλοφορίας με δυνατότητα μεταφοράς της εικόνας στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας.
- Διευκόλυνση/εξυπηρέτηση ΑμεΑ.
- Παρακολούθηση του οδικού δικτύου μέσω καμερών στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας.
- Ενημέρωση των χρηστών του οδικού δικτύου με τη χρήση ηλεκτρονικών πινακίδων με εναλλασσόμενα μηνύματα.

- Φωτογράφιση παραβατών με τη χρήση ειδικών συσκευών.
- Άμεση απομάκρυνση των παράνομα σταθμευμένων οχημάτων με γερανούς.
- Χρήση αισθητήρων μέτρησης της πυκνότητας της κυκλοφορίας για την προσαρμογή του προγραμματισμού των φωτεινών σηματοδοτών.
- Ειδικά μέτρα για τις τελετές έναρξης και λήξης.

**Συντονιστής:** Η διαχείριση της κυκλοφορίας στην Αττική και ο συντονισμός των δράσεων όλων των φορέων που εμπλέκονται στην κυκλοφορία γινόταν από τον Θάλαμο Επιχειρήσεων Παρακολούθησης και Ελέγχου της Κυκλοφορίας. Το Κέντρο ήταν δομημένο σε 3 επίπεδα:

1. Το πρώτο επίπεδο (ανίχνευση) ευθύνεται για τον εντοπισμό και την αυτόματη ενημέρωση των φορέων γύρω από το σημείο του οδικού δικτύου όπου παρατηρείται κυκλοφοριακή συμφόρηση.
2. Στο δεύτερο επίπεδο (επαλήθευση) οι φορείς διαχείρισης, μέσω των εικόνων που δίνουν οι κάμερες κλειστού κυκλώματος (CCTV), μπορούν να ελέγξουν την αυτόματη ειδοποίηση και να καθορίσουν την αιτία του προβλήματος, π.χ. από μια στάση ή στάθμευση οχήματος έως ένα ατύχημα.
3. Στο τρίτο επίπεδο (απόκριση) λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα. Αυτά ήταν:
  - ✓ Προσαρμογή των φωτεινών σηματοδοτών, επιλέγοντας τα κατάλληλα προγράμματα.
  - ✓ Ενημέρωση των προγραμμάτων οδήγησης (drivers) μέσω διαφόρων ηλεκτρονικών πινακίδων με μηνύματα για αλλαγή πορείας έτσι ώστε να μην επιβαρυνθεί κι άλλο μια ήδη πληγείσα περιοχή. Ιστοσελίδες στο διαδίκτυο που μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν επιπροσθέτως στις ηλεκτρονικές πινακίδες.
  - ✓ Αποστολή δυνάμεων στην περιοχή για την επίλυση του προβλήματος (ανακριτικό όχημα, γερανός, ασθενοφόρο κ.λπ.).

### 3.4 Αιτιολόγηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας

Η ανάπτυξη του προτεινόμενου καινοτόμου πλαισίου ανάλυσης επικινδυνότητας στις επίγειες μεταφορές έχει στόχο την βελτίωση της προστασίας του τομέα επίγειων μεταφορών αρχικά και κατ' επέκταση των εθνικών κρίσιμων υποδομών, λαμβάνοντας υπόψη υπάρχοντα επιχειρησιακά πλαίσια προστασίας και ολιστικής εκτίμησης επικινδυνότητας, τις επιχειρησιακές ανάγκες για την προστασία κρίσιμων υποδομών (εργαζόμενοι στο χώρο της ασφάλειας, ιδιοκτήτες / φορείς λειτουργίας κρίσιμων υποδομών) και τα επιτυχή (αλλά σε μεγάλο βαθμό εμπειρικά) επιχειρησιακά σχέδια μεγάλης κλίμακας διοργανώσεων. Όλες αυτές οι εμπειρικές προσεγγίσεις ενοποιήθηκαν σε ένα κοινό επιχειρησιακό πλαίσιο (concept

of operations) που ενισχύθηκε από ένα μαθηματικό υπόβαθρο, ενώ ταυτόχρονα έγινε μια συστηματική προσπάθεια να καλυφθούν κάποια κενά σε διεθνές επίπεδο όπως αυτά αναλύθηκαν στην ενότητα 2.7. Πιο αναλυτικά:

1. Η προτεινόμενη προσέγγιση είναι μια **ημιεμπειρική προσέγγιση που επεκτείνει υφιστάμενες προσεγγίσεις ανάλυσης κινδύνων για τα συστήματα επίγειων μεταφορών**. Σε πολλά χρηματοδοτούμενα ερευνητικά έργα ακολουθήθηκε μια παρόμοια ημιεμπειρική αρχή όπου ο κίνδυνος αντιμετωπίζεται ως κατηγοριοποιημένη διαδικασία (π.χ. πενταβάθμιας κλίμακας) και πιο συγκεκριμένα:

- COUNTERACT Cluster Of User Networks in Transport and Energy Relating to Anti-terrorist ACTivities (FP6) - Ομάδα χρηστών δικτύων μεταφορών και ενέργειας σχετικών με αντιτρομοκρατικές δραστηριότητες
- EURAM: European Risk Assessment methodology - Ευρωπαϊκή μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων (DG Justice, Freedom and Security)
- DECRIS: Risk and Decision Systems for Critical Infrastructures - Συστήματα λήψης αποφάσεων για θέματα κρίσιμων υποδομών (SINTEF)
- IMPROVE: Βελτίωση γνώσεων της αποδοτικής προστασίας των κρίσιμων υποδομών (DG Home Affairs)

Επιπλέον, ακολουθείται μια παρόμοια προσέγγιση για την επιχειρησιακή ανάλυση κινδύνων στα δίκτυα επίγειων μεταφορών και πιο συγκεκριμένα αναφέρονται ορισμένες περιπτώσεις:

- International Association Of Public Transport - Διεθνής Ένωση Δημοσίων Μεταφορών (UITP): <http://www.uitp.org/Public-Transport/security/>
- ΗΠΑ: Transportation Sector Security Risk Assessment - Εκτίμηση επικινδυνότητας τομέα μεταφορών (TSSRA)<sup>40</sup>
- Μετρό Αθήνας

2. **Αξιοποίηση και αναβάθμιση του ολοκληρωμένου προγράμματος ασφάλειας μεταφορών των Ολυμπιακών Αγώνων Αθήνα 2004, μέσω μιας ενοποιημένης μαθηματικής διατύπωσης**. Ο πυρήνας αυτής της ιδέας ήταν να αντιμετωπιστεί το δίκτυο μεταφορών στην Αθήνα ως ένα ενιαίο δίκτυο που διακινεί χιλιάδες αθλητές, δημοσιογράφους, θεατές και μέλη της Ολυμπιακής Οικογένειας με την ελάχιστη διαταραχή της εύρυθμης λειτουργίας της πόλης, χωρίς να υπερφορτωθούν οι συνήθειες

---

<sup>40</sup> [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/rss\\_viewer/STSA.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/rss_viewer/STSA.pdf)

λειτουργίες της από την υπερβολική κίνηση. Όπως εξηγείται στην προηγούμενη ενότητα, αυτό το εξαιρετικά επιτυχημένο πρόγραμμα βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στην εμπειρία και στις ad-hoc γνωμοδοτήσεις των ειδικών σε θέματα ασφάλειας.

3. **Μετάβαση από την ανάλυση κινδύνων βάσει πόρων του δικτύου σε ένα ολιστικό πλαίσιο όπου το επίκεντρο είναι το «δίκτυο των δικτύων».** Ένα σημαντικό μειονέκτημα των προσεγγίσεων που αναλύθηκαν στο σημείο 1 ανωτέρω είναι ότι δεν προσφέρουν μια γενική εικόνα για το δίκτυο μεταφορών μιας συγκεκριμένης περιοχής ολιστικά, στην προσέγγιση διασυνδεδεμένου και αλληλεξαρτώμενου «δικτύου των δικτύων» που ακολουθείται στην παρούσα διατριβή. Συνεπώς, η προτεινόμενη μεθοδολογία ακολούθησε μια προσέγγιση ανάλυσης κινδύνων επιχειρησιακού τύπου, όπου οι επιπτώσεις από ένα περιστατικό ασφαλείας σε ένα ενιαίο δίκτυο μεταφορών επηρεάζουν τους πόρους του δικτύου. Η έννοια αυτή δεν περιορίζεται στους πόρους του ίδιου δικτύου, όπως λεωφορεία, αλλά επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τις διασυνδέσεις μεταξύ διαφορετικών δικτύων (λεωφορεία-μετρό, μετρό, λεωφορεία αεροδρομίου, κ.λπ.). Αυτό διευρύνει σημαντικά τους κινδύνους που εκτιμώνται σε οποιονδήποτε πόρο του τομέα μεταφορών με άλλους κινδύνους που θα μπορούσαν να τον επηρεάσουν με δευτερογενείς επιπτώσεις.
4. **Ενοποιημένη έννοια επιχειρήσεων ασφαλείας.** Επί του παρόντος, δεν υπάρχει κάποιο τυποποιημένο πλαίσιο όπου τα σχέδια και οι επιχειρησιακές διαδικασίες αναγνώρισης και μετρίασης απειλών να ενσωματώνουν τις βέλτιστες πρακτικές και να αντιμετωπίζουν όλα τα σχετικά ζητήματα. Η αξία ενός κοινού πλαισίου για την έννοια των επιχειρήσεων είναι ότι διασφαλίζει ότι όλοι οι φορείς εκμετάλλευσης ενός δικτύου θέτουν κοινά ερωτήματα στα σχέδια ασφαλείας τους, περιλαμβανομένων των βασικών αποφάσεων όπως ποιος θα είναι υπεύθυνος για ποιες πτυχές της ασφάλειας και πώς θα αλληλεπιδρούν οι διάφοροι φορείς που εμπλέκονται.
5. Διαμόρφωση της βάσης **εναρμονισμένων προσεγγίσεων ανάλυσης κινδύνων σε απάντηση για την εφαρμογή της Οδηγίας 114/2008 σχετικά με το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Προστασίας Υποδομών Ζωτικής Σημασίας.** Αναγνωρίζεται διά του παρόντος η έλλειψη ενός αμοιβαία συμφωνημένου πλαισίου ανάλυσης κινδύνων σε διαφορετικά κράτη-μέλη της ΕΕ. Ακόμα κι αν τα θέματα της ασφάλειας επίγειων μεταφορών ομοιάζουν κατά πολύ και χρήζουν παρόμοιων λύσεων ασφαλείας, τα σχέδια ασφαλείας εκπονούνται από επιμέρους δίκτυα, συχνά σε συνδυασμό με τις τοπικές υπηρεσίες επιβολής του νόμου και μερικές φορές με βάση την εμπειρία άλλων δικτύων σε μεγάλο βαθμό με ad-hoc τρόπο.

6. **Πρόταση πλαισίου το οποίο θα μπορούσε να ενοποιήσει την ανάλυση κινδύνων σε διαφορετικές κρίσιμες υποδομές.** Το προτεινόμενο πλαίσιο είναι πολύ γενικό και αποτυπώνει τις πρωτογενείς συνέπειες (π.χ. ατυχήματα, οικονομικές απώλειες) αλλά και τις επιπτώσεις δεύτερης βαθμίδας (κοινωνικές, ψυχολογικές) ενώ δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην αδιάλειπτη επιχειρησιακή λειτουργία μιας υποδομής. Ως εκ τούτου, το προτεινόμενο πλαίσιο θα μπορούσε ενδεχομένως να εφαρμοστεί σε διασυνδεδεμένα έργα υποδομής διαφορετικού τύπου που συνδέονται μεταξύ τους και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις συνθήκες διαβίωσης στις σύγχρονες κοινωνίες.

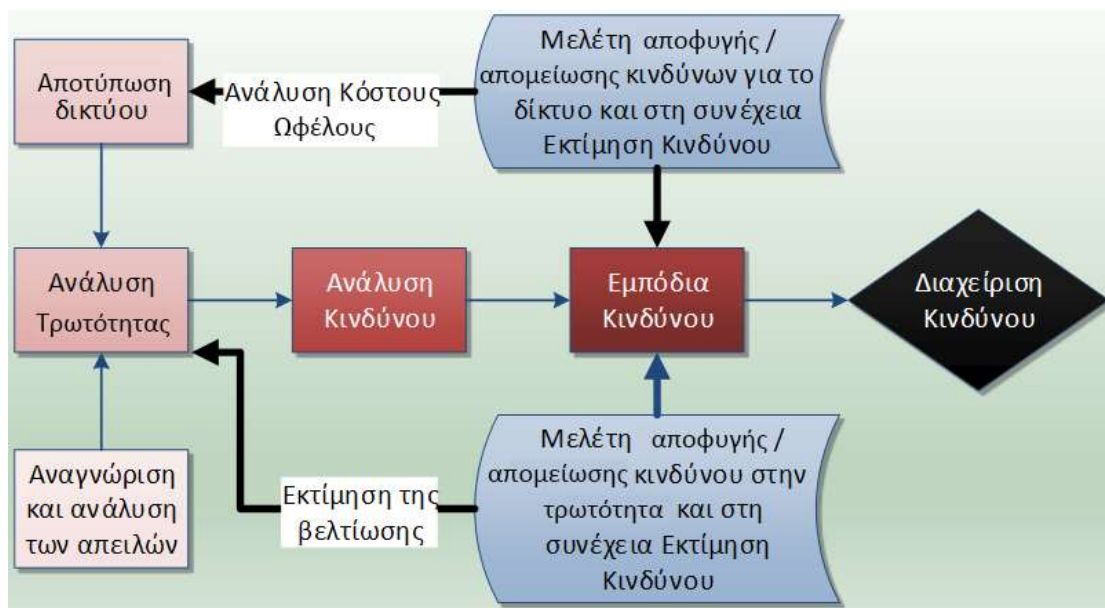
### **3.5 Επισκόπηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας**

Στα επόμενα στάδια περιγράφεται η προτεινόμενη μεθοδολογία για την εκτίμηση επικινδυνότητας που ακολουθεί την λογική που περιγράφεται στην Εικόνα 3-1.

Αρχικά περιγράφεται η χωροθέτηση και ανάλυση των επιμέρους πόρων του κάθε δικτύου επίγειων μεταφορών καθώς και μια γενικευμένη εκτίμηση της σημασίας και της τρωτότητάς τους. (κεφ. 4). Στην συνέχεια το προτεινόμενο πλαίσιο περιλαμβάνει τον καθορισμό ενός σεναρίου κάνοντας χρήση της βάσης δεδομένων απειλών/σεναρίων που έχει προκύψει (Ενότητα 5.2) και εφαρμόζεται σε έναν συγκεκριμένο πόρο ή σε πολλαπλούς πόρους του δικτύου μεταφοράς. Ο κίνδυνος για τον πόρο ή τους πόρους ορίζεται ως το αποτέλεσμα της πιθανότητας να εκδηλωθεί ένας κίνδυνος και των συνεπειών αυτού (Ενότητα 5.3-5.6) και είναι επεκτάσιμος σε διασυνδεδεμένους πόρους του ίδιου ή άλλου δικτύου μέσω της έννοιας του Πίνακα Διάδοσης Επιπτώσεων (Ενότητα 5.7).

Τα παραπάνω συνδυάζονται με την εφαρμογή τρόπων μετριάσμού των παραγόμενων επιπτώσεων (Ενότητα 5.9 & 6.5) από το περιστατικό καθώς και μια συνοδευτική ανάλυση κόστους / οφέλους από την εφαρμογή τους.





Εικόνα 3-1: Επισκόπηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας

### 3.5.1 Προσδιορισμός πόρων και δικτύων

Ο προσδιορισμός των πόρων και εν συνέχεια των διαδοχικών δικτύων καθώς και του «δικτύου των δικτύων» είναι το πρώτο εισαγωγικό βήμα για την ανάπτυξη του πλαισίου ανάλυσης κινδύνων, επειδή αποτελεί τα θεμέλια πάνω στα οποία θα εφαρμοστούν οι σχετικές μεθοδολογίες. Σύμφωνα με το προτεινόμενο πλαίσιο (κεφ 4), ένας πόρος θεωρείται ως μια βασική μονάδα για κάθε δίκτυο μεταφορών και γενικά θα πρέπει να έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

- ✓ Οι πόροι αποτελούν βασικά στοιχεία για κάθε δίκτυο μεταφορών.
- ✓ Οι πόροι επηρεάζουν την κατάσταση της ασφαλείας του δικτύου μεταφορών και, συνεπώς, έχουν ειδική αξία για το δίκτυο, το φορέα εκμετάλλευσης, τις επιχειρησιακές του δραστηριότητες και την αδιάλειπτη λειτουργία του.
- ✓ Οι πόροι αντιπροσωπεύουν διασυνδεδεμένα στοιχεία των δικτύων μεταφορών, και επηρεάζουν την κατάσταση ολόκληρου του «δικτύου των δικτύων».
- ✓ Ένας πόρος μπορεί να αποτελείται από πιο λεπτομερή στοιχεία, μέρη ή συστήματα. Ωστόσο, όσο περισσότερες λεπτομέρειες επιχειρούμε να αναλύσουμε, τόσο περισσότερο μειώνεται η γενίκευση και συνεχίζουμε στην ανάλυση των τρωτών σημείων του συγκεκριμένου πόρου.

Χρησιμοποιώντας τον προηγούμενο ορισμό ως σημείο εκκίνησης θέτουμε τις ακόλουθες αρχές ως κατευθυντήριες γραμμές για το εννοιολογικό μοντέλο της ανάλυσης κινδύνων.

**Κάθε δίκτυο διαμορφώνεται αρχίζοντας από τους πόρους του, δηλαδή αντικείμενα με συγκεκριμένους και εύκολα αναγνωρίσιμους ρόλους.**

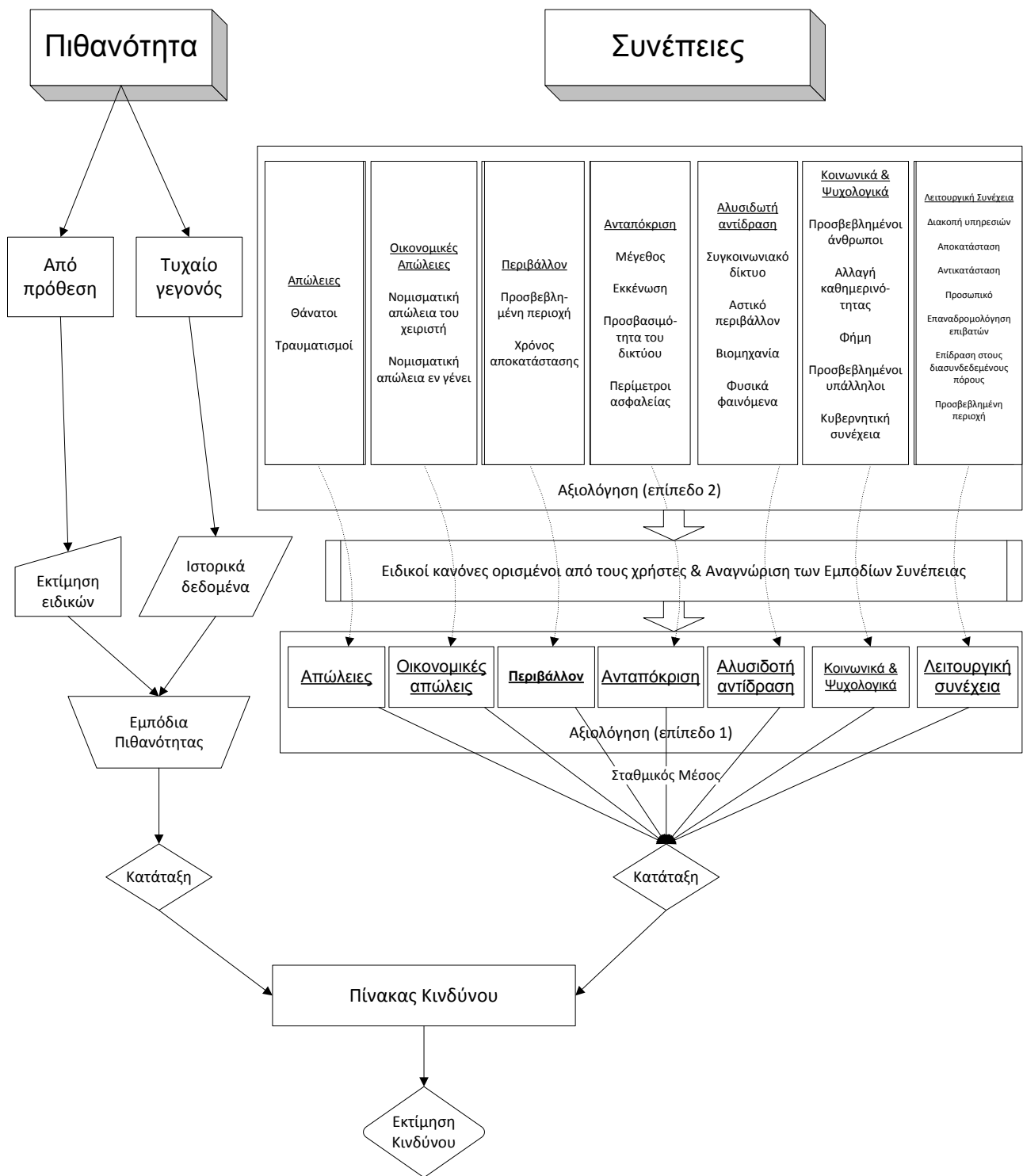
Για να μειωθεί η ανάγκη για λεπτομερείς πληροφορίες, κάθε στοιχείο πρέπει να καθορίζεται σε ένα αρκετά υψηλό αφαιρετικό επίπεδο που επιτρέπει τις συνεπείς περιγραφές, ξεκινώντας από τα δεδομένα που μπορούν να αποκτηθούν εύκολα τα οποία μπορεί ωστόσο να είναι γενικευμένα ή ελλιπή. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης βρίσκεται στο ότι οι φορείς εκμετάλλευσης των δικτύων μεταφορών είναι σε θέση να διεξάγουν μια σφαιρική ανάλυση των κινδύνων σε ένα ετερόκλητο/διασυνδεδεμένο δίκτυο μεταφορών, σε προκαθορισμένο περιβάλλον, ακόμη κι αν η πρόσβαση σε συγκεκριμένα δεδομένα από άλλους φορείς δεν είναι άμεσα διαθέσιμη

### **3.5.2 Ανάλυση απειλών**

Απειλή είναι οποιαδήποτε πραγματική ή πιθανή κατάσταση (περιστατικό, συμβάν ή γεγονός) που μπορεί να προκαλέσει βλάβη ή θάνατο στους επιβάτες, το προσωπικό, καταστροφή ή απώλεια εξοπλισμού μεταφορών, ιδιοκτησίας ή/και εγκατάστασης, καθώς και να υπονομεύσει τη θετική εικόνα ή το κύρος του φορέα εκμετάλλευσης. Ο πίνακας περιστατικών απειλής αποτελείται αποκλειστικά από κάθε πιθανό περιστατικό κινδύνου που θα μπορούσε να επηρεάσει δυσμενώς το φορέα εκμετάλλευσης. Τα περιστατικά σε έναν πόρο δικτύου μεταφοράς αποτελούν το βασικό δομικό στοιχείο του πλαισίου εκτίμησης κινδύνων, όπου πραγματοποιείται η αξιολόγηση των κινδύνων.

### **3.5.3 Εκτίμηση κινδύνων**

Αυτή η ενότητα περιγράφει ένα γενικευμένο και ενιαίο πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων για τα διασυνδεδεμένα και ετερόκλητα δίκτυα μεταφοράς βάσει μιας επαναληπτικής διαδικασίας εκτίμησης κινδύνων και αξιολόγησης σπουδαιότητας, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα εμφάνισης ενός κινδύνου και τις συνέπειες που βασίζονται σε συγκεκριμένα κριτήρια:



**Εικόνα 3-2: Γενική μεθοδολογία πλαισίου εκτίμησης κινδύνου**

Πιο συγκεκριμένα, ετέθησαν οι ακόλουθοι ορισμοί:

**Πιθανότητα** είναι η συχνότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης απειλής. Στην παρούσα προσέγγιση, η πιθανότητα σχετίζεται άμεσα με το φορέα της απειλής καθώς και την

τρωτότητα του στόχου. Τα επίπεδα πιθανοτήτων που ορίζονται από τους διεθνώς αποδεκτούς περιγραφικούς όρους, κατατάσσονται σε ένα σύνολο πέντε κατηγοριών:

ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	ΒΕΒΑΙΑ
-------------	--------	--------	--------	--------

Τονίζεται ότι είναι αδύνατο να προβλεφθούν υποκειμενικά οι απειλές από φυσικά συμβάντα, χρησιμοποιώντας τον ίδιο υπολογισμό πιθανοτήτων με ανθρωπογενείς απειλές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η εκτίμηση της πιθανότητας να προκύπτει από τη συχνότητα της εμφάνισης ανάλογα με το αν η υπό εξέταση απειλή είναι αποτέλεσμα σκόπιμης, ανθρώπινης δραστηριότητας ή φυσικού κινδύνου.

**Συνέπειες** είναι το αποτέλεσμα της υλοποίησης της απειλής. Αυτές περιλαμβάνουν σωματικές βλάβες, τραυματισμό, θάνατο, απώλεια εσόδων, ζημία περιουσίας καθώς και απώλεια στη φήμη και πελατεία μιας εταιρείας και του συστήματος μεταφορών γενικότερα. Οι συνέπειες βασίζονται στα ακόλουθα κριτήρια:

- Επιπτώσεις στο κοινό (πληγέντα πληθυσμό και απώλειες).
- Χρηματοοικονομικές επιπτώσεις (επίπεδο της οικονομικής απώλειας ή/και υποβάθμιση προϊόντων και υπηρεσιών).
- Επιπτώσεις στη φήμη και το κύρος του φορέα.
- Επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Κοινωνικές και ψυχολογικές επιπτώσεις.
- Αλυσιδωτές επιπτώσεις σε άλλες κρίσιμες υποδομές και περιστατικά που σχετίζονται μέσω της τεχνολογίας.
- Επιπτώσεις στο ίδιο το δίκτυο μεταφορών και στα διασυνδεδεμένα δίκτυα.

Το επίπεδο των συνεπειών, για τους σκοπούς του προτεινόμενου πλαισίου ανάλυσης κινδύνου, έχει περιγραφεί και ταξινομηθεί με βάση τις παρακάτω πέντε διεθνώς αποδεκτές κατηγορίες:

ΑΜΕΛΗΤΕΑ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	ΣΟΒΑΡΗ
----------	-------	--------	--------	--------

Τέλος, οι κίνδυνοι εκτιμώνται μέσω ενός συστήματος πέντε κατηγοριών σύμφωνα με την προηγούμενη κατάταξη πιθανοτήτων και συνεπειών. Η μετατροπή επιτυγχάνεται μέσω του λεγόμενου πίνακα κινδύνων, λεπτομέρειες του οποίου αναγράφονται στην ενότητα 5.5.

ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟ	ΧΑΜΗΛΟ	ΜΕΤΡΙΟ	ΥΨΗΛΟ	ΚΡΙΣΙΜΟ
-------------	--------	--------	-------	---------

### **3.5.4 Μείωση (mitigation) και εκ νέου αξιολόγηση των παραγόντων κινδύνου**

Λαμβάνοντας υπόψη τα συμπεράσματα από την ανάλυση των κινδύνων, το επόμενο βήμα στη διαδικασία είναι ο σωστός προσδιορισμός των αντιμέτρων/αναβαθμίσεων ασφαλείας που θα ελαττώσουν τα διάφορα επίπεδα των κινδύνων. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν εξοπλισμό παρακολούθησης, επέκταση περιμέτρου ασφαλείας, βελτίωση της κατάρτισης του προσωπικού, κ.λπ. Επιπρόσθετες αναβαθμίσεις των αντιμέτρων εκτός των ελαχίστων προτύπων θα πρέπει να προτείνονται ως μια απαραίτητη λύση για την αντιμετώπιση των συγκεκριμένων απειλών που προσδιορίστηκαν για την εγκατάσταση. Το εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας για τα συνιστώμενα αντίμετρα θα αναγράφεται επίσης στην έκθεση αξιολόγησης απειλών/τρωτών σημείων.

Η εφαρμογή των συνιστώμενων αναβαθμίσεων ασφάλειας ή/και διαρθρωτικών αλλαγών θα πρέπει να επιφέρει μείωση των συνεπειών που να αντανακλάται στην ελάττωση της κατηγορίας κινδύνου ή/και βελτίωση των τρωτών σημείων για κάθε απειλή. Το τελικό βήμα στη διαδικασία είναι η εκ νέου αξιολόγηση αυτών των δύο παραγόντων για κάθε απειλή υπό το φως της προτεινόμενης εφαρμογής των επιλογών άμβλυνσης κινδύνων. Η αξιολόγηση του προγράμματος προστασίας της ασφάλειας κρίσιμων υποδομών και των προτεινόμενων στρατηγικών ανθεκτικότητας (resilience) αποτελεί μια συνεχή διαδικασία, προκειμένου να αναπτύξει περαιτέρω και να στηρίζει τις νέες δραστηριότητες που μειώνουν αποτελεσματικά την τρωτότητα των εγκαταστάσεων. Η γενική στρατηγική επικεντρώνεται στις προσπάθειες που υποστηρίζουν τους στόχους για:

- 1) συνέχιση των υπηρεσιών και των επιχειρήσεων στον τομέα της ενέργειας μέσω αξιόπιστου διαμοιρασμού πληροφοριών
- 2) αποτελεσματική φυσική ασφάλεια και ασφάλεια κυβερνοχώρου
- 3) συντονισμένες προσπάθειες αντιμετώπισης απειλών.

### 3.6 Χρήση συμβόλων

Για τις ανάγκες της διατριβής χρησιμοποιούμε μια σειρά από σύμβολα που προσδιορίζουν, άμεσα και κατανοητά, όλες τις συντεταγμένες του προβλήματος:

Η γενική μορφή είναι  $\Pi = \{O1, O2, O3, \dots\}$

Όπου:

$\Pi$  είναι ένας συγκεκριμένος πόρος του δικτύου

$O$  είναι οι παράμετροι που καθορίζουν τον κίνδυνο και περιγράφονται σαν

Σύμβολο	Ερμηνεία
L	Πιθανοφάνεια
C ( $C_1, C_2$ )	Συνέπειες (επίπεδο εκτίμησης 1 και επίπεδο εκτίμησης 2)

Η τιμή που προκύπτει σε ένα πόρο από την εφαρμογή μέτρων απομείωσης του κινδύνου συμβολίζεται σαν  $\Pi_T\{O\}$

Όπου T μπορεί να έχει τα σύμβολα LM και CM

LM: μετριάσμός πιθανοτήτων

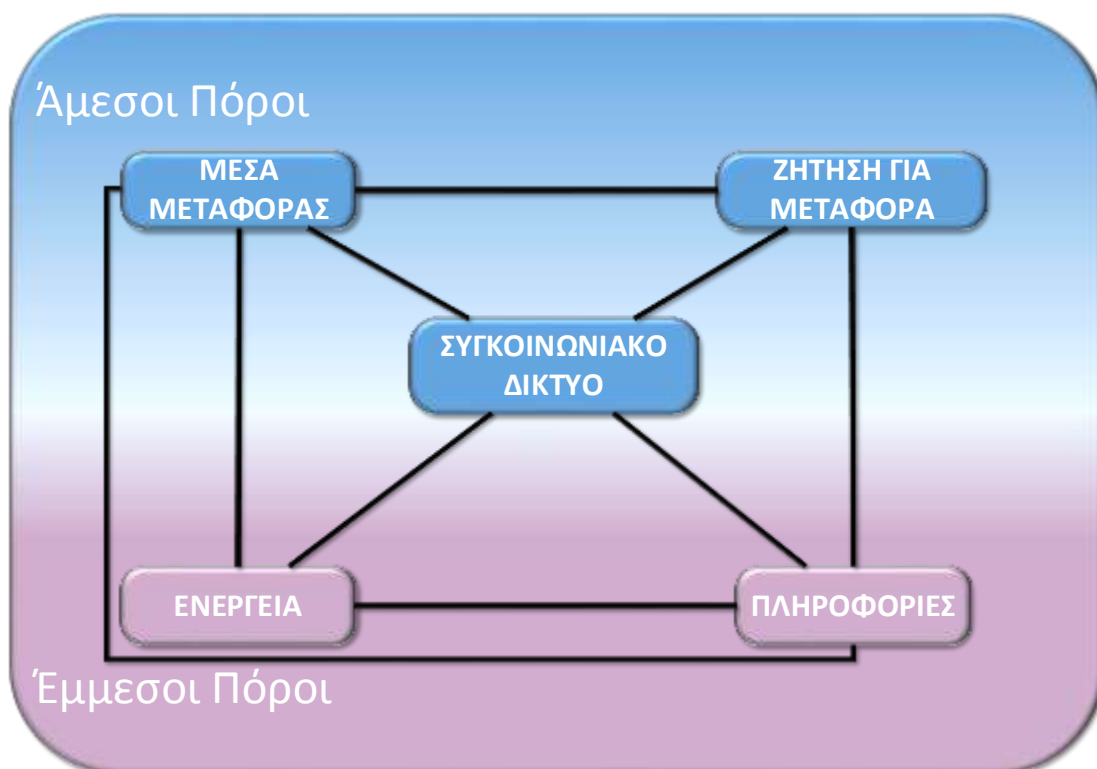
CM: μετριάσμός συνεπειών

## 4 Πόροι δικτύου μεταφοράς

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά οι πόροι των συστημάτων επίγειων μεταφορών μέσα από μια προτεινόμενη ταξινόμηση, χωρισμένοι σε δυο κατηγορίες: άμεσοι και έμμεσοι. Στην συνέχεια επιχειρείται να προσδιοριστεί η σημασία τους για το εν γένει δίκτυο επίγειων μεταφορών σε μια περιοχή ενδιαφέροντος καθώς και μια αρχική εκτίμηση του τρόπου με τον οποίον αλληλεπιδρούν.

### 4.1 Πόροι δικτύων επίγειων μεταφορών

Για την ανάλυση των δικτύων μεταφορών απαιτείται η δημιουργία ενός πλαισίου κατηγοριοποίησης των πόρων. Στην Εικόνα 4-1 φαίνεται η συνοπτική περιγραφή με τα κύρια στοιχεία ενός δικτύου μεταφοράς και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Η δομή αυτή ισχύει για όλα σχεδόν τα δίκτυα επίγειων μεταφορών. Ο σαφής καθορισμός και διαχωρισμός των στοιχείων βοηθά στην κατανομή των πόρων του τομέα μεταφορών σε κατηγορίες.



Εικόνα 4-1: Απλή δομή των πόρων ενός δικτύου μεταφορών

Στον παρόν κείμενο, οι άμεσοι πόροι του δικτύου μεταφορών είναι οι πόροι που απαιτούνται για τη δημιουργία συνθηκών που να επιτρέπουν την κυκλοφορία ανθρώπων και αγαθών. Η κυκλοφορία είναι το συνολικό αποτέλεσμα τριών συνθηκών:

- α) Ύπαρξη ζήτησης για μεταφορά
- β) Ύπαρξη μέσου μεταφοράς
- γ) Ύπαρξη υποδομών μεταφοράς

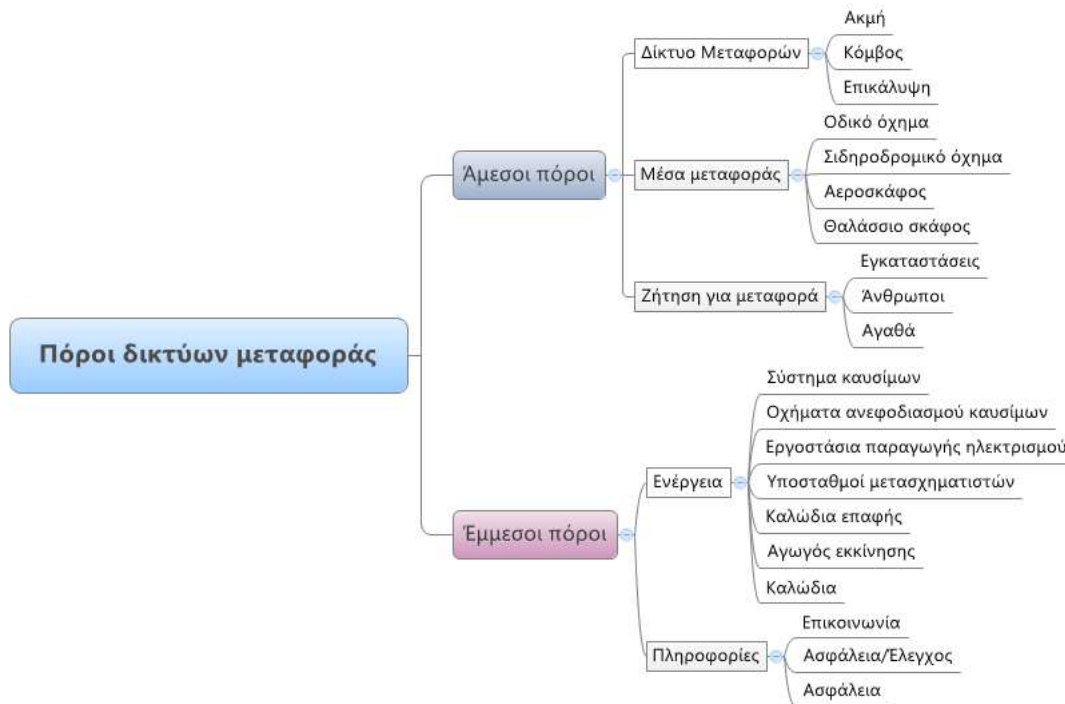
Εάν υπάρχει η επιθυμία (desire) για μετακίνηση και κίνητρο (motivation) για να καλυφθεί μια απόσταση από ένα σημείο Α έως κάποιο άλλο Β, τότε δημιουργείται ζήτηση για την μεταφορά. Αυτή η ζήτηση προκαλεί κυκλοφορία. Για να πραγματοποιηθεί κυκλοφοριακή δομή απαιτείται ένα μέσο μεταφοράς και μια υποδομή μεταφοράς. Το δίκτυο μεταφορών αντιπροσωπεύει αυτές ακριβώς τις απαραίτητες υποδομές μεταφοράς, ενώ αποτελείται από κόμβους και ακμές, σύμφωνα με τη θεωρία γραφημάτων. Το μεταφορικό μέσο, είναι ένα κινούμενο στοιχείο που χρησιμοποιείται για να καλυφθούν αποστάσεις μεταξύ κόμβων και κατά μήκος των ακμών του δικτύου μεταφοράς.

Οι έμμεσοι πόροι μεταφοράς (indirect assets) είναι εν μέρει απαραίτητοι και εν μέρει πρόσθετοι πόροι στο σύστημα μεταφοράς: απαραίτητοι είναι για τις περιπτώσεις υποστήριξης και διατήρησης της μεταφορικής λειτουργίας και πρόσθετοι για τις περιπτώσεις βελτιστοποίησης της λειτουργίας του συστήματος μεταφοράς:

- Τα συστήματα πληροφοριών είναι πρόσθετα συστήματα, που βοηθούν στον έλεγχο της κυκλοφορίας, βελτιώνουν την ποιότητά του, βελτιστοποιούν την ροή του όγκου της κυκλοφορίας σε ορισμένα δρομολόγια και εξασφαλίζουν ότι διενεργούνται οι εργασίες προστασίας και ασφάλειας στο δίκτυο.
- Τα συστήματα παροχής ενέργειας απαιτούνται για να παρέχουν ενέργεια για τη κίνηση και λειτουργία των πόρων (μέσα μεταφοράς, π.χ. μετρό, τραμ). Επιπλέον, παρέχουν ενέργεια για τη λειτουργία των συμπληρωματικών συστημάτων πληροφοριών (όπως έλεγχος, εξοπλισμός ασφάλειας και σηματοδότησης) και του δικτύου μεταφορών (π.χ. σταθμοί).

Για τον προσδιορισμό των κρίσιμων υποδομών ενός δικτύου μεταφορών, η δομή που περιγράφεται στην Εικόνα 4-1 έχει επεκταθεί στην Εικόνα 4-2. Αυτός ο χάρτης με διακλαδώσεις περιλαμβάνει και πάλι τα κύρια στοιχεία που διακρίνονται σε διάφορες υποκατηγορίες, και συνιστούν τους ενιαίους πόρους ολόκληρου του δικτύου μεταφορών. Στο παράρτημα (Παράρτημα Α.2) επισυνάπτεται ένας περιεκτικός και λεπτομερής δενδρικός χάρτης για τους πόρους των επίγειων δικτύων μεταφοράς.

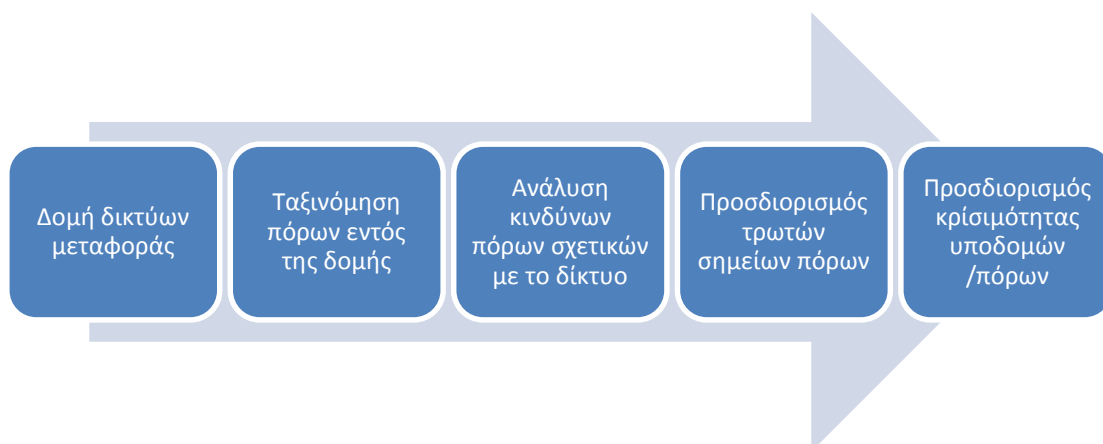




Εικόνα 4-2: Εκτεταμένη δομή πόρων του δικτύου μεταφορών

## 4.2 Ανάλυση πόρων

Για τον καθορισμό των κρίσιμων και σημαντικών στοιχείων για την ασφάλεια του ενοποιημένου δικτύου επίγειων μεταφορών, πρέπει να ληφθούν υπόψη διαφορετικοί πόροι. Στην Εικόνα 4-3 δίνεται μια προσέγγιση της ανάλυσης που αποτελείται από πέντε βήματα σε σειριακή μορφή.



Εικόνα 4-3: Προσέγγιση ανάλυσης

Η ασάφεια αναφορικά με το τι αποτελεί κρίσιμο στοιχείο υποδομής (ή βασικό πόρο) θα μπορούσε να οδηγήσει σε αναποτελεσματική χρήση των περιορισμένων πόρων ασφάλειας.

Για παράδειγμα, οι εκπρόσωποι του ιδιωτικού τομέα δηλώνουν ότι χρειάζονται σαφείς και σταθερούς ορισμούς για την κρίσιμότητα ενός πόρου, ώστε να ξέρουν ακριβώς ποιους πόρους να προστατέψουν και πόσο καλά να τους προστατέψουν. Σε αντίθετη περίπτωση, κινδυνεύουν να προστατεύουν πάρα πολλές εγκαταστάσεις ή τις εγκαταστάσεις που δεν αποτελούν στόχο επίθεσης ή και τα δύο μαζί. Από την άλλη πλευρά, ο αυθαίρετος περιορισμός του αριθμού των κρίσιμων υποδομών εκ των προτέρων λόγω περιορισμένων πόρων θα μπορούσε να αγνοήσει ένα επικίνδυνο τρωτό σημείο. Τα σαφή κριτήρια «κρίσιμότητας» είναι επίσης σημαντικά για την εφαρμογή και την επιβολή τυχόν μελλοντικών λύσεων ασφάλειας και την ιεράρχηση που σχετίζονται με μια ολιστική προσέγγιση της προστασίας των κρίσιμων υποδομών. Στη συνέχεια, κάθε μία από αυτές υποκατηγορίες αξιολογείται σύμφωνα με τις τρεις παρακάτω πτυχές:

- α) Περιγραφή και παραδείγματα
- β) Συνάφεια με το δίκτυο και το «δίκτυο των δικτύων»
- γ) Αναλύσεις τρωτότητας

Παρουσιάζεται η σημασία κάθε πόρου για το συνδεδεμένο δίκτυο (ενδοδικτυακά) και τα δίκτυα του περιβάλλοντος (ανεξάρτητο δίκτυο: «δίκτυο των δικτύων») ενώ παράλληλα προσδιορίζεται γιατί είναι σημαντικό να αναλυθεί αυτός ο πόρος και ποιες είναι οι κύριες εργασίες σχετικά με το δίκτυο. Για παράδειγμα ένα αεροδρόμιο, , δεν έχει μεγάλη σημασία για την αστική κυκλοφορία μιας κεντρικής πόλης, επειδή το να μετακινηθεί κανείς από την απόσταση Α στην απόσταση Β μέσα στην πόλη χρησιμοποιώντας τους αεροδιάδρομους είναι μηδενική. Ένας αερολιμένας παρουσιάζει ιδιαίτερη σημασία στο «δίκτυο των δικτύων», επειδή για παράδειγμα συνδέει, δύο μεγάλες πόλεις με τα δίκτυα μεταφοράς τους. Διαφορετικά, μια βομβιστική επίθεση σε έναν κόμβο ζεύξης επηρεάζει το σιδηροδρομικό δίκτυο αλλά ταυτόχρονα και το δίκτυο του μετρό.

Επίσης πραγματοποιείται μια αξιολόγηση για τα τρωτά σημεία των πόρων. Ένας πόρος είναι τρωτός όταν επηρεαστεί από κάποιο περιστατικό που δημιουργεί διαταραχή. Τότε αυτός ο πόρος επηρεάζει το δίκτυο ή το «δίκτυο των δικτύων». Σε αυτήν την περίπτωση εκτίθενται, οι επηρεασμένοι πόροι και τα δίκτυα (εξαρτήσεις).

Αυτή η περίπτωση δεν πρέπει να περιέχει ανάλυση σεναρίου με σκοπό την αναζήτηση των λόγων και των επιπτώσεων που επέφεραν το επικίνδυνο περιστατικό. Η ανάλυση αυτή παρουσιάζεται λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 5. Έτσι, κίνδυνος ορίζεται ως το προϊόν/γινόμενο

δύο ποσοτήτων: της πιθανότητας (ποσοστό κινδύνου) και των επιπτώσεων (συνέπειες) ενός περιστατικού:

$$\text{κίνδυνος} = \text{πιθανότητα} \times \text{επιπτώσεις}$$

Για παράδειγμα, η πιθανότητα ενός περιστατικού που επηρεάζει ένα συγκεκριμένο είδος πόρου μπορεί να εκφραστεί αριθμητικά, βάσει των παρακάτω συντελεστών επιρροής:

- Αριθμός επηρεασμένων πόρων στο δίκτυο
- Συχνότητα χρήσης
- Πιθανότητες στατιστικής αποτυχίας
- Ιστορικά στοιχεία

Για τον προσδιορισμό της σοβαρότητας ενός επικίνδυνου περιστατικού, οι επιπτώσεις εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως:

- Μη έγκυρη λειτουργία πόρου
- Περιορισμός χρηστών του δικτύου μεταφορών
- Οικονομική απώλεια
- Σωματικές βλάβες
- Υλικές ζημιές
- Περιβαλλοντική ζημία

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα και τις επιπτώσεις των επικίνδυνων περιστατικών βοηθούν να γίνει διάκριση μεταξύ σημαντικών και ασήμαντων περιπτώσεων. Αν ανιχνευτούν αυτές τις περιπτώσεις, η αναλυμένη υποκατηγορία και αντίστοιχα ο πόρος που διαταράχθηκε, αποτελεί υποδομή κρίσιμης σημασίας για το δίκτυο μεταφορών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας περίπτωσης, θα μπορούσε να είναι η βλάβη σε ένα μέσο δημόσιας συγκοινωνίας, όπου δεν είναι εύκολο να βρεθεί εγκαίρως εναλλακτικό σύστημα μεταφοράς. Γενικά, περιλαμβάνονται λειτουργικές, περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές πτυχές με τον προσδιορισμό των περιπτώσεων τρωτότητας.

Στην παρούσα ανάλυση μελετώνται τα δίκτυα δημόσιων μεταφορών και η μεμονωμένη κυκλοφορία που εμφανίζεται σε μια αστική περιοχή. Οι παρακάτω τύποι δικτύων μεταφοράς έχουν μεγαλύτερη σημασία για το σύνολο του δικτύου:

- 1) Αστικό οδικό δίκτυο
- 2) Δίκτυο λεωφορείων
- 3) Δίκτυο μετρό
- 4) Δίκτυο τραμ
- 5) Σιδηροδρομικό δίκτυο
- 6) Δίκτυο αερομεταφορών
- 7) Δίκτυο πλωτών μεταφορών
- 8) Εναέριοι σιδηρόδρομοι (τελεφερίκ)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ένα δίκτυο μεταφοράς δεν καθορίζεται μόνο από τα μέσα μεταφοράς, αλλά και από τον φορέα εκμετάλλευσης και τον τύπο των δραστηριοτήτων μεταφοράς, όπως είναι η αστική κυκλοφορία ή οι μεταφορές στην περιφέρεια μιας πόλης. Για να μεταβεί ένας επιβάτης από ένα αστικό λεωφορείο σε ένα περιφερειακό λεωφορείο πρέπει να αλλάξει το δίκτυο μεταφοράς. Όλα αυτά τα δίκτυα μαζί αποτελούν ένα ενιαίο «δίκτυο των δικτύων», συμπεριλαμβανομένων των αλληλεξαρτήσεων που ισχύουν μεταξύ τους. Άλλα είδη μεταφοράς έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα προαναφερθέντα είδη και ενδέχεται να προέρχονται από αυτά. Είναι σημαντικό ότι για την ανάπτυξη του προτεινόμενου πλαισίου ανάλυσης κινδύνων πρέπει να εφαρμόζονται γεωαναφερόμενα δεδομένα χάρτη (π.χ. αρχεία GIS) στις περιπτώσεις δοκιμών.

### 4.3 Ταξινόμηση

Για να προσδιοριστούν τα σημαντικά, κρίσιμα και τρωτά στοιχεία που επηρεάζουν την κατάσταση ασφάλειας και τη γενικότερη τρωτότητα ενός δικτύου μεταφορών, αξιολογούνται συλλογικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης του δικτύου μεταφορών στον Πίνακα 4-1. Κάθε πόρος που παρουσιάζεται στην ενότητα 4.1 φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και για λόγους υπενθύμισης, στη δεύτερη στήλη αναγράφεται ένα σημαντικό παράδειγμα. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η σημασία του ενιαίου πόρου για το συνδεδεμένο δίκτυο και το «δίκτυο των δικτύων», ο αριθμός των πόρων εντός του συγκεκριμένου δικτύου, οι επιπτώσεις μιας διαταραχής και η παράγωγη τρωτότητα του πόρου χρησιμοποιώντας μια λεκτική ταξινόμηση (σύμφωνα με τους Haimes et al. 2002). Για την εκτίμηση της τρωτότητας, χρησιμοποιήθηκε ο ορισμός των Haimes et al. (2002) που αναφέρει ότι: Κίνδυνος είναι το προϊόν της πιθανότητας (ποσοστό κινδύνου) και των επιπτώσεων (συνέπειες) ενός περιστατικού.

**Πίνακας 4-1: Προσδιορισμός των πλέον ευάλωτων στοιχείων**

Στοιχείο	Παράδειγμα	Σχέση με δίκτυο	Σχέση με δίκτυο δικτύων	Αριθμός / Πιθανότητα	Επιπτώσεις (Συνέπειες)	Τρωτότητα (Κίνδυνος)
Ακμή σύνδεσης (ενδοδικτυακά)	διαδρομή του μετρό που συνδέει δύο σταθμούς	+	ο	++	+	+
Ακμή σύνδεσης (διαδικτυακά)	γραμμή τροφοδοσίας αεροδρομίου	-	++	-	+	ο
Ακμή αφετηρίας/προορισμού	διαδρομή λεωφορείου με στάση στο τέρμα	++	+	-	++	+
Κόμβος εισόδου/εξόδου	σταθμός μέσω μαζικής μεταφοράς με πρόσβαση σε μία μόνο γραμμή	+	--	++	+	+
Κόμβος ζεύξης (ενδοδικτυακά)	ανισόπεδος κόμβος αυτοκινητόδρομου	+	-	++	+	+
Κόμβος ζεύξης (διαδικτυακά)	σταθμός μετεπιβίβασης με πρόσβαση σε διάφορα δίκτυα	ο	++	+	++	++
Κόμβος αποθήκευσης	αποθήκη οχημάτων δημόσιας συγκοινωνίας	++	+	-	++	+
Επίπεδη επικάλυψη	σιδηροδρομική διάβαση	+	+	+	++	++
Μη επίπεδη επικάλυψη	σιδηροδρομική γέφυρα πάνω από δρόμο	-	+	+	++	++
Οδικό όχημα	λεωφορείο	-	-	++	ο	+
Σιδηροδρομικό όχημα	μετρό	+	+	+	++	++
Στοιχείο	Παράδειγμα	Σχέση με δίκτυο	Σχέση με δίκτυο δικτύων	Αριθμός / Πιθανότητα	Επιπτώσεις (Συνέπειες)	Τρωτότητα (Κίνδυνος)
Αεροσκάφος	αεροπλάνο	+	+	ο	++	+
Θαλάσσιο σκάφος	φέριμποτ	ο	--	-	ο	-
Εγκατάσταση	αθλητικές εγκαταστάσεις	+	++	++	++	++
Άνθρωπος	επιβάτης	+	+	++	++	++
Αγαθό	επικίνδυνο αγαθό	+	ο	+	+	+
Σύστημα παροχής ενέργειας	σύστημα ανεφοδιασμού καυσίμων	++	+	+	+	+
Σύστημα επικοινωνίας	TMC (Traffic Message Channel)	+	+	ο	ο	ο

Σύστημα ασφάλειας/ελέγχου	κέντρο ελέγχου κυκλοφορίας	++	+	+	++	++
Συστήματα προστασίας	συσκευή συναγερμού	+	+	o	++	+

**++ εξαιρετικά μεγάλη σχέση, + μεγάλη σχέση, o μέτρια σχέση, - μικρή σχέση, -- εξαιρετικά μικρή σχέση**

Για την επεξήγηση της προσέγγισης προσδιορισμού της τρωτότητας των πόρων που αναλύθηκαν χρησιμοποιείται το παράδειγμα των σιδηροδρομικών οχημάτων. Τα σιδηροδρομικά οχήματα έχουν μεγάλη σημασία για το συγκεκριμένο σιδηροδρομικό δίκτυο, επειδή είναι συνδεδεμένοι συρμοί και ένα ενιαίο όχημα είναι σε θέση να μεταφέρει περισσότερους επιβάτες από ότι ένα άλλο όχημα οδικώς, εναέρια ή διά θαλάσσης. Οι διαταραχές μεμονωμένων οχημάτων πολλές φορές επηρεάζουν διάφορα δίκτυα, για αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο για το «δίκτυο των δικτύων».

Συνήθως, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός σιδηροδρομικών οχημάτων σε μια αστική περιοχή (σε σύγκριση με τα αεροσκάφη και τα πλωτά), αλλά όχι τόσο μεγάλος όσο ο αριθμός των οδικών οχημάτων (καταχωρισμένων οχημάτων ιδιωτικής και δημόσιας χρήσης). Διαταραχές μπορεί να συμβούν σε κρίσιμες τοποθεσίες και ενδέχεται να προκαλέσουν διάφορα εκτεταμένα προβλήματα, όπως μπλοκάρισμα ακμών ή κόμβων (εναλλακτικές διαδρομές), κυκλοφοριακή συμφόρηση, παγίδευση ή διακινδύνευση ανθρώπων καθώς και να επηρεάσουν τις φυσικές υποδομές μεταφορών. Λόγω των σοβαρών και εκτεταμένων επιπτώσεων ενός σιδηροδρομικού περιστατικού και του μεγάλου αριθμού οχημάτων, η τρωτότητα ενός σιδηροδρομικού οχήματος είναι επίσης πολύ μεγάλη σε σύγκριση με τα αεροσκάφη, τα θαλάσσια σκάφη και τα οδικά οχήματα. Ο Πίνακας 4-1 αποτυπώνει στοιχεία που εμφανίζουν ως τα πιο ευάλωτα κρίσιμα στοιχεία τους δια-δικτυακούς κόμβους ζεύξης, όπως σταθμός μεταφοράς με πρόσβαση σε διάφορα δίκτυα, οι επίπεδες όπως η σιδηροδρομική διάβαση και μη επίπεδες επικαλύψεις όπως σιδηροδρομική γέφυρα πάνω από δρόμο, οι συρμοί όπως μετρό, οι εγκαταστάσεις όπως αθλητικές εγκαταστάσεις, οι άνθρωποι όπως επιβάτες και τα συστήματα ασφαλείας/ελέγχου, όπως το κέντρο ελέγχου κυκλοφορίας.

## **5 Πλαίσιο ανάλυσης επικινδυνότητας σε διασυνδεδεμένες κρίσιμες υποδομές**

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προτεινόμενη μεθοδολογία για την προστασία κρίσιμων υποδομών. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα και η διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων, κατασκευής σεναρίων, εκτίμηση της πιθανότητας και των συνεπειών καθώς και οι συνθήκες διάδοσης και αποφυγής/ελάττωσης του κινδύνου που οδηγούν στον υπολογισμό του τελικού επιπέδου κινδύνου.

### **5.1 Εισαγωγή**

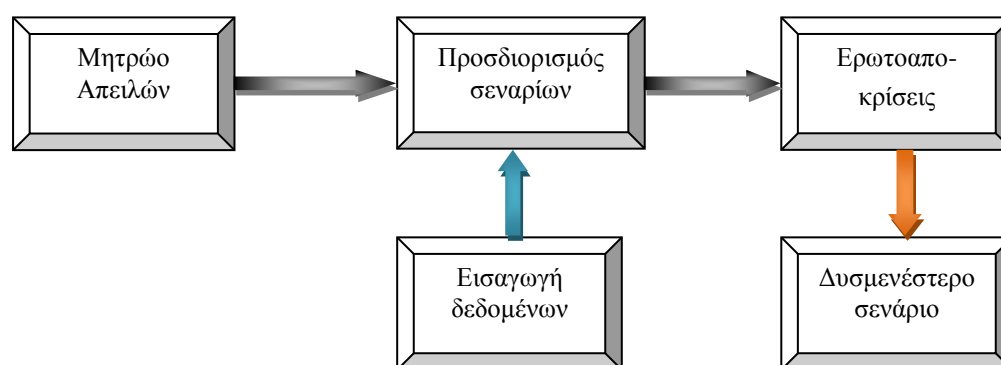
Παρά το γεγονός ότι τα θέματα ασφάλειας επίγειων μεταφορών είναι παρόμοια σε ένα πλήθος χωρών, υπάρχει μια αξιοσημείωτη διαφορά στην δημιουργία ενός αμοιβαία συμφωνημένου πλαισίου αξιολόγησης των κινδύνων και μια κοινή αντίληψη αντιμετώπισης τους. Μετά το πρόγραμμα προστασίας των ΕΥΖΣ της ΕΚ (Οδηγία 114/2008/ΕΚ), το πρόβλημα ασφαλείας των συστημάτων επίγειας μεταφοράς έχει επανέλθει σε καθεστώς περιορισμένης προτεραιότητας. Επιπλέον, μικρού μεγέθους οργανισμοί επίγειων μεταφορών κυρίως ιδιωτικές εταιρείες έχουν περιορισμένες διαδικασίες εκτίμησης κινδύνου και σε ορισμένες περιπτώσεις ανύπαρκτες. Το προτεινόμενο στρατηγικό πλαίσιο ανάλυσης κινδύνου θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα μικρό αλλά αποφασιστικό βήμα προς την ανάπτυξη μιας κοινής και εναρμονισμένης διαδικασίας εκτίμησης της επικινδυνότητας για τα επίγεια συστήματα μεταφοράς.

Οι συνεχείς δραστηριότητες πρόληψης, όπως η ανάλυση κινδύνων σε στρατηγικό επίπεδο με επίκεντρο την αναγνώριση και την εκτίμηση των κινδύνων που έχουν εντοπιστεί και ο προσδιορισμός των επιχειρήσεων σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης, θεωρούνται σημαντικά και δυναμικά μεταβαλλόμενα. Το πρώτο και σημαντικότερο βήμα είναι ο όσο το δυνατόν πληρέστερος προσδιορισμός του συνόλου των σχετικών κινδύνων. Στη συντριπτική πλειονότητα των περιπτώσεων, ο αριθμός αυτός είναι αρκετά μεγάλος με αποτέλεσμα να καθιστά αναγκαία τη συγκέντρωση, το φιλτράρισμα και την κατάταξή τους ανάλογα με τη αντίστοιχη σοβαρότητά τους.

## 5.2 Απειλές

Απειλή είναι μία οποιαδήποτε πραγματική ή πιθανή κατάσταση (περιστατικό, συμβάν ή γεγονός) που μπορεί να προκαλέσει βλάβη ή θάνατο στους επιβάτες, το προσωπικό, καταστροφή ή απώλεια εξοπλισμού μεταφορών, ιδιοκτησίας ή/και εγκατάστασης, καθώς και να υπονομεύσει τη θετική εικόνα ή το κύρος του φορέα εκμετάλλευσης.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται στα πλαίσια της διατριβής περιγράφεται σχηματικά στην ακόλουθη Εικόνα 5-1.



Εικόνα 5-1. Σχηματική διαδικασία προσδιορισμού απειλών

- Αρχικά πραγματοποιείται η καταγραφή των πιθανών απειλών, ολιστικά λαμβάνοντας υπόψη ανθρωπογενείς και μη απειλές.
- Στην συνέχεια, για κάθε τύπο απειλής, αναπτύσσεται μια σειρά αληθοφανών σεναρίων με την χρήση όσο το δυνατό πιο λεπτομερών πληροφοριών. Αυτά τα σενάρια περιλαμβάνουν γεωγραφικά και χωροταξικά δεδομένα, χαρακτηριστικά της υποδομής και του τρόπου λειτουργίας, το νομικό και επιχειρησιακό πλαίσιο, θέματα προσωπικού όπως εκπαιδεύσεις.
- Τα σενάρια υποστηρίζονται από μια σειρά εμπειρικών ερωταποκρίσεων με σκοπό να διαπιστωθεί η χρησιμότητα και ευελιξία τους ώστε να είναι εφαρμόσιμα και όσο το δυνατό πιο αντιπροσωπευτικά.
- Τέλος το δυσμενέστερο σενάριο που προκύπτει από την προηγούμενη ανάλυση, αναλύεται διεξοδικότερα και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, ώστε ο φορέας λειτουργίας συνδυαστικά με τους φορείς απόκρισης να είναι σε θέση να το αντιμετωπίσουν πιο αποτελεσματικά. Αυτό πρέπει να καταλήγει και σε κοινές ασκήσεις επί χάρτου και σε πραγματικό χρόνο.



### 5.2.1 Πίνακας Απειλών

Ο παρακάτω πίνακας περιστατικών απειλών καταγράφει με εξαντλητικό τρόπο κάθε κατηγορία περιστατικού κινδύνου που θα μπορούσε να επηρεάσει δυσμενώς το φορέα εκμετάλλευσης μεταφορών. Τα περιστατικά σε έναν ή/και περισσότερους πόρους του δικτύου μεταφοράς αποτελούν το βασικό δομικό στοιχείο του πλαισίου εκτίμησης επικινδυνότητας, όπου θα πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση των κινδύνων. Τα περιστατικά έχουν ταξινομηθεί με βάση την αντίστοιχη πηγή απειλής ώστε να σχηματιστεί ο παρακάτω πίνακας:

**Πίνακας 5-1: Πίνακας απειλητικών περιστατικών**

Τύπος απειλής	Κατηγορία απειλής	Υποκατηγορία απειλής	Κίνδυνος	Περιστατικό (παραδείγματα)
Ανθρωπογενής	Οργανωμένη και μη οργανωμένη εγκληματική δραστηριότητα	Τρομοκρατία εσωτερική και διεθνής	Τοποθέτηση βόμβας / εκρηκτικών	Βομβιστικές επιθέσεις (με χρονόμετρο και τηλεχειριστήριο)/εκρηκτικά υπερυψηλής ισχύος
				Βόμβες σε εγκαταλελειμμένα αντικείμενα
				Βόμβα σε όχημα
			Ένοπλες επιθέσεις	Απόπειρα ανθρωποκτονίας ή ανθρωποκτονία
				Εκτόξευση αντιαρματικών ή άλλου τύπου πυραύλων
			Ληστεία	Ένοπλη ληστεία ή κλοπή οχήματος
				Ένοπλη ληστεία ή κλοπή σε περιοχή αποθήκευσης ή καταμέτρησης χρημάτων
			Απαγωγή	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρίες ή/και επιβατών
				Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού
			Εμπρησμός	Εμπρηστική συσκευή
			Σαμποτάζ	Σαμποτάζ οχημάτων
			Hacking - Cybercrime	Ηλεκτρονική επίθεση/έγκλημα στον κυβερνοχώρο (hacking, cracking, ηλεκτρονικό ψάρεμα)

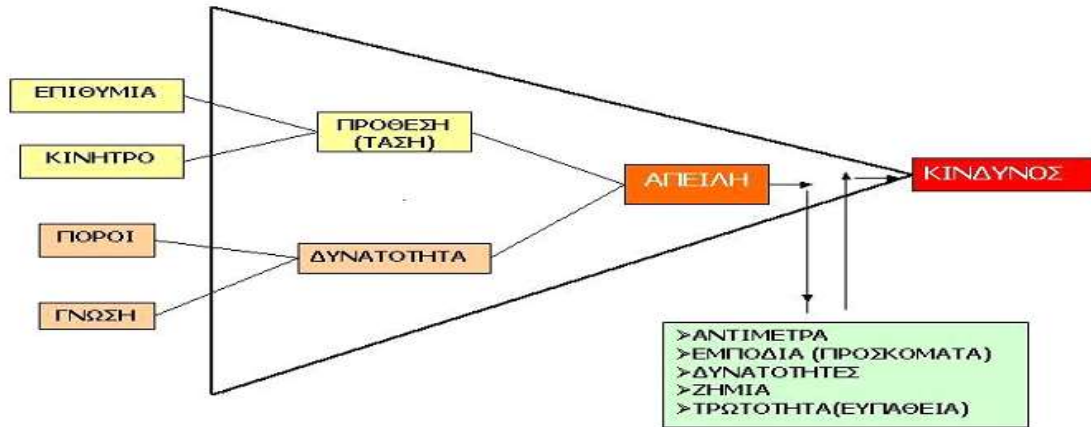
			Επικίνδυνα μηνύματα ταχυδρομείου	Επιστολές με μολυσματικό ή εκρηκτικό υλικό
			Χημικό Βιολογικό Ραδιολογικό Πυρηνικό Περιστατικό (ΧΒΡΠ)	Βρώμικες βόμβες
				Μη συμβατικά όπλα (ΧΒΡΠ) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/συστήματα διαχείρισης αέρα
		Αποστολές αυτοκτονίας	Καταδρομικές επιθέσεις αυτοκτονίας	
			Καταδρομικά οχήματα-βόμβες αυτοκτονίας ή τηλεχειριζόμενα οχήματα-βόμβες	
		Αναρχισμός	Επιθέσεις	Ένοπλες επιθέσεις/κλοπές σε οχήματα ή χώρους αποθήκευσης ή μέτρησης χρημάτων
			Βομβαρδισμός	Αυτοσχέδιες βόμβες μικρής ισχύος
			Εμπρησμός	Αυτοσχέδιοι εμπρηστικοί μηχανισμοί
			Σαμποτάζ	Σαμποτάζ εγκαταστάσεων
				Παρεμπόδιση της λειτουργίας μεταφοράς
			Απαγωγή	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιριών ή/και επιβατών
		Κατάσχεση	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	
		Οργανωμένο και μη έγκλημα	Απαγωγή	Απαγωγή στελέχους εταιρείας
			Κατάσχεση	Κατάσχεση οχήματος/ομηρεία επιβατών μετά από καταδίωξη της αστυνομίας
			Ανθρωποκτονία	Ανθρωποκτονία επιβατών
			Αναταραχές	Ταραχές στις εγκαταστάσεις του φορέα εκμετάλλευσης
			Ληστεία	Κλοπή/ληστεία ταμείου/επιβατών
			Λαθρεμπόριο	Λαθραία μεταφορά παράνομων εμπορευμάτων
			Πρόκληση ζημίας (άμεση/έμμεση) σε υποδομή	Διαπληκτισμοί συμμοριών
				Τραυματισμοί
		Δολιοφθορά/εμπρησμός		

		Αντικοινωνική συμπεριφορά	Πρόκληση ζημίας σε υποδομή	Φθορά ξένης περιουσίας	
				Βανδαλισμοί σε (νυχτερινή) περίπολο	
			Αυτοκτονία	Αυτοκτονία επιβατών σε σταθμό μεταφοράς	
			Βία	Συμπλοκή οπαδών αθλητικών ή άλλων ομάδων	
			Απατές – Απειλές	Φάρσες για ύπαρξη βομβών	
	Μαζικές διαδηλώσεις/απεργίες (ως μέσο διαμαρτυρίας)	Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες	Κατάσχεση	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κινητών περιουσιακών στοιχείων	
				Παρεμπόδιση πρόσβασης σε σταθμό	
			Βία	Δολιοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός	
	Ατυχήματα/τυχαία συμβάντα	Περιβαλλοντικά ατυχήματα	Ρύπανση	Ατμοσφαιρική ρύπανση με χημικές/ραδιενεργές/βιολογικές ουσίες (εκρηκτικά, εύφλεκτα, τοξικά, ραδιενεργά ή διαβρωτικά), που οφείλεται σε ατμοσφαιρική διασπορά / ανάφλεξη	
					Ρύπανση των υδάτων από χημικές/βιολογικές/ραδιενεργές ουσίες (εκρηκτικά, εύφλεκτα, τοξικά, ραδιενεργά ή διαβρωτικά), λόγω διαρροής/ανάφλεξης
					Ρύπανση του εδάφους με χημικές/ραδιενεργές/βιολογικές ουσίες (εκρηκτικά, εύφλεκτα, τοξικά, ραδιενεργά ή διαβρωτικά), λόγω διαρροής/ανάφλεξης
			Τεχνολογικά ατυχήματα	Πυρκαγιά	Αστικές πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας (εκτός από βιομηχανικές εγκαταστάσεις)
				Βλάβες συστημάτων	Βλάβη σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού (διακοπή ρεύματος)
Βλάβη σε δίκτυο ενέργειας					
Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών					
Ατυχήματα μεταφορών		Τροχαία ατυχήματα		Σιδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση	
				Πτώση αεροσκάφους	

				Ατυχήματα μετρό: ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, συρμοί, χώροι στάθμευσης ή αποθήκες τρένων
		Κατάρρευση υποδομής λόγω:	Φυσικών καταστροφών	Φυσική καταστροφή ή πυρκαγιά
			Προβληματική υποδομή	Κατασκευαστικό λάθος
				Μη συμμόρφωση με τους κανόνες ασφαλείας
				Ανεπαρκής ή ακατάλληλη υποδομή
			Σφάλμα	Ανθρώπινο λάθος
			Σκόπιμη ζημιάς	Σκόπιμη βλάβη
	Τεχνολογική επίθεση	Τηλεπικοινωνιακή ή ηλεκτρονική πειρατεία	Λαθροχειρίες	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους
				Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων
			Απόλεια επικοινωνίας	Παρακολούθησης των επικοινωνιών
				Παρεμβολές στις επικοινωνίες
			Ιοί	Τεχνολογικοί ιοί
			Βλάβη συστήματος	Βλάβη δικτύου
				Διακοπή ρεύματος
	Άλλο	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθως)	Απώλειες	Απώλεια/κακή τοποθέτηση αντικειμένων
			Εγκαταλελειμμένα επικίνδυνα υλικά	Παρουσία επικίνδυνων υλικών
		Ανεπάρκεια πόρων	Έλλειψη προσωπικού	Απουσία προσωπικού
				Κόπωση/Ασθένεια προσωπικού
			Έλλειψη εξοπλισμού	Βλάβη εξοπλισμού
		Πανικός χωρίς σημαντικό λόγο (π.χ. λόγω διάδοσης)	Έλλειψη πόρων	Ανεπαρκείς πόροι
Τραυματισμός			Ποδοπάτημα	
			Φθορά ιδιοκτησίας φορέα εκμετάλλευσης	Καταστροφή περιουσίας φορέα εκμετάλλευσης
		Κατάχρηση εξοπλισμού		

		ψευδών ειδήσεων)	Απόλεια αδιάλειπτης λειτουργίας	Διακοπή κυκλοφορίας
		Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης (π.χ. πυρκαγιά, σεισμός)	Παρεμπόδιση διάσωσης	Παγίδευση
	Σαμποτάζ των ομάδων διάσωσης			
	Παρεμπόδιση της διαδικασίας εκκένωσης			
Απειλές από τη φύση	Φυσικές καταστροφές	Ακραία καιρικά φαινόμενα	Βλάβες λόγω καιρικών συνθηκών	Κύματα καύσωνα, καταιγίδες, έντονες χιονοπτώσεις, πάγος, ακραίοι άνεμοι, χαλάζι
		Γεωλογικά φαινόμενα	Ζημιές από γεωλογικά περιστατικά	Σεισμοί, κατολισθήσεις, εκρήξεις ηφαιστείων
		Υδρογεωλογικά φαινόμενα	Πλημμύρα	Πλημμύρες (τοπικές), πλημμύρες (μεγάλης κλίμακας)
		Βιολογικά	Εξάπλωση ασθενειών	Επιδημία, εισβολή εντόμων ή τροφκτικών
	Φυσικοχημικές καταστροφές (πυρκαγιές)	Πυρκαγιές (ανάλογα με τον πόρο σε κίνδυνο)	Πυρκαγιά	Σε κτίρια διοίκησης Σε κινητούς πόρους Σε σταθμούς Σε αποθήκες Σε χώρους στάθμευσης Στον περίγυρο σταθμών
		Μεγάλη πυρκαγιά		Επιφανειακές - δασικές πυρκαγιές

Όσον αφορά τις απειλές, οι περισσότερες δυνητικά θανατηφόρες από αυτές κατατάσσονται στην κατηγορία «ανθρωπογενείς» και η σημασία τους στηρίζεται σε δύο βασικές παραμέτρους (Εικόνα 5-2):



Εικόνα 5-2. Σύνθεση ανθρωπογενούς απειλής (Haimes 2004)

Η πρόθεση πρόκλησης βλάβης/ζημίας αναλύεται περαιτέρω σε δύο συνιστώσες:

- Επιθυμία να υλοποιηθεί η απειλή και
- Κίνητρα να ακολουθηθεί μια ενδεδειγμένη πορεία δράσης για την υλοποίηση της απειλής

Η δυνατότητα εκτέλεσης της απειλής αποτελεσματικά αποτελείται από:

- Πόρους (ανθρώπινους, υλικούς, οικονομικούς κ.λπ.) που θα επιτρέψουν τη σχεδίαση και την εκτέλεση ενός σχεδίου απειλής
- Γνώση που απαιτείται για την κινητοποίηση πόρων και την ενημέρωση του σχεδίου με τα στοιχεία τρωτότητας ώστε να πραγματοποιήσει την απειλή αποτελεσματικά

## 5.2.2 Σενάρια

Η διαδικασία προσδιορισμού της απειλής βασίζεται σε μια σειρά από στάδια σχεδιασμένα έτσι ώστε να συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με παραμέτρους, όπως:

- ❑ Προσδιορισμός και ευρετηρίαση των κρίσιμων υποδομών, κεφαλαίων και στελεχών του κάθε φορέα εκμετάλλευσης που μπορεί να αποτελέσουν ελκυστικούς στόχους για άτομα, ομάδες ή εγκληματικές οργανώσεις.
- ❑ Κατανόηση της παρούσας κατάστασης και του περιβάλλοντος ασφαλείας εντός του οποίου δραστηριοποιείται η κάθε κρίσιμη υποδομή, λαμβάνοντας υπόψη τη φύση και το είδος των υφιστάμενων συμβάντων καθώς και τους κινδύνους που απορρέουν από τις φυσικές καταστροφές και τα τεχνολογικά ατυχήματα.
- ❑ Προσδιορισμός και καταχώρηση των εγκαταστάσεων υψηλού κινδύνου, των προσώπων ή άλλων οργανισμών και επιχειρήσεων που συνυπάρχουν, συνεργάζονται

χωρικά ή/και βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με την υποδομή αναφοράς και είναι πιθανό να αποτελέσουν στόχο εγκληματικών ενεργειών και κυρίως τρομοκρατικών επιθέσεων.

- ❑ Προσδιορισμός έμμεσων επιπτώσεων, καθώς και δυνατότητα διατήρησης της αδιάλειπτης λειτουργίας ή της γρήγορης αποκατάστασης μετά από δυσλειτουργία ή καταστροφή γειτονικού στόχου υψηλού κινδύνου.
- ❑ Προσδιορισμός και καταγραφή των ευαίσθητων σημείων πρόσβασης της υποδομής σε άλλες υψηλού κινδύνου υποδομές στις οποίες είναι πιθανό να διεισδύσουν άτομα, ομάδες ή οργανώσεις.
- ❑ Προσδιορισμός συγκεκριμένων πληροφοριών, σχεδίων ή εργαλείων που διαθέτει ένας φορέας και τα οποία μπορούν να εκμεταλλευτούν άτομα, ομάδες ή οργανώσεις για να επιτύχουν τους στόχους τους.

Η αντικειμενική αναγνώριση των παραπάνω παραμέτρων παγιώνει τον προσδιορισμό των τρωτών σημείων και αποτελεί το πλαίσιο που προσδιορίζει τις ανάγκες προστασίας. Στοιχεύοντας στις επιπτώσεις και τις συνέπειες, αντί των αιτιών τους, η κατάρτιση ενός προγράμματος ασφάλειας και η διαχείριση των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης οφείλει να είναι αποτελεσματική, ανεξάρτητα από την πηγή ενεργοποίησης. Η προτεραιότητα στην προστασία των εγκαταστάσεων του φορέα εκμετάλλευσης περιέχει τις ακόλουθες κατηγορίες υποδομής:

- ❑ Φυσικές υποδομές και πάγια στοιχεία (κτίρια με τους περιβάλλοντες χώρους, σταθμούς εργασίας, τεχνολογικό εξοπλισμό, σχέδια και ευαίσθητα υλικά)
- ❑ Δίκτυο μεταφορών (αποβάθρες, οχήματα, σήραγγες, οδούς και σταθμούς)
- ❑ Ανθρώπινους πόρους (προσωπικό, επισκέπτες, πελάτες, ανάδοχους και εργατικό δυναμικό)
- ❑ Δίκτυο υπολογιστών (ηλεκτρονική υποδομή και δεδομένα)
- ❑ Επιχειρησιακές διαδικασίες (αλυσίδα εφοδιασμού, δίκτυα διανομής και κρίσιμες ή ζωτικές διαδικασίες υποστήριξης)

Για να μελετηθούν οι κίνδυνοι που προσδιορίστηκαν, η πιθανότητα εμφάνισής τους όπως και η σοβαρότητά τους λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα σενάρια:

- ❑ Πιθανότητα εμφάνισης μιας κατάστασης, ενός συμβάντος ή ενός περιστατικού κατά τη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας του συστήματος μεταφορών ή/και σε βάση 24/7/365.

- ❑ Οι επιπτώσεις και οι συνέπειες για το φορέα εκμετάλλευσης, σε περίπτωση μιας κατάστασης, συμβάντος ή περιστατικού.

Η εκτίμηση των επιπτώσεων και των συνεπειών βασίστηκε στις εξής παραμέτρους:

- ❑ Επίπεδο των επιπτώσεων για το φορέα εκμετάλλευσης σε περίπτωση δυσλειτουργίας του συστήματος μεταφοράς ή βλάβης που υπερβαίνει το σύνηθες επίπεδο ικανότητας απόκρισης;
- ❑ Χρονική διάρκεια που ο φορέας μπορεί να ανταπεξέλθει την οικονομική ζημία σε περίπτωση διακοπής της αδιάλειπτης λειτουργίας των δραστηριοτήτων του και παρεμπόδισής τους για ώρες, μέρες, εβδομάδες ή και μήνες;
- ❑ Τρόπος αντίδρασης (επιβάτες, μελλοντικοί πελάτες και προμηθευτές) εάν το σύστημα μεταφορών ως επιχειρηματική οντότητα γίνει στόχος αρνητικής δημοσιότητας, ως αποτέλεσμα του ότι δεν είναι έτοιμο να ανταποκριθεί σε ένα επικίνδυνο περιστατικό;

Προκειμένου να συλλεχθούν οι διαθέσιμες πληροφορίες και τα δεδομένα καθώς και να ολοκληρωθεί η τελική εκτίμηση των κινδύνων, εφαρμόζονται οι ακόλουθες μέθοδοι ανάλυσης:

- ❑ Σύνταξη και ανάλυση μιας σειράς με ερωτήσεις και σενάρια τύπου ερωταποκρίσεων («what if»).
- ❑ Κατάρτιση και ανάλυση του πιο καταστροφικού (αλλά εφικτού) σεναρίου απειλής κατά του συστήματος μεταφορών.
- ❑ Προσδιορισμός των πιο σημαντικών λειτουργιών και του ανθρώπινου δυναμικού σε αυτές τις περιπτώσεις.

### **5.2.3 Ερωταποκρίσεις τύπου «What-if»**

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης κινδύνου περιλαμβάνει την εξέταση των διαφόρων σεναρίων περί απειλών, τις εκδηλώσεις και τους στόχους τους καθώς και τις επιπτώσεις και τις συνέπειες που είναι πιθανόν να προκύψουν. Είναι αποδεκτό ότι ένα εύρωστο πρόγραμμα ασφαλείας μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά τον οργανισμό στη διαχείριση –στο βαθμό που φέρει την ευθύνη– ενός περιστατικού κινδύνου, ανεξάρτητα από την αιτία που το προκάλεσε. Δεν είναι απαραίτητο ο οργανισμός λειτουργίας, ως επιχειρηματική οντότητα ή το προϊόν που προσφέρει ως υπηρεσία μεταφοράς, να αποτελούν στόχο τρομοκρατικής επίθεσης. Για παράδειγμα, η διακοπή ή δυσλειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας μπορεί



να αποδοθεί σε διάφορες αιτίες. Ατυχήματα, όπως ένα κομμένο καλώδιο ή μια περιοχή που κατακλύζεται από μια γειτονική πλημμύρα, μπορεί να παράγουν το ίδιο αποτέλεσμα: ο φορέας ή το σύστημα μεταφοράς, στο σύνολό τους ή εν μέρει, θα έχουν διακοπή ηλεκτρισμού.

Χρήσιμα ερωτήματα τύπου «what-if» συνήθως περιλαμβάνουν:

- Τι θα συμβεί αν το Κέντρο Επιχειρήσεων σταματήσει να λειτουργεί;
- Τι θα συμβεί αν οι υπολογιστές, οι επικοινωνίες, η οπτική επιτήρηση ή τα υποσυστήματα πρόσβασης αστοχήσουν ή καταστραφούν;
- Τι θα συμβεί εάν το σύστημα τροφοδοσίας καταρρεύσει, υποστεί βλάβη ή αστοχήσει κατά την κατανομή του φορτίου του;
- Τι θα συμβεί αν το μόνιμο σύστημα πυρασφάλειας-πυρόσβεσης (τόσο το ενεργητικό όσο και το παθητικό) καταστραφεί, καταρρεύσει ή αστοχήσει κατά τη λειτουργία του;
- Τι θα συμβεί αν αρχίσει μια πυρκαγιά σε ένα συρμό, όταν είναι γεμάτο με επιβάτες, ενώ ταξιδεύει μεταξύ δύο σταθμών;
- Τι θα συμβεί αν ένας συρμός γεμάτος επιβάτες εκτροχιαστεί μεταξύ δύο σταθμών;
- Τι θα συμβεί αν εκδηλωθεί κύμα πανικού όταν ο υπερβολικός αριθμός επιβατών έρθει αντιμέτωπος με ένα σοβαρό συμβάν;
- Τι θα συμβεί αν καταρρεύσει το δίκτυο επικοινωνίας; Για κάποιο χρονικό διάστημα σε μια μέρα; Για μια ολόκληρη μέρα; Για μια εβδομάδα;
- Τι θα συμβεί αν στελέχη-κλειδιά του φορέα εκμετάλλευσης δεν είναι σε θέση, για οποιονδήποτε λόγο, να εκπληρώσουν τα καθήκοντά τους (να λάβουν κρίσιμες αποφάσεις) κατά τη διάρκεια μιας έκτακτης ανάγκης;
- Τι θα συμβεί αν καταστραφούν σημαντικά έγγραφα του φορέα εκμετάλλευσης κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς;
- Τι θα συμβεί εάν το προσωπικό του φορέα δεν είναι σε θέση να αποκτήσει πρόσβαση ή να εργαστεί σε σημαντικούς τομείς λειτουργίας για μια μέρα; Για μια ολόκληρη μέρα; Για περισσότερο από μια ημέρα;
- Τι θα συμβεί αν υπάρξουν θύματα;

Παρόμοιες ερωτήσεις διατυπώνονται και εξετάζονται σχετικά με τις επιχειρησιακές σχέσεις του φορέα:

- Τι θα συμβεί αν οι πελάτες δεν είναι σε θέση να επικοινωνήσουν με το φορέα;

- Τι θα συμβεί αν κύριοι προμηθευτές δεν είναι σε θέση να παρέχουν τις υπηρεσίες τους;
- Τι θα συμβεί αν οι πελάτες δεν πληρώσουν τα τέλη τους;
- Τι θα συμβεί αν ο φορέας εκμετάλλευσης δεν είναι σε θέση να ανταποκριθεί στις συνήθεις οικονομικές υποχρεώσεις του;

Ωστόσο, μπορεί να προκύψουν πολλά προβλήματα σχετικά με άλλες ανθρώπινες πτυχές. Για παράδειγμα, μπορεί να τεθούν οι ακόλουθες ερωτήσεις μετά από ένα περιστατικό:

- Ποιος έχει αναλάβει το έργο της καταγραφής των τραυματιών, των μεταφερόμενων και απολεσθέντων επιβατών;
- Πώς εξασφαλίζεται η επικοινωνία μετά από ένα περιστατικό;
- Ποιος είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των αιτημάτων από τους συγγενείς απολεσθέντων ή τραυματισμένων μελών του προσωπικού ή των επιβατών-πελατών του συστήματος μεταφορών;
- Είναι το προσωπικό –περιλαμβανομένων των προσωρινών υπαλλήλων ή συνεργατών– εξοικειωμένο με αυτές τις διευθετήσεις;

#### **5.2.4 Το δυσμενέστερο σενάριο**

Στο τελευταίο στάδιο της ανάλυσης κινδύνων εξετάζονται τα δυσμενέστερα (εφικτά) σενάρια απειλών, με βάση τα συμπεράσματα της πρώτης φάσης της ανάλυσης. Εάν ο οργανισμός λειτουργίας και το πλαίσιο ασφαλείας του συστήματος μεταφορών πρέπει να αντιμετωπίσουν ακραίες (αλλά εφικτές) καταστάσεις, αυτό θα βοηθήσει στην αντιμετώπιση λιγότερο σοβαρών και μακροχρόνιων επεισοδίων, τα οποία είναι πιθανόν να έχουν μικρότερες επιπτώσεις ή αρνητική επιρροή στις επιχειρησιακές δραστηριότητες.

Το χειρότερο σενάριο ουσιαστικά, παρουσιάζει ό, τι μπορεί να είναι καταστροφικό και ακραίο για το φορέα. Σε γενικές γραμμές, η «χειρότερη περίπτωση» είναι κάτι που μπορεί να αναστείλει τελείως τις δραστηριότητες του συστήματος μεταφορών ή την ικανότητα των πόρων του φορέα εκμετάλλευσης για διατήρηση της βιώσιμης λειτουργίας. Στο πλαίσιο αυτό οι αιτίες και τα αποτελέσματα έχουν εξεταστεί ως μια διαδοχική αλυσίδα δυσλειτουργιών, βλαβών, συνεπειών και επιπτώσεων. Ένα τέτοιο παράδειγμα απεικονίζεται στην Εικόνα 5-3 που ακολουθεί:



Εικόνα 5-3: Παράδειγμα αλυσίδας αιτίας και αποτελέσματος από σοβαρό τρομοκρατικό περιστατικό σε κεντρικό σταθμό/κόμβο του μετρό

### 5.3 Καθορισμός πιθανοφάνειας σεναρίων

Η πιθανοφάνεια ενός κινδύνου είναι η ποσοτικοποίηση της πιθανότητας ενός να επηρεάσει ένας συγκεκριμένος κίνδυνος έναν πόρο. Ο υπολογισμός της πιθανοφάνειας μπορεί να προέρχεται από δύο κύριες πηγές:

- **Ιστορικά δεδομένα:** Χρησιμοποιούνται κυρίως για ατυχήματα ή άλλα φυσικά περιστατικά όπου το κίνητρο (σκοπίμες επιθέσεις και δολιοφθορές) δεν θεωρείται ότι είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου, αλλά αντίθετα το εξεταζόμενο αποτέλεσμα αποδίδεται στην τυχαιότητα (λάθη, αστοχία εξοπλισμού/οχημάτων/συστήματος) ή/και στις αναπόφευκτες φυσικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού, ανεμοστρόβιλοι κ.λπ.). Συνήθως σχετίζεται με αξιόπιστα και σημαντικού μεγέθους σύνολο δεδομένων, για την εκτίμηση στατιστικών μέτρων εμφάνισης περιστατικών.

➤ **Γνωμάτευση Ειδικών (experts opinion):** Συχνά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα ιστορικά δεδομένα, όπως περιγράφεται προηγούμενα, για να επιχειρηθεί μια πιο αξιόπιστη εκτίμηση της πιθανοφάνειας, λαμβάνοντας υπόψη τους ποσοτικούς παράγοντες που επηρεάζουν την πολιτική ασφάλειας ενός πόρου εν γένει (διεθνείς τρομοκρατικές δραστηριότητες, αυξημένη επιχειρησιακή αντιπαλότητα, ανάλυση τρωτότητας κ.λπ.). Μειωμένη έμφαση δίνεται σε ιστορικά δεδομένα σε σχέση με τις απόψεις των ειδικών, όταν η απειλή υπό εξέταση:

- θεωρείται ότι έχει υποτιμηθεί σημαντικά (παλιά/αναξιόπιστα ιστορικά αρχεία)
- εμπίπτει στην κατηγορία των ανθρωπογενών απειλών (σκόπιμη βία, κακόβουλες πράξεις)
- δεν έχει συμβεί στο παρελθόν ή δεν υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα για την απειλή.

Με τη χρήση των παραπάνω πηγών πληροφοριών, η εκτίμηση των μέτρων πιθανοφάνειας μπορεί να γίνει είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με τις πληροφορίες σε σχέση με τα εξής:

- Μια **κλίμακα** με ορισμένο αριθμό κατηγοριών (π.χ. λεκτικό, αριθμητικό) που χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί πόσο συχνά εμφανίζεται κάθε περιστατικό (σε περιπτώσεις επαναλαμβανόμενων απειλών) ή ποια είναι η πιθανότητα εμφάνισής του (σε περιπτώσεις αναδυόμενων απειλών). Υποκειμενική γλώσσα χρησιμοποιείται για να περιγράψει την πιθανοφάνεια ενός τέτοιου περιστατικού, βασισμένη στην κρίση των ειδικών ή/και στην ιστορική αξιολόγηση με βάση τα υπάρχοντα αρχεία περιστατικών. Η κλίμακα πέντε επιπέδων χρησιμοποιείται πιο συχνά σε τέτοιες περιπτώσεις (Πίνακας 5-2).
- Μια **αριθμητική κλίμακα**, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου διατίθενται αναλυτικά στοιχεία για το περιστατικό και κατά συνέπεια εφαρμόζεται συνήθως σε δεδομένα που προέρχονται από ιστορικά αρχεία. Σε αυτή την περίπτωση η πιθανοφάνεια εκφράζεται ποσοτικά (σχετική συχνότητα εμφάνισης).

**Πίνακας 5-2: Προτεινόμενη αντιστοίχιση αριθμητικών και κατηγοριών πιθανοφάνειας**

Πίνακας πιθανοφάνειας		
Κατηγορική κλίμακα	Αριθμητική κλίμακα	Ορισμός (ποιοτικές εκτιμήσεις πιθανοτήτων)
Βέβαιη	0,8 - 1	Ο κίνδυνος αναμένεται να εμφανιστεί στις περισσότερες περιπτώσεις
Υψηλή	0,6 - 0,8	Ο κίνδυνος πιθανότατα θα εμφανιστεί στις περισσότερες περιπτώσεις
Μέτρια	0,4 - 0,6	Ο κίνδυνος μπορεί να εμφανιστεί κάποια χρονική στιγμή

Χαμηλή	0,2 - 0,4	Ο κίνδυνος μπορεί να εμφανιστεί κάποια χρονική στιγμή, αλλά αυτό είναι απίθανο
Πολύ χαμηλή	0 - 0,2	Ο κίνδυνος μπορεί να εμφανιστεί μόνο σε εξαιρετικές περιστάσεις

Όσον αφορά την πηγή της απειλής, γίνεται διάκριση ανάμεσα σε στοχευμένες/σκόπιμες και μη στοχευμένες επιθέσεις:

- **Στοχευμένες ή σκόπιμες επιθέσεις.** Για αυτούς τους τύπους των γεγονότων, η στατιστική προσέγγιση δεν είναι η ενδεδειγμένη, αφού το γεγονός ότι δεν έχει συμβεί ακόμα κάποιο περιστατικό, δεν σημαίνει ότι δεν είναι εφικτή η επίθεση και ακόμα λιγότερο ότι δεν πρόκειται να συμβεί στο μέλλον. Η πιο κατάλληλη προσέγγιση για την αξιολόγηση της πιθανότητας τέτοιου τύπου περιστατικών είναι να εκτιμηθεί η δυνατότητα εκδήλωσης μιας επίθεσης λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες όπως η ελκυστικότητα του στόχου (πόρος), τα κίνητρα/δεξιότητες/πόροι του εισβολέα και το επίπεδο προστασίας του στόχου (πόρος). Έτσι, μπορεί να είναι δύσκολο για τους φορείς εκμετάλλευσης να εκτιμήσουν την πιθανότητα εμφάνισης ορισμένων μορφών κινδύνου, κάτι που δείχνει ότι μπορεί να υπάρξει σημαντική συνεισφορά ανταλλαγής πληροφοριών με αντίστοιχα άτομα από άλλους οργανισμούς ή λήψη πληροφοριών από εθνικές υπηρεσίες πληροφοριών.

Γι' αυτές τις απειλές η συχνότητα εμφάνισης σε μια ημέρα (24 ώρες) προτείνεται σαν το κατώτατο όριο, ενώ το ανώτερο όριο αφορά στο σύνολο του χρόνου λειτουργίας του συστήματος μεταφορών. Η λεπτομερής περιγραφή κάθε κατηγορίας πιθανοφάνειας (κανόνας της κατάταξης) αναγράφεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5-3):

**Πίνακας 5-3: Κανόνας ταξινόμησης πιθανοφάνειας για σκόπιμες απειλές**

<b>ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ</b>	<b>ΧΑΜΗΛΗ</b>	<b>ΜΕΤΡΙΑ</b>	<b>ΥΨΗΛΗ</b>	<b>ΒΕΒΑΙΑ</b>
<b>Σκόπιμες πράξεις</b>				
Επίθεση που θα απαιτούσε σχεδόν απεριόριστους πόρους (χρήματα, δεξιότητες, κ.λπ.)	Επίθεση πολύ δύσκολο να εκτελεστεί και η οποία απαιτεί συνδυασμό ειδικών δεξιοτήτων και χρημάτων	Επίθεση που δεν είναι εύκολη αλλά θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με ειδικές δεξιότητες ενός ατόμου και μια λογική επένδυση σε χρόνο και προσπάθεια	Ελκυστικότητα, έλλειψη προστασίας και επάρκεια πόρων του εισβολέα που καθιστούν την επίθεση απόλυτα εφικτή	Ελκυστικότητα, έλλειψη προστασίας και επάρκεια πόρων του εισβολέα που καθιστούν την επίθεση συνήθη

Ποτέ ή μία φορά	Λίγες κατά τη διάρκεια της λειτουργίας	Περιστασιακά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας	Μία φορά την εβδομάδα	Μία φορά την ημέρα ή περισσότερες
-----------------	--	---	-----------------------	-----------------------------------

Από την άλλη πλευρά, για **μη-στοχευμένες επιθέσεις ή ατυχήματα**, ο καταλληλότερος τρόπος για να αξιολογηθεί η πιθανότητα εκδήλωσης ενός γεγονότος είναι τα ιστορικά στοιχεία, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα την προϋπάρχουσα εμπειρία ή στατιστικά στοιχεία που προέρχονται από αρχεία προηγούμενων αντίστοιχων περιστατικών. Ιστορικά αρχεία μπορούν να συγκεντρωθούν σε επίπεδο φορέα εκμετάλλευσης σχετικά με προηγούμενα περιστατικά στις υποδομές του, αλλά για τα συμβάντα χαμηλής πιθανοφάνειας ένα ευρύτερο φάσμα πληροφοριών (π.χ. τομεακά, κλαδικά ή εθνικά αρχεία, αν υπάρχουν) θα παράξουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του αριθμού των περιστατικών για στατιστική ανάλυση.

Για τις προαναφερθείσες απειλές, καθώς και για απειλές που απορρέουν **από φυσικά φαινόμενα**, το κατώτατο όριο υπολογίζεται με βάση τη συχνότητα εμφάνισης εντός χρονικού πλαισίου τριών μηνών (μια εποχή), ενώ το υψηλότερο όριο λαμβάνει υπόψη το σύνολο του χρόνου λειτουργίας του φορέα εκμετάλλευσης και του συστήματος μεταφοράς. Ο κανόνας ταξινόμησης πιθανοφάνειας φυσικών φαινομένων μπορεί να εξαχθεί από τον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 5-4):

**Πίνακας 5-4: Κανόνας ταξινόμησης πιθανοφάνειας τυφλών επιθέσεων, ατυχημάτων και φυσικών καταστροφών**

ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΒΕΒΑΙΑ
<b>Τυφλές επιθέσεις ή ατυχήματα</b>				
Είναι εξαιρετικά απίθανο να συμβεί το περιστατικό επειδή, π.χ. δεν υπάρχει ιστορικό εμφάνισής του στον τομέα/περιβάλλον.	Το ατύχημα δεν είναι πιθανό να συμβεί επειδή, π.χ. η εμπειρία σχετικά με την εμφάνισή του είναι πολύ περιορισμένη στον τομέα/περιβάλλον.	Είναι πιθανό το ατύχημα να συμβεί στον οργανισμό επειδή π.χ. έχουν αναφερθεί παρόμοια ατυχήματα σε άλλους οργανισμούς του τομέα/περιβάλλοντος.	Είναι πολύ πιθανό το ατύχημα να συμβεί στον οργανισμό επειδή, π.χ. το μεγαλύτερο μέρος του τομέα/περιβάλλοντος έχει ήδη υποστεί τέτοια συμβάντα.	Το ατύχημα θα συμβεί στον οργανισμό στο άμεσο μέλλον.
Μπορεί να συμβεί μόνο σε σπάνιες/ειδικές περιπτώσεις	1 εμφάνιση ανά 5-10 χρόνια	1 εμφάνιση κάθε χρόνο	1 εμφάνιση ανά 6 μήνες	1 εμφάνιση ανά 3 μήνες

## 5.4 Υπολογισμός συνεπειών

Η συνέπεια που επιφέρει ένας κίνδυνος ορίζεται ως το μέτρο της διακοπής λειτουργίας (disruption) και οι επιπτώσεις ενός περιστατικού ασφάλειας, όχι μόνο σε έναν πόρο αλλά γενικότερα στην κοινωνία και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την πιθανοφάνεια για την εκτίμηση της συνολικής βαρύτητάς του. Η προσέγγιση που προτάθηκε εντός του πλαισίου για τον προσδιορισμό των συνεπειών του περιστατικού στηρίζεται στην ιεράρχηση δύο επιπέδων. Το επίπεδο 1 είναι μια γενική κατηγορία των συνεπειών, οι οποίες ποσοτικοποιούνται σε ένα σύστημα πέντε (5) τάξεων, ενώ το επίπεδο δύο (2) μπορεί να έχει αριθμητικές/λογικές/κατηγορικές/ δυαδικές/ κ.λπ. τιμές (Εικόνα 5-4). Κάθε γενική κατηγορία των συνεπειών (Επίπεδο 1) αναλύεται σε μια κλίμακα πέντε κατηγοριών (Πίνακας 5-5) σύμφωνα με την προσέγγιση που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη Ενότητα 4.1.



Εικόνα 5-4. Διασύνδεση επιπέδων πιθανοφάνειας

Πίνακας 5-5: Κατηγοριοποίηση συνεπειών

ΑΜΕΛΗΤΕΑ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	ΣΟΒΑΡΗ
----------	-------	--------	--------	--------

Το Παράρτημα 3 παρουσιάζει μια αναλυτική εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν από ένα περιστατικό ασφαλείας που επηρεάζει ένα στοιχείο υποδομής του δικτύου μεταφοράς. Αναγνωρίζεται ότι οι ακριβείς συνέπειες των περιστατικών ασφαλείας εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Ένας ενδεικτικός κατάλογος περιλαμβάνει:

- Δίκτυο μεταφοράς, χαρακτηριστικά και διασυνδέσεις
- Φύση του περιστατικού
- Μέγεθος των επιπτώσεων (χωρική έκταση, τύπος, κ.λπ.)

- Ημερομηνία/ώρα
- Κατάσταση των φορέων απόκρισης σε έκτακτη ανάγκη
- Ροή επιβατών, εμπορευμάτων, κ.λπ.
- Διαθεσιμότητα αντικατάστασης
- Μετεωρολογικές συνθήκες

Οι πίνακες που παρουσιάζονται στο Παράρτημα 3, παρουσιάζονται σε δυαδική μορφή, όπου

- το 0 δείχνει ότι το υποκείμενο συμβάν ασφαλείας ΔΕΝ ΘΑ επιφέρει το αντίστοιχο αποτέλεσμα
- το 1 δείχνει ότι το υποκείμενο περιστατικό ασφαλείας ΕΝΔΕΧΕΤΑΙ να επιφέρει το αντίστοιχο αποτέλεσμα. Ο συγκεκριμένος δείκτης είναι απλώς μια ένδειξη του ότι ενδέχεται να προκληθούν οι συνέπειες που περιγράφονται στη συγκεκριμένη ενότητα καθώς και του ότι η πιθανότητα να πραγματοποιηθούν εξαρτάται από τη λίστα των παραμέτρων που προαναφέρθηκε.

#### 5.4.1 Απώλειες

Στις απώλειες περιλαμβάνονται θάνατοι και τραυματισμοί επιβατών, εργαζομένων στο δίκτυο μεταφορών και ανθρώπων που ζουν στην πληγείσα περιοχή. Οι απώλειες ποσοτικοποιούνται με τη χρήση δύο προσεγγίσεων.

- Με απόλυτους αριθμούς, δηλαδή αριθμητικά.
- Με χαμένα ανθρωποέτη. Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως το άθροισμα των:
  - Μισό του προσδόκιμου ζωής των ατόμων που έχασαν τη ζωή τους,
  - Συνολική περίοδο νοσηλείας και στη συνέχεια αποκατάσταση ατόμων, το ποσοστό των ατόμων που δεν είναι σε θέση ζήσει μια φυσιολογική ζωή επί την περίοδο που προέκυψε και τη μείωση του προσδόκιμου ζωής

**Πίνακας 5-6: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση απωλειών**

	Θάνατοι	Τραυματισμοί	Ανθρωποέτη
Αμελητέα	0	Ελαφρά/δεν χρήζουν θεραπείας	<1.000
Μικρή	0	> 10 αντιμετωπίζονται επί τόπου	>1.000
Μέτρια	0	> 25 αντιμετωπίζονται επί τόπου και σε νοσοκομεία	>10.000
Μεγάλη	>0	> 50 νοσηλεύονται	>100.000
Σοβαρή	>5	> 100 (μαζικοί και θανάσιμοι τραυματισμοί)	>1.000.000



Όταν προτιμάται η ποιοτική προσέγγιση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω στοιχεία για μια άμεση εκτίμηση της κατηγορία απωλειών επιπέδου 1.

**Πίνακας 5-7: Κατηγορίες συνεπειών επιπέδου 1**

ΑΜΕΛΗΤΕΑ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	ΣΟΒΑΡΗ
Όχι	Πρώτες βοήθειες μόνο	Ιατρική περίθαλψη/νοσοκομεία	Θάνατοι και νοσηλεία	Μαζικοί θάνατοι και νοσηλεία

#### 5.4.2 Οικονομικές Επιπτώσεις

Οι οικονομικές απώλειες εκτιμώνται από τη διπλή επίδραση που προκαλεί ένα περιστατικό ασφάλειας:

- Στο δίκτυο μεταφοράς, όπου συνέβη το περιστατικό
- Στην οικονομική δραστηριότητα της κοινωνίας που επηρεάζεται από το περιστατικό στο δίκτυο μεταφοράς.

Όλες οι οικονομικές επιπτώσεις χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα μέτρησης, κατά προτίμηση σε κοινό νόμισμα. Επιπλέον, εξαιτίας της αλλαγής της νομισματικής αξίας με την πάροδο του χρόνου, όλες οι απώλειες που διαρκούν περισσότερο από ένα χρόνο πρέπει να υπολογίζονται σε ετήσια βάση με χρήση της μεθόδου Καθαρής Παρούσας Αξίας ΚΠΑ (Net Present Value – NPV). Για την παροχή μιας ποσοτικής προσέγγισης της εκτίμησης οικονομικών απωλειών από ένα περιστατικό ασφαλείας σε κάποιο δίκτυο μεταφορών μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικές εκτιμήσεις.

**Πίνακας 5-8: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση οικονομικών επιπτώσεων**

	Νομισματική αξία	% ετήσιου ακαθάριστου εισοδήματος
ΑΜΕΛΗΤΕΑ	Περιορισμένη	Έως 5%
ΜΙΚΡΗ	Έως 100.000 €	Έως 10%
ΜΕΤΡΙΑ	€ 100.000 έως 1.000.000	Έως 30%
ΜΕΓΑΛΗ	1 έως 10 εκατομμύρια €	Έως 100%
ΣΟΒΑΡΗ	Πάνω από 10 εκατ. €	Μεγαλύτερο από 100%

Οι επιπτώσεις του περιστατικού ασφαλείας στο συνολικό οικονομικό σύστημα μιας χώρας, περιφέρειας ή περιοχής μπορεί να καθοριστεί από τον Πίνακα Εισροών-Εκροών, με τη χρήση του πλαισίου Leontieff. Πιο συγκεκριμένα, οι ενιαίες επιπτώσεις στην κατηγορία δραστηριότητας του δικτύου μεταφοράς (εισροή) γ, οδηγεί σε ανάλογη εκτίμηση των

επιπτώσεων  $x = (I-A)^{-1} y$  όπου  $x$  (εκροή) είναι οι οικονομικές αξίες σε οικονομικό επίπεδο δραστηριότητας, και  $(I-A)^{-1}$  είναι ο αντίστροφος πίνακας του Leontieff. Για παράδειγμα για την ελληνική οικονομία (για το σύνολο της χώρας), οι ενιαίες επιπτώσεις στον τομέα των μεταφορών (κωδικός ταξινόμησης NACE 60) θα επέφεραν τις ακόλουθες επιπτώσεις στην οικονομία. Οι αριθμοί διαφέρουν σημαντικά όταν η οικονομία αναλύεται σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.

**Πίνακας 5-9: Συντελεστές αντίστροφου πίνακα του Leontief για την ελληνική οικονομία, σε σχέση με τον τομέα των μεταφορών<sup>41</sup>**

Οικονομική Δραστηριότητα NACE	Συντελεστής	Οικονομική Δραστηριότητα NACE	Συντελεστής
Γεωργία	4.69E-06	Ανακύκλωση	0
Αλιεία	9.96E-07	Ηλεκτρισμός, φυσικό αέριο και ύδρευση	0,009624
Ορυχεία και λατομεία	1.67E-06	Κατασκευές	0,003044
Βιομηχανία τροφίμων, ποτών και καπνού	0,007065	Χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή μηχανοκινήτων οχημάτων, μοτοσικλετών και ειδών προσωπικής και οικιακής χρήσης	0,044403
Παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών πρώτων υλών και προϊόντων	6.55E-05	Ξενοδοχεία και εστιατόρια	0,014293
Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου	3.37E-07	Μεταφορές, αποθήκευση και επικοινωνίες	0,058605
Κατασκευή χαρτοπολτού, χαρτιού και προϊόντων χαρτιού, εκδοτικές και εκτυπωτικές δραστηριότητες	0,002005	Χρηματοπιστωτική διαμεσολάβηση	0,007863
Παραγωγή οπτάνθρακα, προϊόντων διύλισης πετρελαίου και πυρηνικών καυσίμων	0,076555	Διαχείριση ακίνητης περιουσίας, εκμίσθωση και επιχειρηματικές δραστηριότητες	0,032544
Παραγωγή χημικών ουσιών, χημικών προϊόντων και συνθετικών ινών	0,006167	Δημόσια διοίκηση και άμυνα, αποχέτευση και διάθεση απορριμμάτων	0
Κατασκευή άλλων προϊόντων από μη μεταλλικά ορυκτά	1.5E-07	Εκπαίδευση	3.87E-05
Παραγωγή βασικών μετάλλων και κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	2.39E-05	Υγεία και κοινωνική μέριμνα	8.39E-05
Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων, εκτός μηχανημάτων και εξοπλισμού	1.3E-05	Δραστηριότητες των μελών των οργανώσεων π.δ.κ.α.	0,012698

<sup>41</sup> ΕΣΥΕ 2010 Πίνακες NAMEA

Οικονομική Δραστηριότητα NACE	Συντελεστής	Οικονομική Δραστηριότητα NACE	Συντελεστής
Κατασκευή μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού	0,01371	Ψυχαγωγικές, πολιτιστικές και αθλητικές δραστηριότητες, δραστηριότητες νοικοκυριών, εξωχώριοι οργανισμοί	0

### 5.4.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι περιβαλλοντικές/οικολογικές επιπτώσεις εκφράζονται στα πλαίσια του μεγέθους της πληγείσας περιοχής, ενώ μια ένδειξη της σοβαρότητας προκύπτει βάσει του χρόνου αποκατάστασης που απαιτείται για να επανέλθει πλήρως περιβάλλον και ένας δείκτης του οικοσυστήματος και της βιοποικιλότητας που έχει επηρεαστεί από το συμβάν. Η τελευταία παράμετρος είναι πολύ σημαντική εάν η τοποθεσία του περιστατικού ασφάλειας στο δίκτυο μεταφοράς εμπίπτει σε προστατευόμενη περιοχή (NATURA 2000, συνθήκης RAMSAR κ.λπ.).

Επιπλέον, στην περίπτωση που στο περιστατικό εμπλέκονται χημικές ουσίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο δεικτών που υποδηλώνει την επίδραση της ουσίας στο περιβάλλον. Σαν χαρακτηριστικά παραδείγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα:

1. Οι αριθμητικές τάξεις κινδύνου στο νερό είναι δυνατό να οριστούν με βάση το Γερμανικό ομοσπονδιακό νόμο περί Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων<sup>42</sup>
  - WGK nwg: Ουσία που δεν προκαλεί μόλυνση του νερού
  - WGK 1: Ουσία που προκαλεί ελαφρά μόλυνση του νερού
  - WGK 2: Ουσία που προκαλεί μόλυνση του νερού
  - WGK 3: Ουσία που προκαλεί σοβαρή μόλυνση του νερού
2. Ο Κατάλογος Κωδικών Επείγουσας Δράσης Επικίνδυνων Εμπορευμάτων του Ηνωμένου Βασιλείου (U.K. Dangerous Goods Emergency Action Code List, 2009)

Το Σύστημα Παγκόσμιας Εναρμόνισης (ΣΟΕ / The Globally Harmonized System (GHS) of Classification and Labeling of Chemicals<sup>43</sup>) για την ταξινόμηση και επισήμανση των χημικών προϊόντων: περιγράφει την ταξινόμηση των χημικών ουσιών βάσει τύπου κινδύνου και προτείνει εναρμονισμένα στοιχεία αναφοράς κινδύνων, περιλαμβανομένων των σημάτων

<sup>42</sup> [http://www.folkecenter2.dk/plant-oil/WGK\\_ENG.htm](http://www.folkecenter2.dk/plant-oil/WGK_ENG.htm)

<sup>43</sup> [http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev01/01files\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev01/01files_e.html)

και των φύλλων δεδομένων ασφαλείας υλικού. Συγκεκριμένα, οι κίνδυνοι αυτοί περιλαμβάνουν:

- Φυσικούς κινδύνους, όπως εύφλεκτα υλικά.
- Κινδύνους για την υγεία: Οξεία τοξικότητα/θνησιμότητα, ευαισθητοποίηση του δέρματος, διάβρωση/ερεθισμό του δέρματος, σοβαρή (μόνιμη) οφθαλμική βλάβη/ερεθισμό.
- Οξεία υδατική τοξικότητα.

Ο Πίνακας 5-10 περιέχει την ταξινόμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε σχέση με τη γεωγραφική περιοχή του περιστατικού και το χρόνο αποκατάστασης. Οι επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη γνώμη των ειδικών, ενώ στη σχετική ιστοσελίδα αναγράφεται μια λεπτομερής ανάλυση της κατάταξης επικινδυνότητας χημικών ουσιών:

**Πίνακας 5-10: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων**

	Εύρος	Χρόνος αποκατάστασης	Βιοποικιλότητα
<b>ΑΜΕΛΗΤΕΑ</b>	Λίγα μέτρα	Λίγες ώρες	Καμία σημαντική επίπτωση
<b>ΜΙΚΡΗ</b>	Έως 1 χλμ.	Ημέρες - λίγες εβδομάδες	
<b>ΜΕΤΡΙΑ</b>	Έως 10 χλμ.	Μήνες	Σημαντική περιοχή
<b>ΜΕΓΑΛΗ</b>	Έως 100 χλμ.	~ 1 χρόνος	Μερικώς σε προστατευόμενη περιοχή (π.χ. NATURA) ή σημαντική περιοχή
<b>ΣΟΒΑΡΗ</b>	Περισσότερα από 100 χλμ.	>5 χρόνια	Προστατευόμενη περιοχή (π.χ. NATURA)

### Ατμοσφαιρική διασπορά

Η ακριβής εκτίμηση της περιοχής που επηρεάζεται από τη διασπορά των Χημικών, Βιολογικών, Ραδιολογικών, Πυρηνικών παραγόντων (ΧΒΡΠ) στην ατμόσφαιρα, μπορεί να καθοριστεί σύμφωνα με την έκθεση του ερευνητικού ινστιτούτου RAND “Individual Preparedness and Response to Chemical, Radiological, Nuclear and Biological Terrorist Attacks”. Ως εκ τούτου, προκειμένου να επιτευχθεί μια ακριβής εκτίμηση της περιοχής που επηρεάστηκε, πρέπει να συνεκτιμηθούν οι σχετικές μετεωρολογικές συνθήκες.

Τα συμβάντα με ΧΒΡΠ υλικά αποτελούν μία ιδιαίτερα σημαντική περίπτωση με μικρή πιθανότητα εμφάνισης, που όμως απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό λόγω των σημαντικών

συνεπειών που συνεπάγονται. Οι επιπτώσεις από τέτοια περιστατικά ξεπερνούν κατά πολύ το συνηθισμένο χρόνο αντιμετώπισης, κυρίως λόγω της απορρύπανσης των μολυσμένων πόρων μιας υποδομής, ενώ απαιτείται ταυτόχρονα και εξειδικευμένος τεχνολογικός εξοπλισμός αντιμετώπισης τους.

Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν πολλές **χημικές** ουσίες σε τρομοκρατικές επιθέσεις, τόσο βιομηχανικές χημικές ουσίες όσο και ουσίες χημικού πολέμου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ευρεία ποικιλία βιομηχανικών χημικών ουσιών, όπως διάφορα οξέα, αμμωνία, χλώριο, υδροκυάνιο, τα φυτοφάρμακα, ή φωσγένιο. Οι κύριοι παράγοντες χημικού πολέμου περιλαμβάνουν αέρια που προκαλούν παράλυση (π.χ. σαρίν, ταμπούν, σομάν και VX) και φλυκταινογόνες ουσίες (π.χ. λιουσίτης ή υπερίτης) (CDC, 2000). Οι χημικές επιθέσεις μπορεί να λάβουν χώρα σε εξωτερικούς ή εσωτερικούς χώρους· η διάκριση αυτή έχει σημαντικές προεκτάσεις για τη βέλτιστη απόκριση. Η περιοχή που επηρεάζεται από μια χημική επίθεση ενδεχομένως να είναι αρκετά μικρή, της τάξης του ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου.

Παρόλο που υπάρχουν διαθέσιμες πιο αργές και λιγότερο δραματικές μέθοδοι, ένα περιστατικό **ραδιενεργού** απειλής μπορεί να κάνει χρήση συμβατικών εκρηκτικών για να διασπείρει τα ραδιενεργά υλικά σε μεγάλη έκταση και ενδέχεται να διαφύγει της ανίχνευσης. Η περιοχή που επηρεάζεται από μια ραδιολογική επίθεση μπορεί να είναι αρκετά μικρή, ίσως λίγα τετράγωνα, ωστόσο η ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου μπορεί να επιδράσει εκατοντάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα μακριά, ανάλογα με το είδος και την ποσότητα του ραδιενεργού υλικού που χρησιμοποιείται.

Οι επιθέσεις με **βιολογικά** όπλα ενδέχεται να περιλαμβάνουν δύο κατηγορίες βιολογικών ουσιών: τις μεταδοτικές και τις μη μεταδοτικές. Η μεταδοτική ουσία έχει τη δυνατότητα να μεταδίδεται από άτομο σε άτομο, σε αντίθεση με τη μη μεταδοτική. Η απειλή στις επιθέσεις με βιολογικά όπλα ξεκινά με την αρχική κυκλοφορία της ουσίας. Ορισμένες ουσίες έχουν τη δυνατότητα να επιβιώσουν στο περιβάλλον για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να προκαλέσουν περαιτέρω κίνδυνο έκθεσης, εάν αποδεσμευτούν εκ νέου στην ατμόσφαιρα. Επειδή υπάρχει πιθανότητα οι επιθέσεις με βιολογικά όπλα να μην εντοπιστούν για αρκετές ημέρες ή εβδομάδες, δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά για τον πληθυσμό αν η επίθεση πραγματοποιείται σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο.

Παραδείγματα:

- Έκθεση της US Office of Technology Assessment 1993: Σενάριο II. Σε επίθεση από

αεροσκάφος που αποδεσμεύει 10 κιλά άνθρακα κατά μήκος της προσήνεμης πλευράς μιας πόλης, μια ημέρα με ήλιο και χαμηλή ταχύτητα αέρα, θα επηρεαστούν 46 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

- Έκθεση της US Office of Technology Assessment 1993: Σενάριο I. Επίθεση με πύραυλο που εκτοξεύτηκε νεφосκεπή ημέρα ή νύχτα, με ήπιους ανέμους σε μια πόλη με 3.000 έως 10.000 απροστάτευτους κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο
  - 12,5 κιλοτόνοι πυρηνικών όπλων καταστρέφουν 7,8 τετραγωνικά χιλιόμετρα και σκοτώνουν 23.000-80.000 άτομα
  - 300 κιλά αέριου σαρίν σκοτώνουν 60-200 άτομα σε περιοχή με εμβαδόν 0,22 τετραγωνικών χιλιομέτρων
  - 30 κιλά άνθρακα σκοτώνουν 30.000 έως 100.000 άτομα υπό τη μορφή νέφους σε σχήμα πούρου από μια εκρηκτική κεφαλή που καλύπτει 10 τετραγωνικά χιλιόμετρα.
- Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) 1973. Βομβαρδιστικό αεροσκάφος με 5-6 τόνους οπλισμό βομβών. Περιοχή σε τετραγωνικά χιλιόμετρα στα οποία θα ήταν δυνατόν να προκαλέσει το 50% των απωλειών σε ανθρώπινες ζωές
  - Εκρηκτικά υλικά: 0,22
  - Αέριο VX: 0,75
  - 10 κιλοτόνοι πυρηνικής βόμβας: 30
  - Βιολογική ουσία: 0 - 50 (ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες)

#### 5.4.4 Απόκριση στο περιστατικό

Η απόκριση στο περιστατικό ασφάλειας, που σχετίζεται με την τάξη μεγέθους των ομάδων επέμβασης καθώς και τα απαιτούμενα μέσα για την αποτελεσματική αντιμετώπιση, είναι σημαντικά στοιχεία που πρέπει να εξεταστούν αναλυτικά για να προσδιοριστεί η ακριβής εκτίμηση της κρισιμότητας του περιστατικού. Στην παρούσα διατριβή παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6 μια λεπτομερής ανάλυση των διαδικασιών απόκρισης σε κάθε είδους περιστατικό σε κρίσιμη υποδομή. Ο Πίνακας 5-11 παρουσιάζει μια πρόταση για μια γενικευμένη ταξινόμηση για τις διαδικασίες απόκρισης σε περιστατικά:

**Πίνακας 5-11: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση διαδικασιών απόκρισης σε περιστατικά**

ΑΜΕΛΗΤΕΑ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΣΟΒΑΡΗ
Επιτόπου από το προσωπικό του φορέα εκμετάλλευσης	Ομάδα έκτακτης ανάγκης	Πολλές ομάδες επέμβασης	Δυνάμεις από τις γειτονικές περιοχές	Υπέρβαση των δυνατοτήτων της χώρας, ενεργοποίηση του Ευρωπαϊκού Μηχανισμού Πολιτικής Προστασίας

Σε ένα γενικευμένο πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων μπορούν να μελετηθούν πολλές πρόσθετες πλευρές των διαδικασιών απόκρισης που μπορεί να συνδέονται άμεσα με τη μεθοδολογία διάδοσης κινδύνων που περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 5.7.

Για παράδειγμα σε περίπτωση που η σοβαρότητα ενός περιστατικού ασφαλείας απαιτεί την εκκένωση του πόρου μεταφοράς όπως ένας σταθμός ή ένα όχημα, πρέπει να αντιμετωπιστούν διάφορα θέματα που σχετίζονται: (α) με τον αριθμό των ατόμων που πρέπει να συνεχίσει το ταξίδι του προς τον αντίστοιχο προορισμό τους, (β) μια κατάλληλη τοποθεσία εκκένωσης (evacuation location) που θα μπορούσε να μεταβάλει τα σχέδια κυκλοφορίας και μεταφορικών υπηρεσιών, (γ) τον αριθμό και το είδος των οχημάτων που πρέπει να κληθούν για να διευκολύνουν τους συμμετέχοντες στην εκκένωση.

Οι **περίμετροι ασφαλείας** (κλοιοί - cordons) που προσδιορίζονται ως συνήθεις διαδικασίες απόκρισης σε περιστατικά ενδέχεται να περιορίσουν την κανονική λειτουργία του δικτύου μεταφορών που διατρέχει κίνδυνο και των δικτύων που βρίσκονται εντός του κλοιού, λόγω περιορισμών στην κυκλοφορία και στις μετακινήσεις. Οι κλοιοί παρουσιάζουν επίσης διαφορετικό βαθμό ανάλογα με το είδος του περιστατικού και την εξέλιξη/κλιμάκωση αυτού. Έτσι, για κάθε περιστατικό ασφαλείας υπάρχουν καθορισμένες περίμετροι για μια περιοχή με περιορισμένη πρόσβαση σε συγκεκριμένα οχήματα μόνο. Αυτό θα επηρεάσει σημαντικά τη συνηθισμένη λειτουργία των δικτύων μεταφορών που απαιτούν αλλαγές στις λειτουργίες τους (διαδρομές, πόροι, δρομολόγια, κ.α.) . Επιπλέον, και προκειμένου να διευκολυνθεί η υλικοτεχνική υποστήριξη (π.χ. περιοχή παράταξης, σημείο συνάντησης, κοινό φορητό κέντρο επιχειρήσεων) των ομάδων απόκρισης και η μεταφορά των θυμάτων στο νοσοκομείο, ενδέχεται να πραγματοποιηθούν ειδικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις.

Η περιοχή εντός του κλοιού ελεγχόμενης κυκλοφορίας προορίζεται για χρήση από τα οχήματα έκτακτης ανάγκης και τις μονάδες που θα χρειαστούν να επέμβουν για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του περιστατικού. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τη μεταφορά στο εσωτερικό αυτής της περιοχής θα πρέπει να ανασταλούν για ένα χρονικό διάστημα προκειμένου να αντιμετωπιστεί και επιλυθεί το περιστατικό. Για να υπολογιστεί το εν λόγω πρόβλημα εντός του προτεινόμενου πλαισίου, όλοι οι πόροι «δικτύου των δικτύων» μεταφοράς, δηλαδή οι πόροι από όλα τα δίκτυα, θα πρέπει να συνδέονται με μια γεωγραφικού τύπου αλληλεξάρτηση με τους πόρους που παρουσιάζει η επιχείρηση απόκρισης ασφάλειας, με αποτέλεσμα να επηρεαστούν όλοι οι πόροι στα πλαίσια της

αδιάλειπτης επιχειρησιακής λειτουργίας, ποσοτικοποιώντας έτσι τις συνέπειες βάσει του συστήματος μέτρησης που παρουσιάζεται στην ενότητα 5.7 παρακάτω.

#### 5.4.5 Επιπτώσεις στην κοινωνία, πολιτική και πολιτιστική κληρονομιά

Οι κοινωνικές επιπτώσεις που περιγράφονται προέρχονται από τη σύνθεση των παραγόντων που επηρεάζουν τη δυνατότητα της κοινωνίας, ως σύνολο, να λειτουργεί σε κανονικό επίπεδο. Ουσιαστικά αυτός ο παράγοντας καθορίζεται από τρεις διαφορετικές λειτουργίες: (i) τις πολιτικές επιπτώσεις, (ii) την εμπιστοσύνη των πολιτών στο δίκτυο μεταφορών και (iii) τις ψυχολογικές επιπτώσεις στους πολίτες και τους εργαζομένους.

Λαμβάνοντας υπόψη την εκτίμηση κινδύνου των πολιτικών συνεπειών, είναι προφανές ότι μόνο οι πολιτικές πτυχές μπορούν να εκτιμηθούν εκ των προτέρων. Η εκτίμηση κινδύνων δεν μπορεί και δεν πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις έντονες πολιτικές ευαισθησίες μεταξύ των μερών, όπως για παράδειγμα τη διάρκεια μιας προεκλογικής περιόδου ή μια αλληλουχία συμβάντων τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε μια πολιτική αλλαγή, εκτός κι αν λάβει υπόψη και την επανεκτίμηση ενός περιστατικού κατά τη διάρκεια της εμφάνισής του ή αμέσως μετά. Οι μόνες πολιτικές επιπτώσεις που μπορούν να εκτιμηθούν είναι ο κίνδυνος αλλαγών πολιτικής που επηρεάζουν τη διαδικασία ή τη δομή της επιχείρησης ή του τομέα μετά από ένα περιστατικό και τη συνέχεια των κυβερνητικών επιχειρήσεων σε όλα τα επίπεδα διακυβέρνησης. Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί οι πολιτικές επιπτώσεις μπορούν να ποσοτικοποιηθούν ως εξής:

**Πίνακας 5-12: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση πολιτικών επιπτώσεων**

	Κυβερνητικές επιχειρήσεις	Αλλαγές στον τομέα
<b>ΑΜΕΛΗΤΕΑ</b>	Καμία	Καμία
<b>ΜΙΚΡΗ</b>	Ελαφρά δυσλειτουργία, διακοπή επιχειρήσεων για λιγότερο από μία ώρα	Μικρές αλλαγές στις επιχειρήσεις (διαδικασίες)
<b>ΜΕΤΡΙΑ</b>	Μέτρια δυσλειτουργία, διακοπή κυβερνητικών επιχειρήσεων για περισσότερο από μία ώρα	Μέτριες αλλαγές στις επιχειρήσεις, νομικά
<b>ΜΕΓΑΛΗ</b>	Αναστολή σημαντικών κυβερνητικών επιχειρήσεων για μια ημέρα	Σημαντικές αλλαγές στις επιχειρήσεις (νόμους και διαδικασίες)
<b>ΣΟΒΑΡΗ</b>	Πλήρης αναστολή κυβερνητικών επιχειρήσεων για μια ημέρα ή περισσότερο	Λεπτομερής επιθεώρηση / αναθεώρηση νομικού πλαισίου λειτουργίας



Όσον αφορά τις επιπτώσεις στην πολιτιστική κληρονομιά, οι επιπτώσεις στις περιοχές που έχουν επισημανθεί ως παγκόσμια κληρονομιά από την UNESCO, μπορούν να θεωρηθούν σοβαρές και αυτή η ταξινόμηση να μειώνεται σταδιακά έως ότου μηδενιστεί οποιαδήποτε αρνητική επίδραση.

#### 5.4.6 Ψυχολογικές επιπτώσεις

Οι ψυχολογικές επιπτώσεις μπορούν να εκφραστούν στα πλαίσια της χρονικής διάρκειάς τους, του αριθμού των ατόμων/πλήθος που επηρέασαν και του χρόνου αποκατάστασης. Αυτό είναι ένα μέτρο της εμπιστοσύνης των πολιτών και των εργαζομένων στα δίκτυα μεταφορών και συνδέεται άμεσα με τα κίνητρά τους να συνεχίσουν τη χρήση ή να συνεχίσουν να εργάζονται του δικτύου στο μέλλον. Οι ψυχολογικές επιπτώσεις ταξινομούνται ως εξής:

*Ενοχλητικές:* Προκαλούν εκνευρισμό στα άτομα, αλλά δεν αναστατώνουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες

*Διασπαστικές:* Τα άτομα πρέπει να προσαρμόσουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες

*Ανησυχητικές:* Τα άτομα πρέπει να προβούν σε σημαντικές αλλαγές των καθημερινών τους δραστηριοτήτων

*Δυσλειτουργικές:* τα άτομα δεν είναι πλέον σε θέση να συνεχίσουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες

**Πίνακας 5-13: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση ψυχολογικών επιπτώσεων**

	Ψυχολογικές	Επηρεαζόμενοι πολίτες	επιπτώσεις	Επηρεαζόμενοι εργαζόμενοι (ως % του συνόλου)
<b>Αμελητέα</b>	Λιγότερο από μία εβδομάδα	>1.000	Καμία	> 5%
<b>Μικρή</b>	Λιγότερο από ένα μήνα	>10.000	ενοχλητικές	> 10%
<b>Μέτρια</b>	Λιγότερο από ένα χρόνο	>100.000	διασπαστικές	> 15%
<b>Μεγάλη</b>	Ένα έως δέκα έτη	>500.000	ανησυχητικές	> 30%
<b>Σοβαρή</b>	Περισσότερα από δέκα χρόνια	>1.000.000	δυσλειτουργικές	> 50%

Η εμπιστοσύνη των πολιτών στο δίκτυο μεταφορών μπορεί να ταξινομηθεί στις ίδιες πέντε κατηγορίες όπως και οι συνέπειες, και αποτελεί μια υποκειμενική ποσοτική εκτίμηση των επιπτώσεων από ειδικούς/φορείς εκμετάλλευσης δικτύων μεταφοράς.

### 5.4.7 Διαδοχικά συμβάντα

Για τους σκοπούς ενός ολιστικού πλαισίου ανάλυσης κινδύνων, ένα περιστατικό που επηρεάζει έναν πόρο της υποδομής μεταφορών, είτε προκαλείται από φυσικές καταστροφές, είτε από ατυχήματα είτε από δολιοφθορές, μπορεί να επηρεάσει πολλούς αλληλεξαρτώμενους τομείς και υποδομές. Είναι φανερό ότι τα περιστατικά που απορρέουν από αλληλεξαρτήσεις προέρχονται από τρεις κατηγορίες:

(α) διαδοχικές συνέπειες (cascading effects) που προέρχονται από τις υποδομές μεταφορών και επηρεάζουν άλλους τομείς όπως ενέργεια, χημική βιομηχανία,

(β) διαδοχικές συνέπειες που προέρχονται από άλλους τομείς όπως η ενέργεια και επηρεάζουν τις υποδομές του τομέα των μεταφορών,

(γ) διαδοχικές επιπτώσεις που προέρχονται από υποδομές μεταφορών και επηρεάζουν άλλες διασυνδεδεμένες υποδομές μεταφορών

Οι περιπτώσεις (β) και (γ) αναλύονται λεπτομερώς στην ενότητα διάδοσης κινδύνων και απειλών/περιστατικών του προτεινόμενου πλαισίου ανάλυσης κινδύνων.

Ένα περιστατικό ασφαλείας μπορεί να επικαλύψει το περιβάλλον και να υπονομεύσει την οικονομική κατάσταση/λειτουργία πυροδοτώντας νέα περιστατικά, π.χ. εξάπλωση δασικών πυρκαγιών από βομβιστική επίθεση κοντά σε αυτοκινητόδρομο. Η ανάλυση του βαθμού στον οποίο κινδυνεύουν οι κοινότητες της περιοχής των ευπαθών συστημάτων μεταφοράς πρέπει να λαμβάνει υπόψη της, τις υφιστάμενες γεωγραφικές αλληλεξαρτήσεις. Η διακύμανση των διαδοχικών περιστατικών είναι πολύ ευρεία και εξαρτάται από τη φύση και την τοποθεσία του διαδοχικού περιστατικού. Έτσι, ο αντίκτυπος οποιουδήποτε σεναρίου ασφαλείας για έναν πόρο του δικτύου μεταφορών πρέπει να καθορίζεται από τους ειδικούς, απαντώντας στις ερωτήσεις που τέθηκαν από τους Haimes et al (1991, 2004)

- ✓ Τι μπορεί να γίνει και ποιες επιλογές είναι διαθέσιμες;
- ✓ Ποιες είναι οι αντισταθμιστικές ενέργειες όσον αφορά το κόστος, τα οφέλη και τους κινδύνους;
- ✓ Ποιες είναι οι επιπτώσεις των αποφάσεων στις μελλοντικές επιλογές;

Γενικά, μπορεί να συμβούν τα ακόλουθα περιστατικά:

- πυρκαγιά σε αστικό περιβάλλον
- καταστροφή κτιρίων
- δασική πυρκαγιά

- πλημμύρες
- μαζικές μετατοπίσεις (χιονοστιβάδες και κατολισθήσεις)
- τεχνολογικά ατυχήματα
- επιπτώσεις σε άλλες κρίσιμες υποδομές (ύδρευση, ηλεκτρισμός, κ.λπ.)

#### **5.4.8 Αδιάλειπτη λειτουργία**

Η αδιάλειπτη λειτουργία αναφέρεται στις ενέργειες και τις δραστηριότητες που αναλαμβάνουν οι οργανισμοί για να εξασφαλίσουν ότι θα συνεχίσουν τη λειτουργία τους εάν και εφόσον κάποιο περιστατικό ασφαλείας επηρεάσει τα κρίσιμα συστήματά τους. Σύμφωνα με τον Landoll (2005), ο σχεδιασμός της επιχειρησιακής αδιάλειπτης λειτουργίας (business continuity) είναι η διαδικασία αναγνώρισης των κρίσιμων συστημάτων και των εύλογων απειλών και η δημιουργία μιας μακροπρόθεσμης στρατηγικής για τη μείωση των επιπτώσεων που επιφέρουν οι διακοπές λειτουργίας μιας επιχείρησης και η ταυτόχρονη σταθεροποίηση των κρίσιμων επιχειρησιακών λειτουργιών. Αποτελείται από διάφορες ενέργειες που συμβάλλουν σε μια σειρά ολοκληρωμένων διαδικασιών αντιμετώπισης για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων ενός περιστατικού ασφαλείας.

Ένα βασικό στοιχείο της αδιάλειπτης λειτουργίας είναι και η διαδικασία σχεδιασμού αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών που περιλαμβάνει το σχεδιασμό της αδιάλειπτης λειτουργίας (δηλαδή, μακροπρόθεσμη στρατηγική) και το σχεδιασμό αποκατάστασης καταστροφών, όπως οι βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες στρατηγικές για το χειρισμό ειδικών περιστάσεων: Το σχέδιο αδιάλειπτης λειτουργίας έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των πραγματικών κινδύνων στους κρίσιμους πόρους. Βασίζεται στην ανάλυση των απειλών, των κρίσιμων συστημάτων, στον καθορισμό των εναλλακτικών απαιτήσεων χώρου, στην έγκριση, την εφαρμογή και την κατάρτιση του σχεδίου. Η εκτίμηση επιπτώσεων στην λειτουργία της υποδομής (business impact assessment) παρέχει μια προσεκτική εκτίμηση των επιπτώσεων που επιφέρει στην επιχειρησιακή λειτουργία ένα περιστατικό ασφαλείας. Τα σχετικά βήματα περιλαμβάνουν τον καθορισμό των προτεραιοτήτων με τις οποίες θα αποκατασταθούν τα συστήματα και θα διατεθούν οι πόροι κατά τη διάρκεια ενός περιστατικού.

Για τους σκοπούς της διατριβής αυτής, η προσέγγιση της αδιάλειπτης λειτουργίας είναι πολυδιάστατη, πράγμα που σημαίνει ότι οι συνέπειες έχουν υπολογιστεί σε σχέση με τα εξής:

**Τον πόρο που διατρέχει κίνδυνο:** έχει προσδιοριστεί εάν ένας πόρος είναι ολικώς ή μερικώς κατεστραμμένος και ποιος είναι ο συνολικός χρόνος που έχει τεθεί εκτός λειτουργίας. Επιπλέον μελετώνται πληροφορίες σχετικά με το αν μπορεί να αντικατασταθεί ο πόρος και ποιος είναι χρόνος που απαιτείται για την αντικατάστασή του ώστε να επανέλθει πλήρως στη αρχική λειτουργία του.

**Το δίκτυο που περιλαμβάνει τον πόρο που διατρέχει κίνδυνο.** Παρόμοιες παραδοχές εφαρμόζονται και σε αυτή την περίπτωση, όπως εάν το δίκτυο είναι πλήρως/μερικώς εκτός λειτουργίας και για πόσο χρονικό διάστημα δεν λειτουργεί, ενώ λαμβάνεται υπόψη και η δυνατότητα αντικατάστασης της υπηρεσίας σε περίπτωση που απαιτηθεί.

**Διασυνδεδεμένοι πόροι με τον πόρο που διατρέχει κίνδυνο.** Ο όρος αυτός αναφέρεται σε εκείνους τους πόρους που διασυνδέονται άμεσα και με οποιοδήποτε τρόπο με τον πόρο που επηρεάζει το περιστατικό ασφάλειας. Αποτελεί τη βάση για την προσέγγιση της διάδοσης κινδύνων που ορίζεται στην ενότητα 5.7. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι επιπτώσεις μπορεί να εκτείνονται γεωγραφικά σε μεγάλο βαθμό και αυτή η πληροφορία να συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο των επιπτώσεων.

Το περιστατικό ασφάλειας επηρεάζει έναν πόρο του δικτύου μεταφορών, έτσι ώστε να προκαλέσει διαταραχή στη ροή των ανθρώπων, των αγαθών και των υπηρεσιών. Αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί μέσω εναλλακτικών διαδρομών ή οχημάτων μεταφοράς.

**Πίνακας 5-14: Προτεινόμενη ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων αδιάλειπτης λειτουργίας στον πόρο που διατρέχει κίνδυνο**

	Καταστροφές	Εκτός λειτουργίας	Επιπτώσεις στο προσωπικό	% χρηστών υποδομής μη ικανών να χρησιμοποιήσει τον πόρο	επίπτωση στη ροή	Αντικατάσταση υπηρεσίας
<b>Αμελητέα</b>	Αμελητέες	λιγότερο από 1 ώρα	Αμελητέες	Λίγα	συνήθεις πρακτικές	Καμία
<b>Μικρή</b>	Πολύ μικρές ζημιές	1 ώρα - 6 ώρες	20-50% μέχρι 15 ημέρες	5 - 10%	Σύντομη καθυστερήσεις	Μέσα σε 1 ώρα
<b>Μέτρια</b>	Μικρές ζημιές	6 ώρες - 1 ημέρα	20-50% μέχρι και 1 μήνα	10 - 20%	Σοβαρές καθυστερήσεις	Εντός 6 ωρών
<b>Μεγάλη</b>	Μερική ζημιά/σοβαρή βλάβη	Έως 1 μήνα	20-50% έως και 2 μήνες	20 - 50%	Αλλαγή/αντικατάσταση πορείας	Εντός λίγων ημερών
<b>Σοβαρή</b>	Κατάρρευση/Μόνιμη βλάβη	1 χρόνος	Περισσότερο από το 50% για 2 μήνες	Μεγαλύτερο από 50%	εκκένωση/εκτός λειτουργίας	Ειδικές ρυθμίσεις

Πρόσθετες παράμετροι που μπορεί να συμπεριληφθούν είναι οι εξής:

- Λειτουργικότητα πόρου: δυαδική μορφή 0/1
- Εφεδρικά αντίγραφα πόρου: δυαδική μορφή 0/1

## 5.5 Πίνακας εκτίμησης κινδύνων

Ο πίνακας εκτίμησης κινδύνων (risk matrix) αποτελεί ένα κλασικό εργαλείο για τη εξαγωγή ποιοτικών εκτιμήσεων της επικινδυνότητας βασισμένων σε ημιεμπειρικές μεθόδους. Ο πίνακας κινδύνων και οι χαρακτηριστικές παραλλαγές του εφαρμόζονται ευρέως σε πολλά και διαφορετικά πλαίσια. Παρακάτω, αναγράφονται ορισμένοι κοινά αποδεκτοί βασικοί κανόνες για την παραγωγή πινάκων κινδύνου που χρησιμεύουν ως σημεία αναφοράς για τις ευρύτερα υιοθετημένες πρακτικές που σχετίζονται με τη μεθοδολογία:

1. Η βάση για τον πίνακα κινδύνων είναι ο τυπικός ορισμός του κινδύνου εκφρασμένος ως ένας συνδυασμός της σοβαρότητας των συνεπειών που παράγονται σε ένα συγκεκριμένο σενάριο ατυχήματος και της πιθανότητά τους να συμβούν (Markowski και Sam Mannan, 2008). Αυτό σημαίνει ότι απαιτούνται μόνο δύο μεταβλητές για τη δημιουργία ενός πίνακα κινδύνων. Ο δείκτης κινδύνου ως αποτέλεσμα του Πίνακα καθορίζεται μόνο από τη σοβαρότητα των συνεπειών του και την πιθανότητα να συμβούν.
2. Η σοβαρότητα των συνεπειών, η πιθανότητα και ο δείκτης κινδύνου μπορούν να χωριστούν σε πεπερασμένο αριθμό διαφορετικών επιπέδων και κατηγοριών, αντίστοιχα, με ποιοτικές περιγραφές και κλίμακες.
3. Η διαδικασία υπολογισμού της δημιουργίας πίνακα παρουσιάζεται από την λογική διαδικασία: AN (IF) η πιθανότητα είναι *(ανήκει στην κατηγορία)* p ΚΑΙ (AND) η σοβαρότητα της συνέπειας είναι *(ανήκει στην κατηγορία)* c TOTE (THEN) ο κίνδυνος είναι *(ανήκει στην κατηγορία)* r (Markowski και Sam Mannan, 2008) (risk metalanguage). Εκτός από αυτές τις βασικές/λογικές αρχές, η διαδικασία ανάλυσης του πίνακα κινδύνων περιλαμβάνει επίσης την παρακολούθηση και την αναγνώριση των κινδύνων, τη συλλογή στοιχείων και την a priori εκτίμηση πριν τη δημιουργία του πίνακα κινδύνων.

Ο πίνακας κινδύνων που εφαρμόζεται σε αυτήν τη διατριβή αποτελεί ένα ευρύτατα χρησιμοποιούμενο πρότυπο, αν και στη βιβλιογραφία και σε επιχειρησιακές εφαρμογές έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες παραλλαγές του (π.χ. 4/3-βάθμια κλίμακα, αλλαγή στις τιμές). Η συνήθης λίστα κινδύνων που δημιουργείται περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Κίνδυνος: Οι αναγνωρισμένοι, συγκεκριμένοι και πιθανοί κίνδυνοι για ένα έργο.

- ❑ Πηγή: Η επεξήγηση για την προέλευση κάθε κινδύνου.
- ❑ Έλεγχος: Το μέτρο ελέγχου που αντιστοιχεί στο αποτέλεσμα της εκτίμησης κάθε κινδύνου.
- ❑ Συνέπειες: Η εκτιμώμενη επίπτωση κάθε κινδύνου στο έργο όταν προκύπτει το σχετικό περιστατικό. Το στοιχείο αυτό στην παρούσα διατριβή χωρίζεται σε πέντε διαφορετικά επίπεδα.
- ❑ Πιθανότητα: Η εκτιμώμενη πιθανότητα εμφάνισης κάθε κινδύνου. Συνήθως η συχνότητα εμφάνισης χρησιμοποιείται ως αποδεκτό υποκατάστατο της πιθανότητας. Αυτό το στοιχείο επίσης χωρίζεται σε πέντε διαφορετικά επίπεδα, στην παρούσα διατριβή.
- ❑ Δείκτης κινδύνου: Το αποτέλεσμα της εκτίμησης που δημιουργείται από δύο βασικά στοιχεία: συνέπειες και πιθανότητες εμφάνισης. Το στοιχείο αυτό χωρίζεται σε πεπερασμένα διακριτά επίπεδα, και πιο συγκεκριμένα σε πέντε κατηγορίες που αντιστοιχούν με τα διαφορετικά επίπεδα κινδύνου.

Με την ταξινόμηση της πιθανότητας και της σοβαρότητας, ο αρχικός πίνακας κινδύνων αποτελείται από 25 κελιά και πέντε ζώνες με ακανόνιστο σχήμα, που στη γενικότητα του μπορεί να καθοριστεί από τον χρήστη σύμφωνα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις και χαρακτηριστικά της εφαρμογής. Ο αρχικός πίνακας κινδύνων παρουσιάζει ένα σημαντικό μειονέκτημα: όταν εφαρμόζεται σε μια συγκεκριμένη περίπτωση, ενδέχεται να εμπίπτουν στο ίδιο επίπεδο διαφορετικοί κίνδυνοι. Οι κίνδυνοι αυτοί ονομάζονται «δεσμοί κινδύνων» (risk ties), και προκύπτουν από δύο σημαντικούς περιορισμούς της ανάλυσης του πίνακα κινδύνων και συγκεκριμένα : την κατάταξη του δείκτη κινδύνων (περιορισμένο αριθμό επιπέδων) και τον κατευθυντήριο μηχανισμό εκτίμησης βάσει της υποκειμενικής διαδικασίας υπολογισμού της επικινδυνότητας. Η ύπαρξη των «δεσμών κινδύνων» καθιστά το αποτέλεσμα της εκτίμησης ασαφές επειδή δεν συμβάλλουν καθόλου στη διαφοροποίηση των κινδύνων στα πλαίσια της ανάλυσης.

Το γεγονός ότι ο αριθμός των συνολικών κινδύνων αυξάνεται με τον αριθμό των αξιολογούμενων σεναρίων επιφέρει επιπλέον περιορισμούς στην εφαρμογή της μεθοδολογίας του Πίνακα Εκτίμησης Κινδύνου σε έργα μεγάλης κλίμακας. Ακόμη και όταν υπάρχουν πολλοί υπό εξέταση κίνδυνοι, εντοπίζονται πολλές ομάδες ομοειδών κινδύνων, οι οποίοι δυνητικά μπορούν να προκαλέσουν σύγχυση στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων επειδή απαιτούν σημαντικό αριθμό μέτρων απομείωσης του κινδύνου. Για να ξεπεραστούν αυτά τα

μειονεκτήματα και να βελτιωθεί η εφαρμοσιμότητα της προσέγγισης, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος «εκ νέου διαίρεσης σε ζώνες» (re-zoning) των κελιών του πίνακα.

Η εκ νέου διαίρεση των κελιών του πίνακα εκτίμησης κινδύνου (Markowski και Sam Mannan, 2008) έχει στόχο να παρέχει μια πιο λεπτομερή κατάταξη του δείκτη κινδύνων και να αναδιατάξει την κατανομή των διαφόρων επιπέδων ώστε να είναι πιο ακριβές το αποτέλεσμα της εκτίμησης. Για την πραγματοποίηση της εκ νέου διαίρεσης σε ζώνες απαιτούνται δύο βήματα.

- 1) Τα βασικά στοιχεία (σοβαρότητα, πιθανότητα και δείκτης κινδύνου), διαιρούνται σε περαιτέρω τα επίπεδα ώστε να αυξηθεί ο αριθμός των κελιών του πίνακα.
- 2) Όλα τα κελιά έχουν υποστεί εκ νέου διαίρεση σε ζώνες υπό τη βασική αρχή του πίνακα κινδύνου (όσο πιο κοντά προς την αφετηρία, τόσο χαμηλότερο το επίπεδο κινδύνων που έχει ως αποτέλεσμα).

Με το συνδυασμό της πιθανοφάνειας και της συνέπειας των εκτιμήσεων, όπως αναφέρεται προηγουμένως στο πλαίσιο μιας βελτιωμένης έκδοσης εκ νέου διαίρεσης σε ζώνες του αρχικού πίνακα κινδύνων, σχηματίζουμε τον πίνακα κατάταξης των κινδύνων που θα χρησιμοποιηθούν στο πεδίο εφαρμογής αυτής της προσέγγισης. Αυτός ο πίνακας αποτελεί τη βάση του πλαισίου αξιολόγησης των κινδύνων. Πρόκειται για ένα σημαντικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την αντιστοίχιση κάθε συνδυασμού της σοβαρότητας πιθανοφάνειας, και συνεπειών σε ένα ενιαίο επίπεδο κινδύνων (πολύ χαμηλό, χαμηλό, υψηλό, σοβαρό και κρίσιμο).

**Πίνακας 5-15: Πίνακας εκτίμησης κατηγορίας κινδύνων**

	ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ				
ΠΙΘΑΝΟΦΑΝΕΙΑ	ΑΜΕΛΗΤΕΑ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	ΣΟΒΑΡΗ
ΒΕΒΑΙΑ	ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ	ΜΕΓΑΛΟΣ	ΚΡΙΣΙΜΟΣ	ΚΡΙΣΙΜΟΣ
ΥΨΗΛΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ	ΜΕΓΑΛΟΣ	ΚΡΙΣΙΜΟΣ
ΜΕΤΡΙΑ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ	ΜΕΓΑΛΗ
ΧΑΜΗΛΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΜΙΚΡΟΣ	ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ
ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΣ	ΜΙΚΡΟΣ

## 5.6 Εκτίμηση σωρευτικού κινδύνου (risk aggregation)

Μετά την περιγραφή των διαφόρων συνιστωσών του πλαισίου αξιολόγησης των κινδύνων πρέπει απαραίτητως να παρουσιαστούν οι μέθοδοι εξόρυξης της τελικής τιμής για τον κίνδυνο. Όπως φάνηκε στην ενότητα 5.4.1, οι συνέπειες όλων των πιθανών κινδύνων μετρώνται σε δύο ξεχωριστά επίπεδα: Το επίπεδο 1 χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση πιθανών επιπτώσεων ενός περιστατικού κινδύνου σε μεγάλες κατηγορίες επιπτώσεων, ενώ το επίπεδο 2 χρησιμοποιείται για να δώσει μια εκτενή θεώρηση των θεμάτων που μπορούν να επηρεάσουν έναν πόρο που εκτίθεται σε κίνδυνο. Προκειμένου να σημειωθεί πρόοδος από το επίπεδο 2 στο επίπεδο 1, χρησιμοποιούμε ένα σύστημα που αξιολογεί τις κατηγορίες επιπέδου 1 με βάση τον συνδυασμό της βαρύτητας των θεμάτων του αντίστοιχου επιπέδου 2. Για παράδειγμα, ένας ειδικός κανόνας θα μπορούσε να αναφέρει ότι «...Αν οι θάνατοι αντιστοιχούν στην κατηγορία «χαμηλή» και οι τραυματισμοί αντιστοιχούν στην κατηγορία «υψηλή», τότε οι απώλειες στη συνέχεια θα αντιστοιχούν στην κατηγορία «μεσαίες» ....»

Συνεπώς, μπορούμε να αφαιρέσουμε τη συνολική εκτίμηση των επιπτώσεων από τις κατηγορίες επιπέδου 1 με ένα πλήθος προσεγγίσεων:

- **Επικρατούσα τιμή/κατάσταση (Mode):** Δίνουμε ένα επίπεδο συνολικής επίπτωσης ίσο με το επίπεδο της κατηγορίας που εμφανίζεται πιο συχνά στο Επίπεδο 1. Για παράδειγμα, εάν οι κατηγορίες «Τραυματισμοί», «Οικονομικές απώλειες» και «Αντίδραση» αντιστοιχούν στην κατηγορία «Υψηλή», «Περιβάλλον», «Διαδοχικά συμβάντα» αντιστοιχούν στην κατηγορία «Μεσαίου μεγέθους» και «Κοινωνική και ψυχολογική», «Αδιάλειπτη λειτουργία» αντιστοιχούν στην κατηγορία «Ασήμαντη», τότε το συνολικό επίπεδο των επιπτώσεων θα αντιστοιχούν στην κατηγορία «Υψηλή» λόγω του γεγονότος ότι η συχνότερα εμφανιζόμενη κατάσταση είναι «Υψηλή».
- **Μέγιστη:** Μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο «προσεκτική» μέθοδος αξιολόγησης συνολικών επιπτώσεων, δεδομένου ότι αποδίδει την υψηλότερη κατάσταση κινδύνων που έχει παρατηρηθεί μεταξύ όλων των κατηγοριών Επιπέδου 1 στον συνολικό αντίκτυπο.
- **Διάμεσος:** Η μέθοδος αυτή υπολογίζει τη μέση τιμή στην κατάταξη των κατηγοριών επιπτώσεων Επιπέδου 1, καθώς η αξία βρίσκεται στη μέση της κατάταξης επιπτώσεων όταν τις ταξινομούμε ανάλογα με τη βαρύτητα των επιπτώσεων τους ως εξής:



$$X_M \begin{cases} = \frac{\left(\frac{X_n}{2} + \frac{X_{n+1}}{2}\right)}{2}, \text{ όταν το } n \text{ είναι άρτιος αριθμός} \\ = \frac{X_{\frac{n+1}{2}}}{2}, \text{ όταν το } n \text{ είναι περιττός αριθμός} \end{cases}$$

όπου  $X_M$  είναι το μέσον, και  $X_n$  είναι η  $n$ -οστή ταξινομημένη θέση των επιπτώσεων.

Για παράδειγμα, αν έχουμε τις ακόλουθες κατατάξεις για τις κατηγορίες Επιπέδου 1: Υψηλή, Μεσαία, Ασήμαντη, Υψηλή, Μικρή, Υψηλή και Μεσαία, μπορούμε να τις ταξινομήσουμε ανάλογα με τη βαρύτητά τους, ως εξής: Ασήμαντη, Μικρή, Μεσαία, Μεσαία, Υψηλή, Υψηλή και Υψηλή. Μετά την ταξινόμηση, παρατηρούμε ότι η κατάταξη που βρίσκεται στη μέση της ταξινομημένης λίστας αντιστοιχούν στην κατηγορία «Μεσαία», και έτσι τη χρησιμοποιούμε ως συνολική κατάταξη αξιολόγησης των επιπτώσεων.

- **Σταθμισμένος μέσος όρος (weighted mean):** Αυτή είναι η πιο ευέλικτη μέθοδος της ολικής αξιολόγησης και οφείλεται στο γεγονός ότι μπορούμε να εφαρμόσουμε βαρύτητα (0-100% με το ποσό των 100%) σε κάθε κατηγορία επιπέδου 1, με βάση τη σχετική τους σημασία (αν θέλουμε όλες τις κατηγορίες να θεωρούνται ίσης σημασίας τότε θα δώσουμε την ίδια βαρύτητα σε όλα =  $100/7 = 14,28\%$  και θα επανέλθουμε στον υπολογισμό μιας απλής μέσης τιμής), θα αντιστοιχίσουμε την κατάταξη των επιπτώσεων τους σε διάταξη αριθμών (π.χ. Ασήμαντη = 1, Μικρή = 2, Μεσαία = 3, Υψηλή = 4, Σοβαρή = 5) και θα τα προσθέσουμε για να υπολογίσουμε το σταθμισμένο μέσο όρο τους, όπως φαίνεται στον τύπο:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i},$$

Όπου το  $w_i$  είναι η εφαρμοσμένη βαρύτητα της κατάταξης των  $i$ -ωστών επιπτώσεων, ενώ  $x_i$  είναι η ίδια η αξία κατάταξης των επιπτώσεων. Η μέση τιμή είναι ένας δεκαδικός αριθμός που ανήκει στο διάστημα μεταξύ [1,5], τον οποίο στη συνέχεια μπορούμε να στρογγυλοποιήσουμε προς τον πλησιέστερο ακέραιο και να τον αντιστοιχίσουμε προς μια κατάταξη συνολικών επιπτώσεων.

- **Κανόνας της πλειοψηφίας (Majority rule):** Ο κανόνας αυτός συνεπάγεται ότι η τελική μέτρηση υπολογίζεται ως η τάξη που εμφανίζεται συχνότερα μέσα σε ένα προκαθορισμένο αριθμό εναλλακτικών λύσεων.

- **Τουλάχιστον k φορές (at least k times):** Ο κανόνας αυτός χρησιμοποιείται για να καθορίσει την τελική θέση, εάν η αντίστοιχη τάξη εμφανίζεται τουλάχιστον k φορές στον προκαθορισμένο αριθμό των εναλλακτικών λύσεων. Ο κανόνας αυτός θεωρείται πολύ χρήσιμος για τον ορισμό των κρίσιμων συμβάντων. Για παράδειγμα, αν η συνέπειες επιπέδου 1 εμφανίζονται ως κρίσιμες 2 φορές, τότε οι συνολικές επιπτώσεις προσδιορίζονται ως κρίσιμες

Έχοντας εκτιμήσει την επίδραση και την πιθανοφάνεια του κινδύνου για κάθε πόρο του δικτύου μπορούμε να αξιολογήσουμε συνεπώς το συνολικό κίνδυνο που περιέχεται σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο, δίκτυο των δικτύων ή την πληγείσα περιοχή. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αυτών των εκτιμήσεων ακολουθεί τις ίδιες αρχές όπως και οι υπολογισμοί επιπτώσεων από το επίπεδο 2 στο επίπεδο 1. Αυτό σημαίνει ότι και πάλι τα διαφορετικά επίπεδα κινδύνου πρέπει να αντιστοιχίζονται με τους αριθμούς πριν από την πραγματοποίηση των πραγματικών υπολογισμών και, κατά συνέπεια, να επιστρέφουν σε ένα επίπεδο κινδύνου, όταν ένας μοναδικός αριθμός εξάγεται μέσω στρογγυλοποίησης προς τον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό που αντιπροσωπεύει εκείνο το επίπεδο. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή αυτού του μοναδικού αριθμού, είναι οι εξής:

**Μέση εκτίμηση του κινδύνου (average risk estimation):** Η συνολική εκτίμηση κινδύνων δικτύου ή περιοχής μπορεί να επιτευχθεί υπολογίζοντας το μέσο όρο των εκτιμήσεων κινδύνων για κάθε ξεχωριστό πόρο και τη μέση τιμή.

**Υπολογισμός σταθμισμένου κινδύνου (weighted risk calculation):** Σε μια προσπάθεια να ρυθμιστεί καλύτερα η παραπάνω προτεινόμενη μέθοδος, μπορούμε να εφαρμόσουμε τα βάρη σε καθέναν από τους πόρους που βασίζονται στη σημασία ή τον αριθμό των ανθρώπων που εξυπηρετούν. Οι συντελεστές στάθμισης χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τιμής σταθμισμένου μέσου όρου.

### **Οι διαφορές στις δύο μεθοδολογίες**

Η μέθοδος εκτίμησης του μέσου κινδύνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμες συμπληρωματικές πληροφορίες ή δεν χρειάζεται να γίνουν διακρίσεις μεταξύ των πόρων. Όταν αυτό δεν αντικατοπτρίζει την αλήθεια μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον υπολογισμό σταθμισμένου κινδύνου για να τελειοποιήσουμε την εκτίμηση ώστε να αντιπροσωπεύει καλύτερα το μέγεθος του πραγματικού κινδύνου.

Λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω μέθοδο, μπορούμε να υπολογίσουμε τον κίνδυνο που απειλεί διάφορα μέρη κάθε συστήματος μεταφορών, στις επιλογές περιοχής με χρήση

γεωγραφικών δεδομένων GIS ή στο συνολικό δίκτυο των δικτύων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση του «δικτύου των δικτύων» μπορούμε να εξάγουμε την τελική μας εκτίμηση με βάση τις μερικές εκτιμήσεις από κάθε μεμονωμένο δίκτυο μεταφορών με την εκ νέου εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων.

## 5.7 Διάδοση κινδύνων

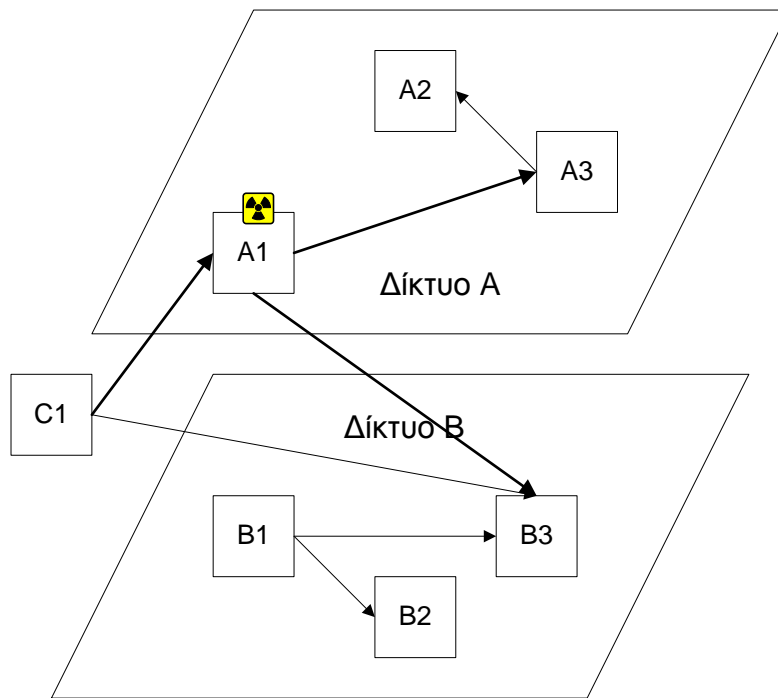
Η κεντρική ιδέα της προσέγγισης που αναπτύχθηκε για τη μοντελοποίηση της διάδοσης κινδύνων, εστιάζει στο ότι το σενάριο που ορίζει ο χρήστης, *το οποίο και ξεκινά από έναν πόρο κάποιου δικτύου μεταφοράς, μπορεί να προκαλέσει διαφορετικές επιπτώσεις και επηρεάζει άλλα διασυνδεδεμένα δίκτυα ή/και πόρους δικτύων*. Η όλη διαδικασία περιγράφεται σε μια σειρά από βήματα, τα οποία πραγματεύεται το επόμενο τμήμα της ενότητας. Ακολουθεί μια επισκόπηση των διασυνδεδεμένων πόρων του δικτύου μεταφοράς.

Στηρίζεται στις βασικές αρχές της προσέγγισης κατά Markov, και εκτιμά την συνολική κατάσταση ενός πόρου του δικτύου μεταφοράς σαν συνάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση ή/και τις καταστάσεις των διασυνδεδεμένων πόρων. Η κατάσταση ενός διασυνδεδεμένου πόρου ( $X_n$ ) είναι, επομένως, αποτέλεσμα της φύσης του περιστατικού που επηρεάζουν τον πόρο (πόρους ή/και δίκτυο) που ξεκίνησε το περιστατικό, τα χαρακτηριστικά του υπό εξέταση πόρου (αντίμετρα κίνδυνο, μέσα άμεσης απόκρισης, κλπ.) και το είδος της διασύνδεσης μεταξύ των πόρων.

**$X_n$  = Συνάρτηση (αρχικό επεισόδιο | ιδιότητες του πόρου | τύπος διασύνδεσης)**

Τα βήματα προς την υλοποίηση του πλαισίου που περιγράφεται πιο κάτω είναι:

- Το δίκτυο A αποτελείται από πόρους  $A_i$ , οι οποίοι διασυνδέονται,  $i=\{1,2,3,\dots\}$ .
- Το δίκτυο B αποτελείται από πόρους  $B_i$ , οι οποίοι διασυνδέονται,  $i=\{1,2,3,\dots\}$ .
- Ο πόρος  $A1$  συνδέεται με τον πόρο  $B3$  και οι δύο χρησιμοποιούν τον πόρο  $C1$ .



Εικόνα 5-5: Παράδειγμα πόρων εντός διασυνδεδεμένων δικτύων

**Βήμα 1:** Ορισμός πλαισίου σεναρίου και περιγραφή του αρχικού περιστατικού(ων) που συμβαίνει(ουν).

Κατ' αρχήν, είναι σημαντικό να καθοριστεί το αρχικό περιστατικό όσον αφορά τη φύση, την πιθανοφάνεια και τις πιθανές επιπτώσεις, όπως προτείνεται στο πλαίσιο της ανάλυσης κινδύνων. **Με την παραδοχή ότι το περιστατικό αρχικά εμφανίζεται στον πόρο A1.** Πιο συγκεκριμένα:

Η **κατάσταση** του πόρου θεωρείται δυαδική (Ανεπηρέαστη - Λειτουργεί κανονικά / επηρεάζεται από το περιστατικό κινδύνου) και ορίζεται αρχικά ως Ανεπηρέαστη, που σημαίνει ότι κανένα περιστατικό ασφαλείας δεν έχει συμβεί πριν ξεκινήσει η ανάπτυξη του υπό εξέταση σεναρίου, και θεωρούμε ότι το μέσο επιτελεί την λειτουργία του απρόσκοπτα.

Η **πιθανοφάνεια** υπολογίζεται ανάλογα με τη φύση του περιστατικού (σκόπιμη ή μη στοχευμένη πράξη/ατύχημα) σύμφωνα με την Ενότητα 5.3.

Υπολογισμός 5-βάθμιας κλίμακας των συνεπειών AI{L}

Οι **συνέπειες** του περιστατικού **επί του πόρου A1** (Ενότητα 5.4) καθορίζονται σύμφωνα με την προτεινόμενη προσέγγιση όσον αφορά την ιεραρχία δίνοντας τιμές είτε που να αφορούν το επίπεδο 2, ή στην 5-βάθμια κατηγορική κλίμακα επιπέδου 1 (οπότε και οι συνέπειες επιπέδου 2 καθίστανται άνευ αντικειμένου). Ο χρήστης μπορεί είτε να θέσει άμεσα τη συνολική εκτίμηση των επιπτώσεων (Αμελητέα, Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη, Σοβαρή) ή να

καθορίζει επιμέρους επίπεδα κατηγοριών συνεπειών Επιπέδου 1 (τα οποία στη συνέχεια μπορούν να συνυπολογίζονται όπως και πριν. Οι ιδιότητες του πόρου (αντίμετρα κινδύνων/εμποδίων/κτλ.) πρέπει να ενεργοποιούνται με βάση είτε την αξιολόγηση από πλευράς χρηστών (από το σενάριο που έχει επιλεγεί) είτε από μαθηματικές προσεγγίσεις.

- Απώλειες
- Οικονομικές απώλειες
- Περιβάλλον
- Απόκριση
- Κλιμακωτό συμβάν
- Κοινωνικά και ψυχολογικά
- Αδιάλειπτη λειτουργία

Η εκροή των οποίων θα συγκεντρώνεται χρησιμοποιώντας μια μέση σταθμισμένη προσέγγιση για να εκτιμήσει την τελική κατηγορία συνεπειών:

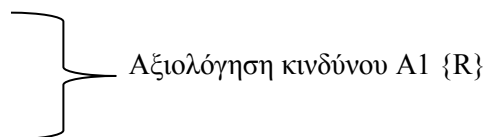
$$A1 \{C_1\} \rightarrow \text{εκτίμηση σωρευτικού κινδύνου} \rightarrow A1 \{C\}$$

### **Βήμα 2:** Αξιολόγηση κινδύνου στον Πόρο A1.

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την εκτίμηση του κινδύνου στον πόρο A1, όπου το περιστατικό ασφαλείας έχει συντελεσθεί στο πλαίσιο του υπό εξέταση σεναρίου. Ο κίνδυνος αξιολογείται από τον Πίνακα Κινδύνων (Ενότητα 5.5) σύμφωνα με τα στοιχεία πιθανοφάνειας  $A1 \{L\}$  και συνολικού κινδύνου  $A1 \{C\}$ . Η αξιολόγηση του επιπέδου κινδύνου, εκτός από το συνολικό, είναι δυνατό να αφορά και κάθε μια από τις διακριτές κατηγορίες συνεπειών.

Αξιολόγηση πιθανοφάνειας  $A1 \{L\}$

Αξιολόγηση και/Συνολικές συνέπειες  $A1 \{C\}$



### **Βήμα 3:** Εφαρμογή των διαδικασιών αντιμετώπισης του πόρου που εκτίθεται σε κίνδυνο

Ανάλογα με το υπό εξέταση σενάριο, το κεφ. 6 παρέχει μια επισκόπηση των εφαρμοσμένων διαδικασιών που επιβάλλονται (και από τους φορείς αντιμετώπισης του περιστατικού και από το φορέα λειτουργίας της υποδομής) ώστε να ληφθούν υπόψη για τη βέλτιστη απόκριση στο συμβάν που εκδηλώνεται η απειλή. Αυτές περιλαμβάνουν δύο κύριες κατηγορίες:

- i. **Αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.** Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η βέλτιστη απόκριση για το περιστατικό, πρέπει να καθοριστούν οι ακόλουθες παράμετροι: (i) ο αριθμός και το μέγεθος των ομάδων απόκρισης, (ii) η βέλτιστη διαδρομή των φορέων που ανταποκρίνονται από την αρχική τους θέση για το περιστατικό, που ενδέχεται να λάβει υπόψη και πιθανά εμπόδια στο κυκλοφοριακό δίκτυο, (iii) τον ορισμό της περιμέτρου κυκλοφορίας (ενότητα 6.4) που περιβάλλει την περιοχή του περιστατικού όπου έχει ανασταλεί η κίνηση, (iv) βέλτιστη διαδρομή στα πλησιέστερα νοσοκομεία για την περίθαλψη τραυματισμένων πολιτών.
- ii. **Αδιάλειπτη λειτουργία.** Ο κύριος στόχος του φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου και όσων επηρεάζονται άμεσα από το περιστατικό ασφαλείας που συμβαίνει στον πόρο που εκδηλώνεται το περιστατικό (A1), είναι η εξασφάλιση της μέγιστης δυνατής συνέχειας της λειτουργίας του πόρου και του δικτύου. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι αποδεκτό να οριστούν ειδικές συνθήκες αντιμετώπισης του περιστατικού από το φορέα λειτουργίας, όπως για παράδειγμα η αναστολή μέρους της λειτουργίας του δικτύου ή να γίνει προσαρμογή στις ταχέως μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Και οι δύο διαδικασίες οδηγούν σε αρκετούς πόρους του δικτύου που θεωρούνται μη λειτουργικοί και σε μια γεωγραφική διασύνδεση που εδραιώνεται με τον πόρο που εκτίθεται σε κίνδυνο.

#### **Βήμα 4: Καθορισμός των πόρων που είναι διασυνδεδεμένοι στο A1**

Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τη διαδικασία αναγνώρισης των πόρων που θα επηρεαστούν από τις συνέπειες του περιστατικού στον πόρο A1. Το νέο σύνολο των πόρων που εκτίθενται σε κίνδυνο, δηλαδή εκείνων που συνδέονται με τον A1 με οποιοδήποτε είδος σύνδεσης, καθορίζεται από (i) το είδος και τη φύση του αρχικού περιστατικού, (ii) τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της διασύνδεσης μεταξύ των πόρων. Έτσι, η προτεινόμενη προσέγγιση περιγράφεται από την ακόλουθη ορολογία: **περιστατικά ασφάλειας σε κάποιο πόρο μπορούν να προκαλέσουν περιστατικά σε διασυνδεδεμένους πόρους**. Αυτή η έννοια λαμβάνει επίσης υπόψη τους γεωγραφικά διασυνδεδεμένους πόρους που ορίζονται στο προηγούμενο βήμα που λαμβάνει υπόψη τις διαδικασίες αντιμετώπισης. Εκτός από τους διασυνδεδεμένους πόρους, μπορούν επίσης να ενεργοποιηθούν δευτερεύοντα περιστατικά για τον ίδιο πόρο. Για το σκοπό αυτό, παρέχεται ξεχωριστός Πίνακας Διάδοσης Περιστατικών (Incident Propagation Matrix / IPM) για κάθε τύπο διασύνδεσης (Φυσική / Συστημική / Γεωγραφική / Λογική), όπως καθορίζονται από τους Rinaldi et al (2001).

Επιπλέον, εξαιτίας των άκρως διασυνδεδεμένων ιδιοτήτων και της λειτουργικότητας του πόρου του δικτύου, αναμένεται ότι το περιστατικό ασφαλείας σε οποιοδήποτε πόρο, μπορεί να προκαλέσει ένα διαφορετικό περιστατικό ασφαλείας στον ίδιο πόρο, δημιουργώντας έτσι μια **αυτοδιασύνδεση (self interconnection)**.

**Βήμα 5:** Εκτίμηση της πιθανότητας έναρξης του περιστατικού στους διασυνδεδεμένους πόρους

Αυτή η διαδικασία μοντελοποιείται μέσα από τον ορισμό του Πίνακα Διάδοσης Περιστατικών (IPM), η οποία θα εξελίσσεται μέσω μιας στοχαστικής διαδικασίας τύπου αλυσίδας Markov στη διαδικασία εκτίμησης του κινδύνου. Εννοιολογικά, ο Πίνακας Διάδοσης Περιστατικών (Incident Propagation Matrix / IPM) είναι ένας πίνακας πιθανοτήτων τύπου εισροών/εκροών, όπου σαν **εισροές λαμβάνονται τα περιστατικά της ασφάλειας** (Πίνακας 5-1, ενότητα 5.2.1) και **εκροές είναι επίσης περιστατικά ασφάλειας**, στον αμέσως διασυνδεδεμένο πόρο, με την εξαίρεση των πόρων που συνδέονται γεωγραφικά και κατά περίπτωση συστημικά (π.χ. βλάβη στο σύστημα μεταφοράς δεδομένων / σηματοδότησης). Παρουσιάζει σε ενοποιημένη μορφή την πιθανότητα εμφάνισης των περιστατικών που συνδέονται με πόρους που προκύπτουν από τα αρχικά περιστατικά ασφαλείας.

Ο πίνακας περιέχει είτε συνεχείς τιμές πιθανότητας στο διάστημα [0,1] είτε εκφράζοντας την πιθανότητα σε πέντε διακριτές κατηγορίες (Παράρτημα 4), όπου κάθε κελί του Πίνακα αντιστοιχεί την ένδειξη της πιθανοφάνειας πρόκλησης ενός περιστατικού σε διασυνδεδεμένο πόρο (στήλη), που προκλήθηκε από το περιστατικό το οποίο επηρεάζει τον αρχικό πόρο (γραμμή). Αυτές οι πιθανότητες προέρχονται από μια στοχαστική διαδικασία εφοδιασμένη με την ιδιότητα του Markov «μη μνήμης», υπό την έννοια ότι η δυνατότητα μελλοντικών περιστατικών που θα συμβούν σε διασυνδεδεμένους πόρους οι οποίοι βασίζονται εξ' ολοκλήρου στο αρχικό περιστατικό και όχι τυχόν προηγούμενα περιστατικά που προηγούνται, όπως φαίνεται στον ορισμό παρακάτω:

$P$  (Περιστατικό  $k$  που συμβαίνει στον πόρο  $l$  αφού το περιστατικό  $i$  έχει ήδη συμβεί στον διασυνδεδεμένο πόρο  $j$ ) =  $P_{(i,j)/(k,l)}$ .

$P_{(i,j)/(k,l)} = \mathbf{F}$  (Συζεύξεις πόρων, περιστατικών ασφαλείας, τύπου διασυνδέσεων, χαρακτηριστικά πόρων)

Καθώς προκαλούνται περιστατικά σε διασυνδεδεμένους πόρους, η πιθανοφάνεια των επόμενων περιστατικών υπολογίζεται με βάση την πιθανότητα του προηγούμενου περιστατικού πολλαπλασιαζόμενου επί την πιθανότητα της τρέχουσας επέλευσης περιστατικού, δεδομένου ότι το προηγούμενο περιστατικό έχει ήδη συμβεί. Αυτό βασίζεται στον ορισμό της δεσμευμένης πιθανότητας που ορίζεται ως:

$$P(B \cap A) = P(B|A)P(A)$$

όπου A είναι το αρχικό περιστατικό και B είναι το τρέχον περιστατικό που θεωρείται ότι συμβαίνει την τρέχουσα χρονική στιγμή,  $P(B \cap A)$  είναι η πιθανότητα του A και B να συμβαίνουν ταυτόχρονα και  $P(B|A)$  είναι η δεσμευμένη πιθανότητα του B να συμβεί αφού έχει συμβεί το A. Προκειμένου να εφαρμοστεί αυτή η αρχή σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται μια 5-βάθμιας κλίμακας πιθανοφάνεια, ορίζουμε τον «Πίνακα Πιθανοφάνειας» (Likelihood Matrix), ο οποίος αποτελεί εργαλείο για χαρτογράφηση των πιθανοτήτων του αρχικού περιστατικού και της δυννητικής πιθανότητας που βρέθηκε στο IPM με την πιθανότητα να συμβούν τα δύο περιστατικά.

**Πίνακας 5-16: Πίνακας πιθανοφάνειας (ΠΠ)**

Κατηγορία πιθανοφάνειας	Επίπεδα πιθανοφάνειας	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	ΒΕΒΑΙΗ
		Μηδέν έως 0,2	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1
ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	Μηδέν έως 0,2	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ
ΜΙΚΡΗ	0,2 - 0,4	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ
ΜΕΤΡΙΑ	0,4 - 0,6	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ
ΜΕΓΑΛΗ	0,6 - 0,8	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ
ΒΕΒΑΙΗ	0,8 - 1	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	ΒΕΒΑΙΗ

Γενικά, οι Πίνακες Διάδοσης Περιστατικών πρέπει να είναι διαφορετικοί για κάθε τύπο διασύνδεσης. Συνοπτικά, οι πίνακες αυτοί παρουσιάζονται στο Παράρτημα 4, όπου κάθε είδος διασύνδεσης μεταξύ των πόρων μπορεί να αποτελέσει ένα μονοπάτι μέσω του οποίου

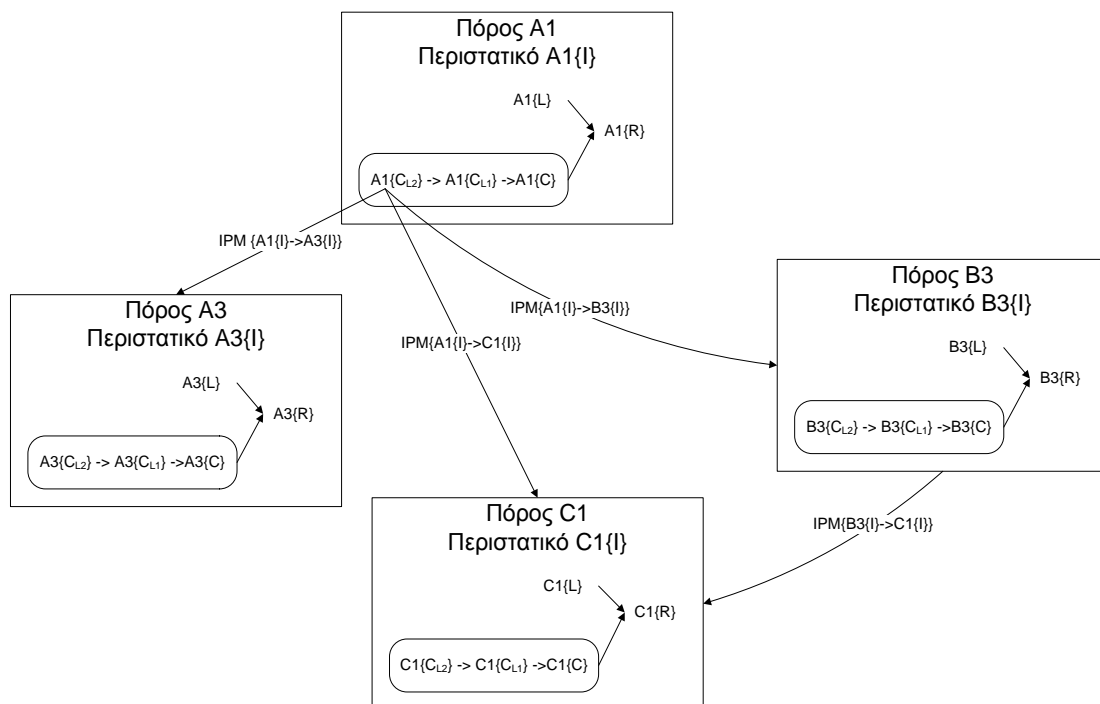


μπορεί να ενεργοποιηθεί ένα περιστατικό ασφαλείας. Χρησιμοποιείται η ακόλουθη σημειογραφία:

- P για τη φυσική διασύνδεση
- S για τη διασύνδεση των συστημάτων
- G για γεωγραφική διασύνδεση
- L για λογική διασύνδεση
- F για την αυτοδιασύνδεση

Για παράδειγμα, ένα συμβολικό γράμμα P στο παράρτημα 4 δείχνει ότι ένα περιστατικό στον πόρο A1, θα είχε **μη μηδενική πιθανότητα** πρόκλησης ενός νέου περιστατικού που να επηρεάζει τη φυσική διασύνδεση πόρου με το συγκεκριμένο τύπο.

Πρέπει να τονιστεί ότι ο Πίνακας Διάδοσης Περιστατικών *δεν παρέχει μοναδική "1 προς 1" αντιστοιχία των περιστατικών, υπό την έννοια ότι ένα συγκεκριμένο περιστατικό μπορεί να προκαλέσει πολλαπλά περιστατικά στο διασυνδεδεμένο πόρο του ίδιου ή άλλου δικτύου «1 προς πολλά»*. Επίσης, διαφορετικά αρχικά περιστατικά μπορούν να οδηγήσουν στο ίδιο δευτερογενές περιστατικό «πολλά προς 1». (Εικόνα 5-6)



**Εικόνα 5-6: Προσέγγιση διάδοσης κινδύνων σε ετερογενείς πόρους του τομέα μεταφορών**

### **Βήμα 6: Εκτίμηση κινδύνου διασυνδεδεμένων πόρων**

Ο κίνδυνος στο διασυνδεδεμένο/συνδεδεμένο πόρο υπολογίζεται με βάση την κύρια προσέγγιση (Βήματα 1 και 2). Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι: **Η πιθανοφάνεια αλυσιδωτού περιστατικού ισούται με την τιμή πιθανότητας που ορίζεται από τη διαδικασία που εκτιμάται στο βήμα 5. Συνεπώς, η αρχική πιθανότητα να συμβεί το περιστατικό στον πόρο A1 και η πιθανότητα διάδοσης  $P_{(A3),(A1)}$  στον διασυνδεδεμένο πόρο υπολογίζονται μέσω του IPM.**

Έτσι, σε συμβολικό επίπεδο έχουμε:

$$P_{(A3),(A1)} = IPM_{(A3),(A1)}$$

$$A3 \{L\} = ΠΠ \{A1 \{L\} * IPM_{(A3),(A1)}\}$$

$$C1 \{L\} = ΠΠ \{A1 \{L\} * IPM_{(C1),(A1)}\}$$

$$B3 \{L\} = ΠΠ \{A1 \{L\} * IPM_{(B3),(A1)}\}$$

Η πιθανοφάνεια μεταφράζεται στις πέντε κατηγορίες πιθανοτήτων, σε περίπτωση που παρέχεται σε συνεχή αριθμητική τιμή, έτσι ώστε να συνεχιστεί η προσδιορισμένη διαδικασία ανάλυσης κινδύνων. Οι συνέπειες, κατ' αρχήν, είναι διαφορετικές για κάθε πόρο και είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών συνεπειών των αλυσιδωτών περιστατικών.

### **Βήμα 7: Τερματισμός περιστατικού**

Τα μελλοντικά περιστατικά που σχετίζονται με μη μηδενικές πιθανότητες δεν μπορούν ποτέ να μηδενιστούν, δεδομένου ότι πολλαπλασιάζονται με μη μηδενικές πιθανότητες. Κάτι τέτοιο μπορεί να προκαλέσει έναν ατελείωτο κύκλο που δεν εξυπηρετεί σχεδόν κανέναν άλλο σκοπό εκτός από την υπερφόρτωση του συστήματος με την ύπαρξη ασήμαντων περιστατικών. Για τον περιορισμό αυτής της κατάστασης θέσαμε ένα όριο πιθανότητας βάσει του οποίου υπολογίζονται οι πιθανότητες που θεωρούνται πρακτικά μηδενικές και τερματίζεται η διάδοση των περιστατικών από το συγκεκριμένο περιστατικό.

## **5.8 Διάδοση κινδύνων με επιλογές μετριασμού**

### **5.8.1 Μοντελοποίηση μέτρων ελέγχου**

Για να ενσωματωθεί η έννοια των μέτρων ελέγχου και περιορισμού κινδύνων στη συνολική διαδικασία εκτίμησης και διαχείρισης της επικινδυνότητας, εισάγεται στο πλαίσιο ο Πίνακας

Μετριασμού Κινδύνων (Risk Mitigation Matrix / RMM). Πρόκειται για έναν αμφίδρομο πίνακα που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της αρχικής εκτίμησης πιθανοφάνειας ή/και της συνέπειας της απειλής ενός πόρου με βάση τα διαθέσιμα προληπτικά μέτρα, που μπορούν να μειώσουν την πιθανότητα μιας απειλής, τις συνέπειές της ή και τα δύο. Οι στήλες του πίνακα αντιπροσωπεύουν τα διαφορετικά επίπεδα αποτελεσματικότητας του συνόλου των μέτρων ελέγχου κινδύνων και κυμαίνονται από «Αναποτελεσματικά» ως «Πολύ αποτελεσματικά». Το αρχικό επίπεδο που εκτιμάται για την πιθανότητα ή τη συνέπεια (γραμμές) μπορεί να μειωθεί με διαφορετικό αριθμό επιπέδων με βάση την αποτελεσματικότητα των μέτρων ελέγχου των κινδύνων. Η εκροή του πίνακα (κελιά) αντιπροσωπεύει τον υπολογισμό του επιπέδου αναθεωρημένης πιθανότητας ή συνέπειας για τη συγκεκριμένη απειλή του εν λόγω πόρου, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα σχετικά μέτρα ελέγχου των κινδύνων.

**Πίνακας 5-17: Πίνακας μετριασμού πιθανότητας (LMM)**

Αποτελεσματικότητα μέτρων ελέγχου κινδύνων

Αρχική εκτίμηση πιθανότητας	Πολύ αποτελεσματικά	Αποτελεσματικά	Σχετικά αποτελεσματικά	Αρκετά αποτελεσματικά	Αναποτελεσματικά	
	Βέβαιη	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Μεγάλη	Βέβαιη
	Μεγάλη	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Μεγάλη
	Μέτρια	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
	Χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή
	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή

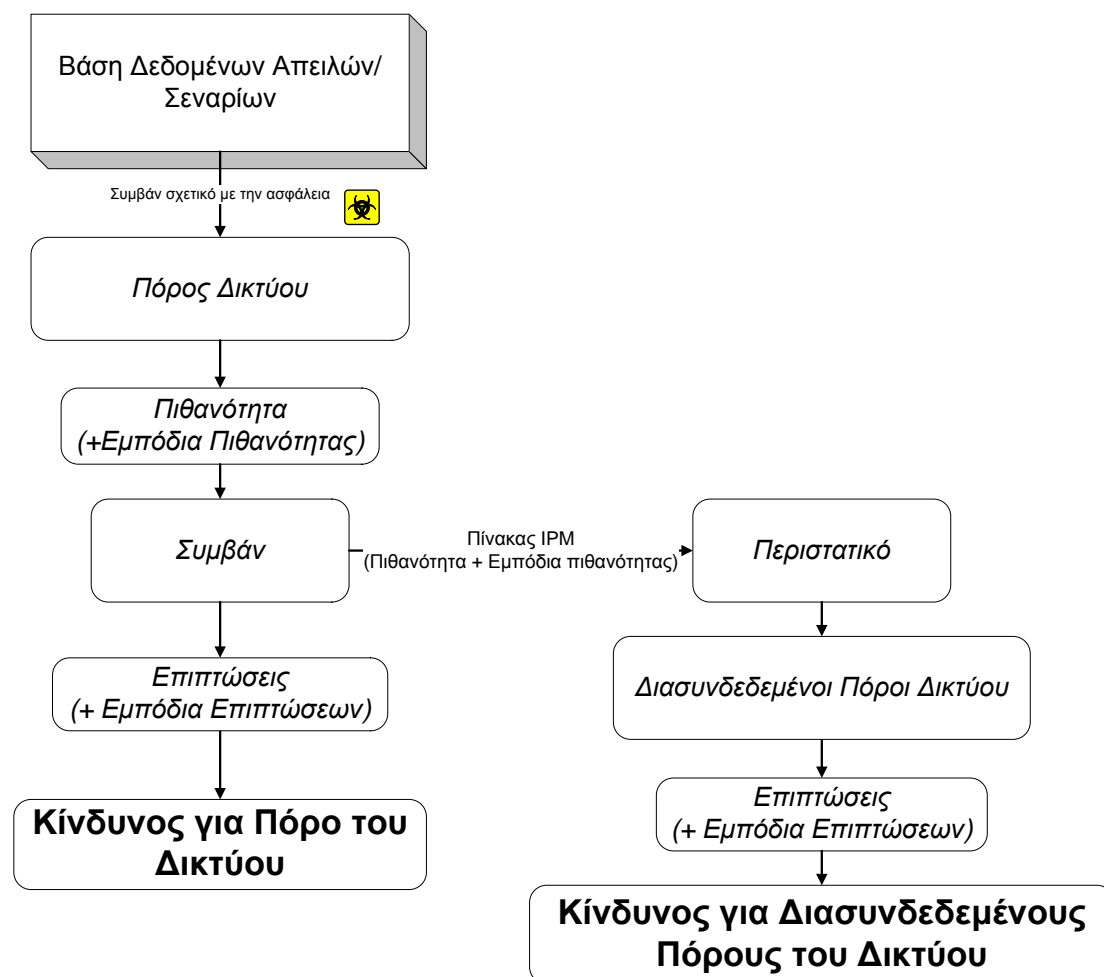
**Πίνακας 5-18: Πίνακας Μετριασμού Συνεπειών (CMM)**

Αποτελεσματικότητα μέτρων ελέγχου κινδύνων

Αρχικός υπολογισμός συνεπειών	Πολύ αποτελεσματικά	Αποτελεσματικά	Σχετικά αποτελεσματικά	Αρκετά αποτελεσματικά	Αναποτελεσματικά	
	Σοβαρή	Αμελητέα	Μικρή	Μέτρια	Μεγάλη	Σοβαρή
	Μεγάλη	Αμελητέα	Αμελητέα	Μικρή	Μέτρια	Μεγάλη
	Μέτρια	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα	Μικρή	Μέτρια
	Μικρή	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα	Μικρή
	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα

## 5.8.2 Διάδοση κινδύνων

Εφαρμόζεται μια παρόμοια προσέγγιση όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, αλλά τα ειδικά επιλεγμένα μέτρα μετριασμού (mitigation) εφαρμόζονται είτε επί του πόρου που εκτίθεται σε κίνδυνο είτε σε οποιοδήποτε πόρο του δικτύου των δικτύων.



Εικόνα 5-7: Εισαγωγή μετριασμού κινδύνων στη διαδικασία εκτίμησης των κινδύνων

**Βήμα 1:** Ορισμός πλαισίου σεναρίου και περιγραφή των μέτρων μετριασμού κινδύνων (κατά περίπτωση).

Πρώτα απ' όλα, είναι σημαντικό να καθοριστεί το επιθυμητό επίπεδο μετριασμού του κινδύνου όσον αφορά τις ιδιότητές του, (αποτελεσματικότητα, κόστος), όπως προτείνεται στο πλαίσιο της ανάλυσης κινδύνων. Μόλις οριστούν αυτά, στη συνέχεια εκτιμάται ο πίνακας μετριασμού πιθανοτήτων.

**Απόκτηση εκτίμησης κατηγορίας της πιθανοφάνειας  $A_{LM}\{L\}$  που βρίσκεται από το προϊόν του αρχικού πίνακα  $A\{L\}$  και του πίνακα μετριάσμου πιθανοτήτων**

$$A_{LM}\{L\} = A\{L\} \times LMM$$

Οι **συνέπειες** του περιστατικού **επί του πόρου A1 θα τροποποιηθούν με τον Πίνακα Μετριάσμου Συνεπειών**, υπό την προϋπόθεση ότι το αντίστοιχο μέτρο ελέγχου κινδύνων επηρεάζει τουλάχιστον μία κατηγορία των συνεπειών

$$A_{CM}\{C\} = A\{C\} \times CMM$$

**Βήμα 2: Αξιολόγηση κινδύνου περιστατικού στον Πόρο A1.**

Ο κίνδυνος εκτιμάται από τον Πίνακα κινδύνου σύμφωνα με τις εκροές  $A_{LM}\{L\}$  και  $A_{CM}\{C\}$ .

**Βήμα 3: Εφαρμογή διαδικασιών αντιμετώπισης του πόρου που εκτίθεται σε κίνδυνο**

Όπως και προηγούμενα (βήμα 3 – ενότητα 5.7), εφαρμόζονται οι διαδικασίες αντιμετώπισης του περιστατικού τόσο από την πλευρά των φορέων / οργανισμών απόκρισης όσο και για την αδιάλειπτη λειτουργία του δικτύου.

**Βήμα 4: Καθορισμός πόρων που είναι διασυνδεδεμένοι στο A1**

Όπως και προηγούμενα (βήμα 4 – ενότητα 5.7) καθορίζονται οι διασυνδεδεμένοι πόροι στο A1.

**Βήμα 5: Εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης του περιστατικού στους διασυνδεδεμένους πόρους**

Όπως και προηγούμενα (βήμα 5 – ενότητα 5.7) υπολογίζεται η πιθανότητα εμφάνισης ενός περιστατικού σε διασυνδεδεμένο πόρο, ενώ μπορεί να ληφθεί υπόψη η εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών μετριάσσης της πιθανότητας διάδοσης και οι επιπτώσεις αυτών από τον Πίνακα LMM.

### **Βήμα 6: Εκτίμηση κινδύνου διασυνδεδεμένων πόρων**

Και πάλι ο Πίνακας Διάδοσης Περιστατικών θα πρέπει να τροποποιηθεί σύμφωνα με τον Πίνακα Μετριάσμου Πιθανοτήτων, έτσι ώστε οι πιθανότητες να έχουν ενημερωμένη τιμή με βάση τις παραμέτρους που καθορίζουν την επιλογή ελέγχου των κινδύνων. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται μόνο εάν έχει επιλεγεί ένα κατάλληλο μέτρο ελέγχου.

### **Βήμα 7: Τερματισμός περιστατικού**

Τα μελλοντικά περιστατικά που σχετίζονται με μη μηδενικές πιθανότητες δεν μπορούν ποτέ να μηδενιστούν, δεδομένου ότι πολλαπλασιάζονται με μη μηδενικές πιθανότητες. Αυτό μπορεί να προκαλέσει έναν ατελείωτο κύκλο που δεν εξυπηρετεί σχεδόν κανέναν άλλο σκοπό εκτός από την υπερφόρτωση του συστήματος με την ύπαρξη ασήμαντων περιστατικών. Για να περιοριστεί αυτή η κατάσταση θέσαμε ένα όριο πιθανότητας βάσει του οποίου υπολογίζονται οι πιθανότητες που θεωρούνται πρακτικά μηδενικές και τερματίζεται η διάδοση των περιστατικών από το εν λόγω περιστατικό. (τιμή κατωφλίου - threshold value)

## **5.9 Υπολογισμός αποτελεσματικότητας μέτρων ελέγχου κινδύνων**

Τα κριτήρια αξιολόγησης των κινδύνων καθορίζουν το επίπεδο του κινδύνου που είναι πρόθυμα να δεχθούν τα μέλη της ομάδας εκτίμησης κινδύνων. Βασικά, τα κριτήρια είναι η αντιστοίχιση των επιπέδων κινδύνου με την απόφαση είτε να γίνει αποδεκτός ο κίνδυνος είτε να αξιολογηθεί για περαιτέρω πιθανή αντιμετώπιση. *Για να μιλήσουμε για τα επίπεδα κινδύνου, είναι εξαιρετικά σημαντικό πρώτα να καθορίσουμε τη λειτουργία του κινδύνου (risk function).* Η λειτουργία του κινδύνου είναι η αντιστοίχιση ζευγών συνεπειών με την πιθανότητα των επιπέδων κινδύνου. Κατά την αντιμετώπιση μιας αλλαγής στόχου για το επίπεδο του κινδύνου κατά την ανάλυση, μπορεί να προκύψουν αλλαγές στα κριτήρια αξιολόγησης κινδύνων. Αυτό μπορεί να συμβεί, επειδή αλλάζουν οι πόροι και η κατάσταση τους στο δίκτυο, η αξία των πόρων ή επειδή είναι πιθανό να υπάρξει αλλαγή της κατανόησης ή/και ανοχής σε κάποια επίπεδα κινδύνου. Κατά συνέπεια, επιβάλλεται να καθοριστούν τα κριτήρια αξιολόγησης των κινδύνων για το στόχο της ανάλυσης τόσο πριν όσο και μετά τις αλλαγές.

Η προτεινόμενη προσέγγιση για την επίτευξη της πλήρους αυτής ανάλυσης ακολουθεί τα παρακάτω βήματα.

- Βήμα 1: Καθορισμός της τρέχουσας κατάστασης του πόρου μεταφοράς ή/και του

δικτύου ή/και του δικτύου των δικτύων

- Βήμα 2: Καθορισμός/ιεράρχηση πόρων που δεν βρίσκονται σε αποδεκτά επίπεδα κινδύνου
- Βήμα 3: Επιλογή/καθορισμός των κατάλληλων αντιμέτρων από τις υπάρχουσες βάσεις δεδομένων. Επίσης, καθορισμός των ιδιοτήτων τους (αποτελεσματικότητα).
- Βήμα 4: Εφαρμογή διαδικασίας εκτίμησης κινδύνων λαμβάνοντας υπόψη την επιλογή ενός ή περισσότερων αντιμέτρων. Τα συνολικά έξοδα των αντιμέτρων περιλαμβάνουν: (α) το κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης των αντιμέτρων και (β) το κόστος αποφυγής, όπως εκτιμάται στην ενότητα των συνεπειών. Όλες οι οικονομικές εκτιμήσεις, πρέπει να μετατραπούν σε καθαρή τρέχουσα αξία και κοινή νομισματική μονάδα.
- Βήμα 5: εφαρμογή μιας σειράς δεικτών που θα εξετάζει τα επίπεδα κινδύνου και θα τα συγκρίνει με εναλλακτικές λύσεις καθώς και το βασικό σενάριο από την επανάληψη των βημάτων 3-5.

Προτεινόμενοι δείκτες εκτίμησης επικινδυνότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση και ποσοτικοποίηση μπορούν περαιτέρω να κατηγοριοποιηθούν σε (Ronda 2001):

1. **Οργανωτικές μετρικές:** Χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να παρακολουθήσουν την αποτελεσματικότητα των οργανωτικών προγραμμάτων και διαδικασιών. Υποστηρίζουν τόσο στρατηγικές όσο και τακτικές αποφάσεις σχετικά με τη χρήση των πόρων ενός οργανισμού. Οι στρατηγικές αποφάσεις περιλαμβάνουν επενδύσεις σε τεχνολογίες, καθώς και τη δημιουργία, τη διατήρηση και τη λήξη των προγραμμάτων και τμημάτων προγραμμάτων ασφαλείας. Αποφάσεις τακτικής περιλαμβάνουν την κατανομή πόρων που εμπίπτουν στον προϋπολογισμό σε συνδυασμό με τμήματα προγραμμάτων και δραστηριότητες ασφαλείας. Οι οργανωτικές μετρικές χρησιμοποιούνται συχνά σε εντολές απόδοσης ή αναφορές συμμόρφωσης και γενικά συνδέονται με πρότυπα καλής πρακτικής.
2. **Επιχειρησιακές μετρικές:** Χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να διαχειριστούν κινδύνους σε επιχειρησιακά περιβάλλοντα, συμπεριλαμβανομένων και των χρησιμοποιούμενων συστημάτων και πρακτικών λειτουργίας. Οι επιχειρησιακές μετρικές βρίσκουν εφαρμογή στα συστήματα και τους οργανισμούς εντός επιχειρησιακού περιβάλλοντος. Οι επιχειρησιακές μετρικές που σχετίζονται με την ασφάλεια περιλαμβάνουν μέτρα επιχειρησιακής ετοιμότητας ή μια στάση ασφαλείας. Δηλαδή, με πόση συνέπεια αναμένεται ένα σύστημα ή οργανισμός να εκτελέσει σε κατάσταση

απειλής, μέτρα που χρησιμοποιούνται στον τομέα διαχείρισης κινδύνων, συμπεριλαμβανομένων των επιδόσεων ασφάλειας, τη συμμόρφωση, καθώς και μετρικές κινδύνου, μετρικές που περιγράφουν τη κατάσταση απειλής, μετρικές που υποστηρίζουν αντιμετώπιση περιστατικών και διαχείρισης ευπάθειας, και άλλες μετρικές που παράγονται ως μέρος της κανονικής λειτουργίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα.

3. **Τεχνικές μετρικές:** Χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να συγκρίνουν τεχνικά αντικείμενα, π.χ., αλγόριθμους, προδιαγραφές, αρχιτεκτονικές και εναλλακτικά σχέδια, προϊόντα, και εφαρμοσμένα συστήματα. Οι τεχνικές μετρικές υποστηρίζουν την επιλογή προϊόντων, τεχνολογιών και αρχιτεκτονικών πληροφορικής, καθώς επίσης χρησιμεύουν και ως βάση για λειτουργικές μετρικές ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου στο οποίο βρίσκεται ένα σύστημα κατά τη λειτουργία του σε ένα συγκεκριμένα διαμορφωμένο περιβάλλον. Οι τεχνικές μετρικές σχετίζονται γενικά με τις τεχνικές προδιαγραφές.

Αυτές οι κατηγορίες των μετρικών ασφαλείας συχνά συμπίπτουν, επειδή πολλά πρότυπα ασφαλείας περιλαμβάνουν οργανωτικά, λειτουργικά αλλά και τεχνικά στοιχεία. Ειδικότερα, μετρικές που υποστηρίζουν τις διαδικασίες πιστοποίησης και διαπίστευσης ασφαλείας έχουν συχνά λειτουργικά, αλλά και τεχνικά στοιχεία. Ο Vaughan (2003) βελτίωσε αυτή την ευρεία κατηγοριοποίηση σε μια πιο λεπτομερή ταξινόμηση. Το ενδιαφέρον για τον καθορισμό και τη χρήση μετρικών ασφαλείας έχει αυξηθεί για νομοθετικούς, κανονιστικούς και εμπορικούς λόγους.

Για την οικονομική αποτίμηση συνηθέστερα χρησιμοποιείται μια ανάλυση κόστους οφέλους. Τα κόστη και τα οφέλη (συμπεριλαμβανομένων και των εμμέσων όπως περιβαλλοντικά, κοινωνικά εκτός από τα οικονομικά) πρέπει να προσδιορίζονται ποσοτικά όσο το δυνατό σε μεγαλύτερη έκταση, με χρηματοοικονομικούς όρους. Στοιχεία της Ανάλυσης Κόστους Οφέλους

- Χρηματοροές
- Παρούσα Αξία (PV)
- Μέθοδοι Υπολογισμού Αποδοτικότητας μιας Ενδεχόμενης Επένδυσης
  - Περίοδος Αποπληρωμής
  - Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)
  - Εσωτερικός Δείκτης Απόδοσης (Internal Return Route - IRR)
  - Δείκτης Αποδοτικότητας
- Απόσβεση



## 6 Διαδικασίες απόκρισης σε περιστατικά

Για την πληρέστερη διαχείριση των κινδύνων είναι απαραίτητη η συνεργασία μεταξύ φορέων με διαφορετικές νομικές οντότητες και πλαίσια λειτουργίας, καθώς και η χρήση διαφορετικών μέσων και πόρων (τεχνολογίες, εκπαίδευση, κλπ) είναι να μειώσουν τα επίπεδα κινδύνου. Αυτά περιλαμβάνονται με σαφήνεια στο ολιστικό πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου που προτείνεται στην παρούσα διατριβή. Ειδικότερα αυτή η ενότητα παρέχει μια σύνοψη των διαδικασιών που ακολουθούν οι φορείς απόκρισης σε περιστατικά που σχετίζονται με την ασφάλεια κρίσιμων υποδομών και πιο συγκεκριμένα των επίγειων μεταφορών. Οι εμπλεκόμενοι φορείς καλύπτουν όλο το πιθανό φάσμα αναγκών και διαφορετικών περιστατικών που υπάρχει ο σωστός συντονισμός σε επίπεδο διοίκησης και ελέγχου καθώς και η βέλτιστη χρησιμοποίηση των διαθέσιμων πόρων. Επίσης παρουσιάζεται η βάση για την εισαγωγή ενός συνολικού σχεδίου προστασίας κρίσιμων υποδομών που θα συμπληρώνει το μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας.

### 6.1 Φάσεις χρονικής εξέλιξης περιστατικών

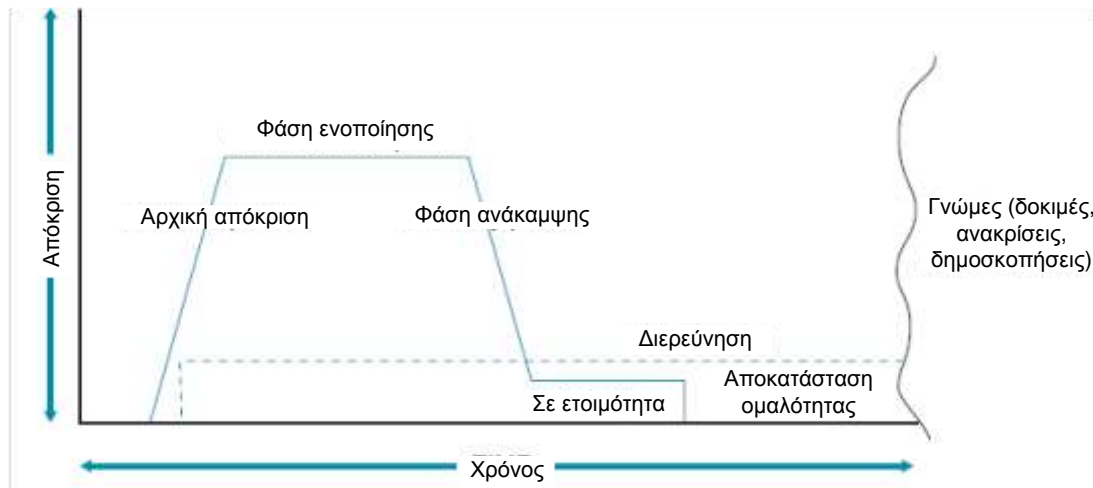
Κάθε περιστατικό έκτακτης ανάγκης απαιτεί την εφαρμογή ειδικών διευθετήσεων από μία ή περισσότερες υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και περιλαμβάνει την άμεση ή έμμεση συμμετοχή μεγάλου αριθμού ατόμων. Στο προτεινόμενο πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων, αυτή η σειρά δράσεων επηρεάζει τον παράγοντα «αδιάλειπτης λειτουργίας» για τον ακριβή προσδιορισμό των συνεπειών. Για παράδειγμα:

- η διάσωση και μεταφορά μεγάλου αριθμού τραυματιών
- οι συνδυασμένοι πόροι μεγάλης κλίμακας των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης
- η κινητοποίηση και η οργάνωση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και των υπηρεσιών υποστήριξης
- ο χειρισμός μεγάλου αριθμού ερωτήσεων που είναι πιθανό να προκύψουν τόσο από το κοινό όσο και από τα μέσα ενημέρωσης (συνήθως απευθύνονται στην αστυνομία).

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6-1, η πλειονότητα σοβαρών περιστατικών μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει τέσσερα στάδια σε σχέση με την απόκριση:

- αρχική απόκριση (initial response)
- φάση ενοποίησης (consolidation phase)

- φάση ανάκτησης (recovery phase)
- αποκατάσταση ομαλότητας (restoration of normality)



**Εικόνα 6-1: Χρονικά στάδια σοβαρών περιστατικών<sup>44</sup>**

Οι διαδικασίες απόκρισης σε περιστατικά έχουν εγγενείς γεωχωρικές ιδιότητες αλλά και διάφορα μοναδικά χαρακτηριστικά (GITA, 2008):

1. Οι υποδομές έκτακτης ανάγκης (emergency response infrastructures) είναι διασυνδεδεμένες εξασφαλίζοντας έτσι ότι εφόσον «ασφαλίσουν» μια υποδομή θα ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις προς τις υπόλοιπες υποδομές
2. Οι υποδομές έκτακτης ανάγκης στις περισσότερες περιπτώσεις βασίζονται η μια στην άλλη.
3. Οι υποδομές έκτακτης ανάγκης είναι από κάθε άποψη φορητές/κινητές ενώ τα λοιπά στοιχεία των κρίσιμων υποδομών είναι στην πλειοψηφία τους στατικά.
4. Οι υποδομές έκτακτης ανάγκης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και από τις τοπικές υποδομές κατά τη διάρκεια μιας κρίσης.

<sup>44</sup> Προσαρμογή από ESRIF Final Report, p. 102., ESRIF Final Report, pp. 101-102.  
[http://ec.europa.eu/enterprise/policies/security/files/esrif\\_final\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/security/files/esrif_final_report_en.pdf)

## 6.2 Διοίκηση και έλεγχος

Τα τελευταία χρόνια έχει καταστεί σαφής η ανάγκη για μια ενιαία δομή διοίκησης, συντονισμού και ελέγχου στον τρόπο αντιμετώπισης περιστατικών ασφάλειας εξαιτίας του ότι:

- Πολλά και διαφορετικά περιστατικά, όπως διαδηλώσεις, πυρκαγιές, πλημμύρες και σεισμοί δεν αντιμετωπίζονται σύμφωνα με τα όρια της δικαιοδοσίας κάθε φορέα.
- Η ευθύνη ενός φορέα και η αρμοδιότητά του περιορίζονται συνήθως στα όρια της δικαιοδοσίας του.

Η έννοια ενός ενιαίου κέντρου ελέγχου σημαίνει απλώς ότι όλοι οι φορείς που έχουν συγκεκριμένη ευθύνη δικαιοδοσίας συμβάλλουν στην παρακάτω διαδικασία όταν προκύψει ένα περιστατικό που εκτείνεται σε πολλαπλούς τομείς:

- Καθορισμό των συνολικών στόχων αντιμετώπισης του περιστατικού.
- Επιλογή στρατηγικών και μεθοδευμένων επιχειρήσεων.
- Ολοκλήρωση κατάλληλων μεθοδευμένων επιχειρήσεων.
- Μέγιστη χρήση όλων των εκχωρημένων πόρων.

Η κατάλληλη επιλογή των συμμετεχόντων που θα ασχοληθούν με τη δομή του ενιαίου κέντρου ελέγχου εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Τοποθεσία περιστατικού, π.χ. πολιτικές δικαιοδοσίες που εμπλέκονται;
- Είδος περιστατικού, π.χ. λειτουργικοί φορείς εμπλεκόμενων δικαιοδοσιών

Η δομή ενός ενιαίου κέντρου ελέγχου αποτελείται από έναν αρμόδιο υπάλληλο κάθε εμπλεκόμενου φορέα, όταν πρόκειται για περιστατικό που εκτείνεται σε πολλούς τομείς, ή από έναν βασικό διαχειριστή ασφάλειας (security manager) από κάθε λειτουργικό τμήμα/τομέα με ενιαία πολιτική δικαιοδοσία. Οι συλλογικοί στόχοι και οι στρατηγικές περιστατικών που εκτείνονται σε πολλές δικαιοδοσίες θα πρέπει να υποβάλλονται εγγράφως. Οι στόχοι και οι στρατηγικές στη συνέχεια καθοδηγούν την ανάπτυξη του σχεδίου δράσης. Υπό τη δομή του ενιαίου κέντρου ελέγχου, η υλοποίηση του σχεδίου δράσης εξακολουθεί να πραγματοποιείται υπό την καθοδήγηση ενός μόνο ατόμου που του ανατίθεται ο τομέας επιχειρήσεων.

## 6.2.1 Δομή και επίπεδα διοίκησης

Οι επιχειρήσεις ασφαλείας στα δίκτυα επίγειων μεταφορών αντιμετωπίζονται κυρίως από το ένστολο προσωπικό της χώρας, σε συνεργασία με το φορέα λειτουργίας του, και έτσι φαίνεται ότι προκρίνεται σαν βέλτιστη μια κάθετη δομή διοίκησης, που ενσωματώνει όλους τους εμπλεκόμενους φορείς διασφαλίζοντας το επίπεδο της δικής τους συμμετοχής. Η παρακάτω δομή διοίκησης μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό δείγμα αυτών των επιχειρήσεων, ιδιαίτερα όταν παίρνει χαρακτήρα κλιμακούμενου κρίσιμου περιστατικού ή γενικευμένης κρίσης. Κάθε στοιχείο αυτής της δομής διοίκησης που έχει την ευθύνη της λήψης αποφάσεων, σε οποιοδήποτε επίπεδο, θεωρείται διεύθυνση κρίσης.

- **Συμβούλιο Διαχείρισης Κρίσεων (πολιτικό-στρατηγικό επίπεδο)**
  - ✓ Αποφασίζει εάν θα χαρακτηριστεί ένα κρίσιμο περιστατικό ως κρίση που επηρεάζει την εσωτερική ασφάλεια της χώρας.
  - ✓ Παρέχει κατευθύνσεις στο Διοικητή Περιστατικών σχετικά με την πολιτική ασφαλείας για την αντιμετώπιση της κρίσιμης κατάστασης.
  - ✓ Αποφασίζει για την κλιμάκωση και διάθεση των πόρων που σχετίζονται με θέματα εσωτερικής ασφάλειας ολόκληρου του κρατικού μηχανισμού.
  - ✓ Αποφασίζει για θέματα διεθνούς βοήθειας. (Στη χώρα μας ο ρόλος αυτός έχει ανατεθεί στη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας).
  
- **Διοίκηση περιστατικών (Incident Command - επιχειρησιακό επίπεδο)**
  - ✓ Διοικεί, ελέγχει, συντονίζει και εποπτεύει τις δυνάμεις και τους πόρους που εμπλέκονται στην αντιμετώπιση του περιστατικού.
  - ✓ Θέτει προτεραιότητες, υιοθετεί, προσαρμόζει ή απορρίπτει σχέδια και επιλογές του διοικητή σκηνής και αποφασίζει τις άμεσες ενέργειες και τα μέτρα που σχετίζονται με τη διάσωση της ανθρώπινης ζωής, την προστασία της υγείας, την προστασία της δημόσιας και ιδιωτικής περιουσίας καθώς και τα μέτρα για τη διατήρηση του ελέγχου και της σταθεροποίησης του περιστατικού.
  - ✓ Δίνει οδηγίες στο διοικητή σκηνής, συνεργάζεται στενά μαζί του και διασφαλίζει ότι το περιστατικό αντιμετωπίζεται σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια.
  - ✓ Βρίσκεται σε μόνιμη επαφή και συνεργασία με όλους τους φορείς που ενδέχεται

να συμβάλλουν στην επιτυχή αντιμετώπιση του περιστατικού και τους κινητοποιεί, όταν κρίνεται απαραίτητο, σύμφωνα με την κλιμάκωση του συμβάντος και την πρόοδο της επιχείρησης.

- ✓ Πολλοί διοικητές σκηνών δύνανται να αναφέρονται στο διοικητή περιστατικού.

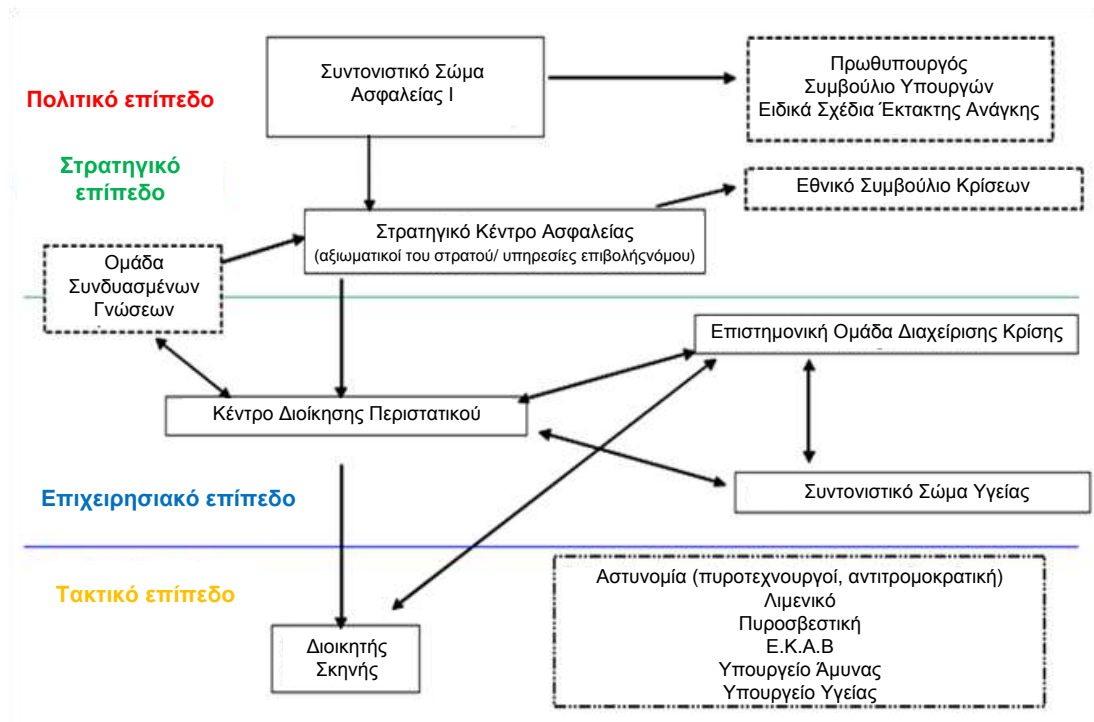
- ***Διοίκηση σκηνής (Scene Command - τακτικό επίπεδο)***

- ✓ Διεξάγει όλες τις δραστηριότητες που είναι απαραίτητες για τη συγκράτηση και τον περιορισμό του περιστατικού, αντιμετωπίζει τα θύματα και φροντίζει την απομάκρυνσή τους, προστατεύει τον πληθυσμό και το περιβάλλον ενώ διασφαλίζει την ελαχιστοποίηση της ζημίας σε περιουσίες.
- ✓ Αξιολογεί την κατάσταση και ενημερώνει αναλόγως το διοικητή περιστατικού.
- ✓ Οριοθετεί την εσωτερική περίμετρο ασφαλείας γύρω από την περιοχή του περιστατικού, ανάλογα με τη φύση της, επεκτείνει και αναθέτει ειδικές αρμοδιότητες διαχείρισης σε στελέχη των αντίστοιχων ειδικών υπηρεσιών.
- ✓ Οριοθετεί την εξωτερική περίμετρο ασφαλείας, το εύρος της οποίας μπορεί να τροποποιηθεί σύμφωνα με το έδαφος, το περιβάλλον, τη σοβαρότητα του περιστατικού και το είδος του κινδύνου. Μπορεί να ζητήσει επιπλέον βοήθεια από το διοικητή περιστατικού, εφόσον απαιτείται.
- ✓ Δίνει εντολές, συντονίζει, ελέγχει και αξιοποιεί τις δυνάμεις και τα μέσα όλων των εμπλεκόμενων φορέων και υπηρεσιών που έχουν χρησιμοποιηθεί στην περιοχή του περιστατικού.
- ✓ Αναλαμβάνει τακτικές επιχειρησιακές δράσεις και πρωτοβουλίες, και αναφέρει δεδομένα και πληροφορίες στο διοικητή περιστατικού.
- ✓ Λαμβάνει μέτρα για την προστασία της ζωής και της υγείας του προσωπικού του, των θυμάτων και των περαστικών ή των θεατών καθώς και της δημόσιας και ιδιωτικής περιουσίας.
- ✓ Για περιστατικά που λαμβάνουν χώρα σε αστικές περιοχές, εκπροσωπεί το διοικητή περιστατικού είτε αυτό αφορά τη χρήση καταφύγιου είτε την εκκένωση του χώρου και της γύρω περιοχής.
- ✓ Προσδιορίζει τους κατάλληλους χώρους συγκέντρωσης που θα φιλοξενήσουν:
  - Ιατρικές ομάδες και ιατρικές εγκαταστάσεις έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των ατυχημάτων.

- Διασωθέντα άτομα ή θύματα του περιστατικού.
- Συγγενείς των θυμάτων.
- Περιοχές για την τοποθέτηση των πόρων.
- ✓ Καθορίζει την πρόσβαση και την πορεία της εκκένωσης,
- ✓ Καθορίζει μια περιοχή για την υποδοχή των μέσων ενημέρωσης και παρέχει κανάλια επικοινωνίας σχετικά με την εξέλιξη του περιστατικού, σύμφωνα με τη γενική πολιτική του κράτους για τα μέσα ενημέρωσης. Για το λόγο αυτό ο χειρισμός των μέσων έχει ανατεθεί σε ένα στέλεχος που βρίσκεται διαρκώς σε επαφή με τον υπεύθυνο Τύπου των δύο άλλων επιπέδων (επιχειρησιακό και πολιτικό-στρατηγικό επίπεδο).

Τόσο ο επικεφαλής όσο και η σύνθεση των παραπάνω επιπέδων διοίκησης ποικίλλουν ανάλογα με τη φύση και τον τύπο του περιστατικού και περιλαμβάνουν συγκεκριμένα εθνικά χαρακτηριστικά. Ως παράδειγμα των διαδικασιών που περιγράφονται ανωτέρω, η Εικόνα 6-2 παρουσιάζει σχηματικά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ελληνικών φορέων διαχείρισης κρίσιμων περιστατικών σε πολιτικό-στρατηγικό, επιχειρησιακό και τακτικό επίπεδο.

Η παραπάνω γενικευμένη δομή ισχύει και όταν η κρίση χτυπά δύο ή περισσότερα γειτονικά κράτη. Κάθε κράτος διατηρεί την αυτονομία του σε επιχειρησιακό επίπεδο και δημιουργεί κανάλια επικοινωνίας για ανταλλαγή πληροφοριών και στοιχείων, είτε άμεσα (διμερές συμφωνίες) είτε μέσω ευρωπαϊκών και άλλων διεθνών οργανισμών. Στην περίπτωση μιας φυσικής καταστροφής, η διεθνής βοήθεια είναι διαθέσιμη στο ενδιαφερόμενο κράτος μόνο κατόπιν αιτήματος. Το Κέντρο Παρακολούθησης και Πληροφόρησης (Monitoring and Information Center ; MIC of DG ECHO / Directorate General of Humanitarian Aid and Civil Protection) είναι υπεύθυνο για την παραλαβή των αιτημάτων για βοήθεια και την απόκριση σε αυτά καθώς και για το συντονισμό της αποστολής βοήθειας.



Εικόνα 6-2: Αλληλεπίδραση μεταξύ φορέων διαχείρισης κρίσιμων περιστατικών σε πολιτικό-στρατηγικό, επιχειρησιακό και τακτικό επίπεδο

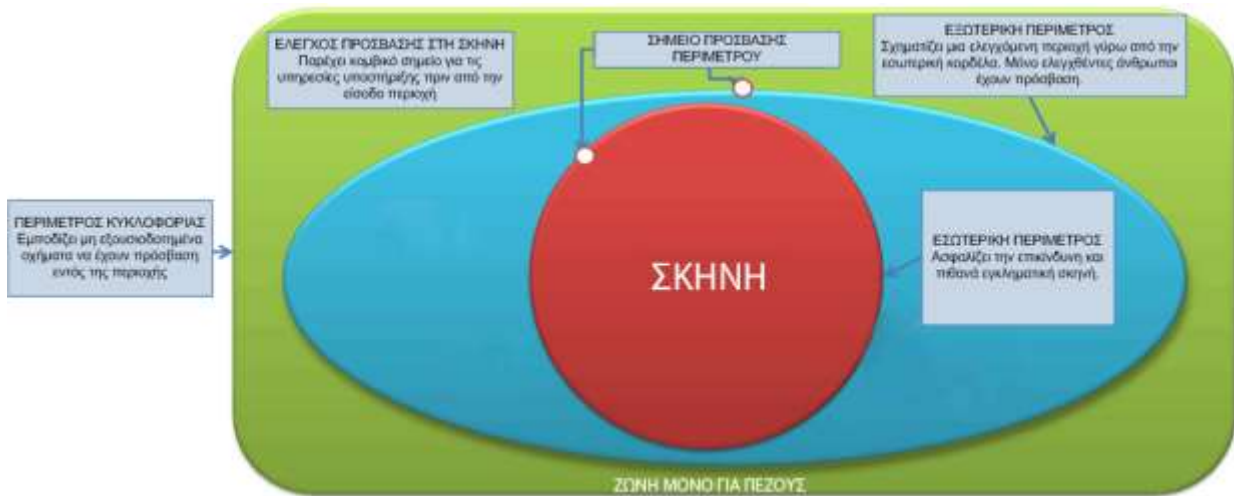
### 6.3 Διαχείριση σκηνής

Η διαχείριση σκηνής οργανώνεται μέσω των περιμέτρων ασφάλειας (cordons) που εγκαθίστανται γύρω από τη σκηνή για τους εξής λόγους: (α) τη φύλαξη της σκηνής (β) την προστασία του κοινού (γ) τον έλεγχο των περιηγητών (δ) την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης παρέμβασης στην έρευνα (δ) τη διευκόλυνση των επιχειρήσεων των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και άλλων φορέων. Στα πλαίσια του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου εκτίμησης επικινδυνότητας, η περίμετρος ασφάλειας προσδιορίζει έναν γεωγραφικό τύπο διασύνδεσης με το σύνολο των πόρων του δικτύου που περιέχονται σε αυτήν, καθιστώντας τα μη λειτουργικά.

Συνήθως, χρησιμοποιείται μια διαδικασία με τρεις περιμέτρους. Αυτό γίνεται από κοινού με τους συνεργαζόμενους φορείς απόκρισης στο περιστατικό, Εικόνα 6-3 και εν συντομία σχηματίζονται οι ακόλουθες περίμετροι/κλοιοί:

- εσωτερική περίμετρος: παρέχει άμεση ασφάλεια στην περιοχή και στη σκηνή που διαπράχθηκε το αδίκημα.
- εξωτερική περίμετρος: οριοθετεί μια εκτεταμένη περιοχή γύρω από την εσωτερική περίμετρο.
- περίμετρος κυκλοφορίας: σχηματίζεται στην εξωτερική περίμετρο ή πέρα από αυτήν

για την πρόληψη της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης οχημάτων στην περιοχή γύρω από τη σκηνή.



Εικόνα 6-3: Διαχείριση σκηνής

### Εσωτερική περίμετρος

Είναι η περιοχή που περικλείει την σκηνή του περιστατικού. Η αστυνομία ελέγχει όλη την πρόσβαση και την έξοδο στην εσωτερική περίμετρο από ένα σημείο ελέγχου της περιμέτρου. Η πυροσβεστική υπηρεσία είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση της ασφάλειας του συνόλου του προσωπικού στην εσωτερική περίμετρο. Θα πρέπει να τηρείται αυστηρά λεπτομερές αρχείο καταγραφής όλου του προσωπικού που εισέρχεται στην εσωτερική περίμετρο.

### Εξωτερική περίμετρος

Η αστυνομία ελέγχει όλα τα σημεία εισόδου και εξόδου από την εξωτερική περίμετρο. Το προσωπικό εξυπηρέτησης που δεν σχετίζεται με την έκτακτη ανάγκη και που ζητά πρόσβαση στην εξωτερική περίμετρο λαμβάνει έγκριση στο Κέντρο Ελέγχου Πρόσβασης Σκηνής (βλ. παρακάτω) προτού φθάσει στο σημείο πρόσβασης.

Τα οχήματα διοίκησης/ελέγχου των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να τοποθετούνται μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής περιμέτρου όπως και τα σημεία συνάντησης και ο σταθμός διαλογής.

### Περίμετρος κυκλοφορίας

Η περίμετρος κυκλοφορίας έχει σκοπό να περιορίζει την πρόσβαση των οχημάτων στην περιοχή γύρω από τη σκηνή. Πρέπει να αναληφθεί άμεση δράση για να εξασφαλιστεί η ελεύθερη διέλευση της κυκλοφορίας των οχημάτων έκτακτης ανάγκης από και προς τη σκηνή του περιστατικού και η πρόληψη της κυκλοφοριακής συμφόρησης μέσα και γύρω από τη σκηνή.



### Υλικοτεχνική υποστήριξη

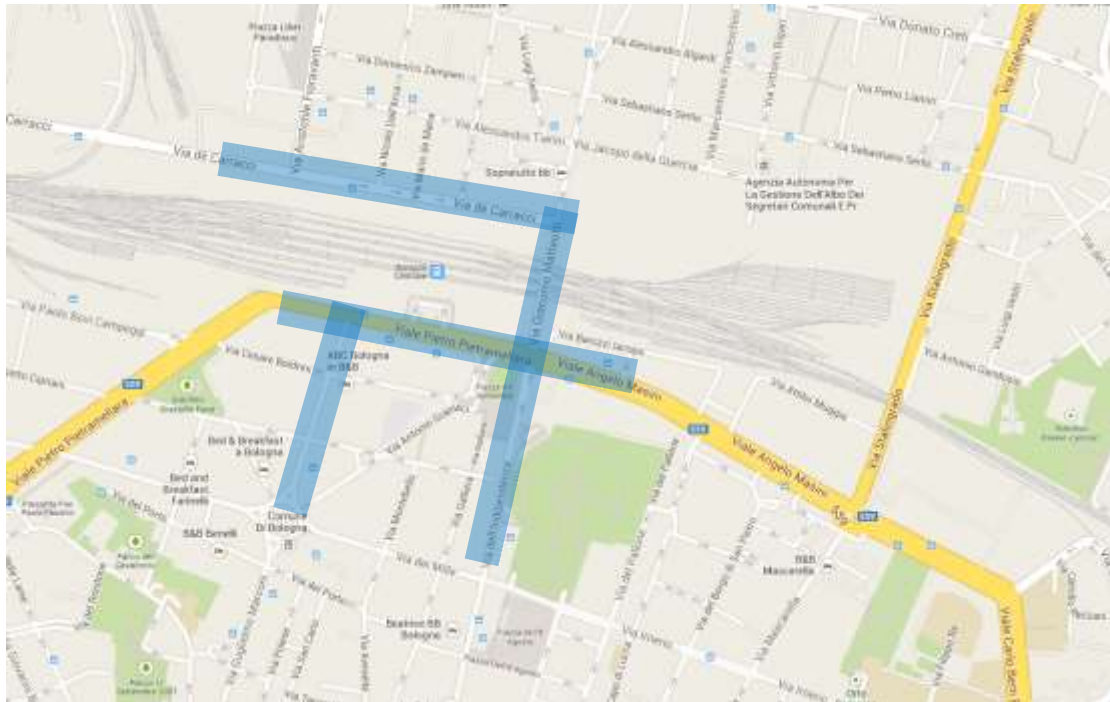
Το επίπεδο της απόκρισης σε ένα σοβαρό περιστατικό εξαρτάται από τη φύση, το μέγεθος και την πιθανή διάρκεια του περιστατικού. Η κατανομή και η δέσμευση πόρων από τους ανταποκρινόμενους φορείς είναι κλιμακούμενη, ανάλογα με τις απαιτήσεις, έτσι οι διευθετήσεις για υλικοτεχνική υποστήριξη και διαχείριση πόρων διαφέρουν ανάλογα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περίμετροι ασφάλειας δεν έχουν κάποιο προκαθορισμένο σχήμα και μέγεθος, αλλά η χωροθέτηση τους εξαρτάται πάντα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περιστατικού.

**Πίνακας 6-1: Ενδεικτική έκταση σκηνής**

Περιστατικό	Ζώνη	Περιστατικό	Ζώνη
Φωτιά σε σταθμό του μετρό	100μ.	Βομβιστική επίθεση μικρής κλίμακας	~ 500μ.
Μεγάλη δημόσια διαδήλωση	~ 5χλμ.	Βομβιστική επίθεση σε αυτοκίνητο	~ 2χλμ.
Πυρκαγιά σε ανοικτό χώρο κοντά σε εργοστάσιο χημικών	~ 1χλμ.	Σεισμός/πλημμύρα	Εκτεταμένο σε γεωγραφική οντότητα

Για παράδειγμα στην Εικόνα 6-4, παρουσιάζει την χωρική διάσταση ενός περιστατικού ασφάλειας στην περιοχή της Μπολόνια, όπως αναλύεται στο κεφ 7.



Εικόνα 6-4. Χωρική διάσταση περιμέτρων ασφάλειας, παράδειγμα από κεφ. 7.

## 6.4 Συμμετέχοντες/Φορείς απόκρισης και ευθύνες

Η ακόλουθη ενότητα παρουσιάζει τις κυριότερες ομάδες αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης που παρεμβαίνουν σε περιστατικά ασφάλειας στις υποδομές μεταφορών. Ο αριθμός και η ποσότητα των φορέων που ανταποκρίνονται εξαρτάται από την κατηγορία απόκρισης των συνεπειών.

### Αστυνομία

Οι βασικοί τομείς ευθύνης της αστυνομίας σε ένα σημαντικό περιστατικό είναι οι εξής:

- συντονισμός των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, των τοπικών αρχών και άλλων οργανισμών
- δράση για την υποστήριξη στη σκηνή του περιστατικού
- διασφάλιση, προστασία και διατήρηση της σκηνής και έλεγχος των περιηγητών και της κυκλοφορίας μέσω της χρήσης περιμέτρων
- έρευνα του περιστατικού, απόκτηση και εξασφάλιση αποδεικτικών στοιχείων σε συνδυασμό με άλλους οργανισμούς έρευνας κατά περίπτωση
- συλλογή και διάθεση πληροφοριών ατυχήματος

- λήψη βραχυπρόθεσμων μέτρων για την αποκατάσταση της ομαλότητας αφότου έχουν γίνει όλες οι απαραίτητες ενέργειες

### ***Πυροσβεστική***

Οι τομείς ευθύνης της πυροσβεστικής είναι οι εξής:

- διάσωση μέσω έρευνας και βοήθειας
- πυρόσβεση και πυρασφάλεια
- παροχή ανθρωπιστικών υπηρεσιών
- ανίχνευση, αναγνώριση, παρακολούθηση και διαχείριση επικίνδυνων υλικών και προστασία περιβάλλοντος
- παροχή ειδικών επιστημονικών συμβουλών σε σχέση με επικίνδυνα υλικά
- έλεγχος διάσωσης και ζημιών
- διαχείριση ασφάλειας εντός εσωτερικής περιμέτρου, και
- επαναφορά ομαλότητας με την πρώτη ευκαιρία

### ***EKAB***

Οι τομείς ευθύνης της για την υπηρεσία διαμετακόμισης ασθενών σε ένα σοβαρό περιστατικό συνοψίζονται ως εξής:

- διάσωση καθώς και άλλες υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης
- παροχή θεραπείας, σταθεροποίηση και φροντίδα τραυματιών στη σκηνή
- παροχή κατάλληλης μεταφοράς, ιατρικού προσωπικού, εξοπλισμού και πόρων
- εδραίωση ενός αποτελεσματικού συστήματος διαλογής που καθορίζει τη σειρά προτεραιότητας
- βοήθεια στην εκκένωση των τραυματιών και δημιουργία μιας ασφαλούς τοποθεσίας για τους πάσχοντες από το ατύχημα,
- παροχή διευκόλυνσης επικοινωνίας στις υπηρεσίες υγείας που βρίσκονται επί σκηνής, με απευθείας ασύρματες συνδέσεις με τα νοσοκομεία, εγκαταστάσεις ελέγχου και κάθε άλλη υπηρεσία που απαιτείται
- προσδιορισμός και ενημέρωση νοσοκομείων βάσει επίσημου καταλόγου νοσοκομείων που θα λάβουν τραυματίες και ενημέρωση άλλων φορέων

- παροχή μεταφοράς στη σκηνή του περιστατικού για τον αξιωματικό ιατρικών περιστατικών (ΜΙΟ), κινητές ιατρικές/χειρουργικές μονάδες και εξοπλισμό αυτών
- οργάνωση των πλέον ενδεδειγμένων μέσων για τη μεταφορά των τραυματιών και την εισαγωγή τους σε εξειδικευμένα νοσοκομεία
- λειτουργία ως πύλη για ευρύτερες υπηρεσίες υγείας, περιλαμβανομένου του περιστατικού ΧΒΡΠ ή άλλου περιστατικού που απαιτεί την ευρύτερη δυνατή ομάδα ειδικών.

#### ***Ειδική συμβουλευτική ομάδα για θέματα υγείας***

Πρόκειται για μια στρατηγική ομάδα με επικεφαλής κρατικούς λειτουργούς η οποία αποτελείται από εκπροσώπους διαφόρων οργανώσεων και ειδικοτήτων που είναι σε θέση να δώσουν συντονισμένες έγκυρες συμβουλές σχετικά με θέματα υγείας για ένα περιστατικό στο διοικητή περιστατικών και σε άλλους φορείς.

#### ***Ακτοφυλακή***

Η ακτοφυλακή είναι υπεύθυνη για το συντονισμό των επιχειρήσεων έρευνας και διάσωσης (SAR) στο θαλάσσιο χώρο. Αυτές περιλαμβάνουν την ενεργοποίηση και την απόκριση στην έρευνα και διάσωση σκαφών ή ατόμων που χρειάζονται βοήθεια. Καθ' όλη τη διάρκεια της αρχικής φάσης ενός περιστατικού, η Ακτοφυλακή λαμβάνει μεθοδευμένες αποφάσεις σε σχέση με τις επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης και περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της καταλληλότητας των σημείων αποβίβασης θυμάτων.

Η Ακτοφυλακή είναι επίσης υπεύθυνη να ενημερώσει τους λοιπούς φορείς για τα σημεία αποβίβασης θυμάτων.

#### ***Τοπικές αρχές***

Οι τοπικές αρχές έχουν την υποχρέωση να παρέχουν λύσεις ώστε να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε περιοπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Αυτές περιλαμβάνουν:

- την παροχή υποστήριξης στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης
- την παροχή υποστήριξης και φροντίδας στην τοπική και ευρύτερη κοινωνία
- τη χρήση πόρων για μετριασμό των συνεπειών ενός περιστατικού έκτακτης ανάγκης και
- την καθοδήγηση του σταδίου αποκατάστασης.

Στη διάρκεια κάποιου σοβαρού περιστατικού, οι τοπικές αρχές διασφαλίζουν ότι διατηρούνται οι συνήθεις καθημερινές υπηρεσίες τους προς την τοπική κοινωνία. Όλες οι τοπικές αρχές διαθέτουν στελέχη σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης που είναι σε θέση να σχεδιάσουν και να συντονίσουν την απόκρισή τους σε τέτοια συμβάντα.

### ***Εθελοντές και κοινότητες***

Υπάρχουν πολλοί εθελοντές και κοινότητες που μπορούν να συμβάλουν στην επιτυχή αντιμετώπιση ενός περιστατικού. Η υποστήριξή τους σε ένα συμβάν είναι ικανή συχνά να μετριάσει την πίεση προς τα θεσμικά όργανα παρέχοντας ανθρωπιστικές υπηρεσίες. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα κατά τη φάση της ενοποίησης και της αποκατάστασης όταν το προσωπικό της πυροσβεστικής, της αστυνομίας και του ΕΚΑΒ έχουν αναπτυχθεί πλήρως σε κάποιο άλλο σημείο.

### ***Κοινοφελείς οργανισμοί***

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας θα πρέπει να κινητοποιούνται από οποιαδήποτε από τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και να συντονίζονται από την αστυνομία σε πρώτη φάση. Για περιστατικά που σχετίζονται με θέματα ύδρευσης, η πλησιέστερη λιμενική αρχή παίζει σημαντικό ρόλο στη διαχείρισή τους. Ο Λιμενάρχης διαθέτει διεθρυμμένες εξουσίες και αρμοδιότητες από το νόμο να ρυθμίζει την κυκλοφορία στους ποταμούς και τη χρήση τους από το κοινό σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ενώ παράλληλα είναι υπεύθυνος για το συντονισμό όλων των περιστατικών που δεν σχετίζονται με περιστατικά έρευνας και διάσωσης εντός των ορίων του λιμένα.

### ***Στρατιωτική βοήθεια***

Ο στρατός μπορεί να παράσχει βοήθεια έκτακτης ανάγκης στις πολιτικές αρχές σε περίπτωση περιστατικών όπως οι φυσικές καταστροφές ή τα συμβάντα μεγάλης κλίμακας.

### ***Πολιτική προστασία***

Οι κύριοι τομείς δραστηριοτήτων της πολιτικής προστασίας είναι οι :

- ετοιμότητα του προσωπικού και των μέσων πολιτικής προστασίας
- επεξεργασία των διαθέσιμων επιστημονικών πληροφοριών για την κινητοποίηση των πόρων σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης
- συντονισμός της απόκρισης και της δράσης για την αποκατάσταση σε περιπτώσεις

έκτακτης ανάγκης.

- επικοινωνία με τα όργανα του κοινωνικού μηχανισμού πολιτικής προστασίας για τη διευκόλυνση της συνεργασίας στις επεμβάσεις βοήθειας της πολιτικής προστασίας σε περίπτωση σοβαρών καταστάσεων που ενδέχεται να απαιτούν επείγουσα απόκριση.

### ***Φορείς εκμετάλλευσης μεταφορών***

Οι κύριοι τομείς αρμοδιότητας των φορέων μεταφορών περιλαμβάνουν:

- Συντήρηση εθνικών οδών/οδών ταχείας κυκλοφορίας
- Περιπολίες υπηρεσίας
- Προστασία σκηνής περιστατικού
- Εφαρμογή στρατηγικών ελέγχου κυκλοφορίας και παροχή υποστηρικτικών πόρων
- Παρακολούθηση των επιχειρήσεων της ροής κυκλοφορίας
- Διάδοση πληροφοριών σε αυτοκινητιστές
- Περιορισμός τυχαίας διαρροής υγρού από όχημα (περιορισμός στο οδόστρωμα)
- Αξιολόγηση και καθοδήγηση δραστηριοτήτων εκκαθάρισης περιστατικού
- Ανάπτυξη και λειτουργία εναλλακτικών διαδρομών
- Αξιολόγηση και διεξαγωγή οδικών έργων έκτακτης ανάγκης και επισκευές υποδομών
- Ανάλυση ρόλου διοικητή περιστατικού, εφόσον απαιτείται
- Υποστήριξη ενιαίας διοίκησης, ανάλογα με τις ανάγκες

### ***Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας***

Η Εθνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας είναι το σημείο εστίασης της δράσης σε περίπτωση συμβάντος με ραδιολογικό παράγοντα.

Ο πίνακας που παρουσιάζεται στο Παράρτημα 5 περιγράφει τις ομάδες επείγουσας απόκρισης που κινητοποιούνται για κάθε ένα από τα περιστατικά ασφάλειας που περιγράφεται στην παράγραφο 5.2. Αυτό μας καθοδηγεί στην εκτίμηση της κατηγορίας συνεπειών «Απόκριση περιστατικού» στην ενότητα 5.4.4.

## 6.5 Μέτρα ελέγχου κινδύνων (RCM) - μετριασμός κινδύνων - εμπόδια κινδύνων

Η αποτελεσματική εκτίμηση κινδύνων θα πρέπει να εξετάζει μια σειρά μέτρων ελέγχου (στρατηγικές μετριασμού) και, επιπλέον, να παρέχει τη βάση για την επιλογή των μέτρων ελέγχου. Τα μέτρα ελέγχου κινδύνων σχετίζονται με όλα τα στάδια της ασφάλειας, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από μια πιθανή απειλή, δηλαδή

- **ετοιμότητα:** πριν από μια πιθανή απειλή περιλαμβανομένων των μέτρων πρόληψης/ανίχνευσης
- **απόκριση:** ανακούφιση και μετριασμός, κατά τη διάρκεια ενός περιστατικού
- **αποκατάσταση:** μετά από ένα περιστατικό.

Η εισαγωγή της κατάλληλης μεθοδολογίας είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μια συνδυασμένη προσέγγιση για (i) τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων, (ii) τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας και του κόστους των διαφόρων επιλογών ελέγχου, (iii) τη βελτίωση της συνολικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων και (iv) την παροχή μιας βάσης για την κατανομή πόρων με τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο. Η διαδικασία εκτίμησης κινδύνων θα πρέπει να παρέχει τα ακόλουθα στοιχεία σε σχέση με τα μέτρα ελέγχου:

1. αναγνώριση ή αποσαφήνιση των υφιστάμενων και των πιθανών δυνητικών επιλογών μέτρων ελέγχου
2. αξιολόγηση των επιπτώσεων των μέτρων ελέγχου για τα επίπεδα κινδύνου (πιθανότητα/επιπτώσεις/διασύνδεση)
3. βάση για την επιλογή ή την απόρριψη των μέτρων ελέγχου και σχετική αιτιολόγηση της επάρκειας
4. βάση για τον καθορισμό δεικτών απόδοσης για επιλεγμένα μέτρα ελέγχου.

Τα πιο κοινά μέτρα ελέγχου πρέπει να αξιολογούνται στα πλαίσια:

1. της **βιωσιμότητας (viability)** που σχετίζεται με την ρεαλιστικότητα της εφαρμογής των μέτρων ελέγχου εντός των εγκαταστάσεων
2. της **αποτελεσματικότητας (effectiveness)** που σχετίζεται με την επίδραση των μέτρων ελέγχου στο επίπεδο του κινδύνου. Για παράδειγμα, η αξιοπιστία και η διαθεσιμότητα των μέτρων ελέγχου επηρεάζουν την πιθανότητα εμφάνισης ενός περιστατικού, ενώ η λειτουργικότητα και η βιωσιμότητα των μέτρων ελέγχου κατά τη διάρκεια του περιστατικού επηρεάζουν τις συνέπειες.

Η αξιολόγηση των επιλογών για τα μέτρα ελέγχου εντός του προτεινόμενου πλαισίου εκτίμησης κινδύνων πρέπει να επιτρέπει τον προσδιορισμό του πρόσθετου οφέλους που αποκτήθηκε από την εισαγωγή πρόσθετων ή εναλλακτικών μέτρων ελέγχου. Η προτεινόμενη προσέγγιση βασίζεται στη δυνατότητα αναζήτησης κενών στο υπάρχον καθεστώς ελέγχου, όπου η εισαγωγή περαιτέρω μέτρων ελέγχου μπορεί να φαίνεται κατάλληλη λύση.

Πολλές επιλογές για τον έλεγχο των κινδύνων ήδη χρησιμοποιούνται από φορείς επίγειων μέσων μεταφοράς. Αρκετές νέες τεχνολογίες έχουν διπλό σκοπό, όπως την ασφάλεια και την προστασία, όπως για παράδειγμα οι ανιχνευτές καπνού αναφορικά με την πυρκαγιά, οι διαδικασίες εκκένωσης και η επικοινωνία σε κατάσταση κρίσης. Ο



Πίνακας 6-2 παρουσιάζει μια ενδεικτική λίστα με τις υφιστάμενες επιλογές ελέγχου κινδύνων που εφαρμόζονται σήμερα στα συστήματα επίγειας μεταφοράς.

**Πίνακας 6-2: Μέτρα ελέγχου επικινδυνότητας**

Αρχές σχεδιασμού
Εξοπλισμός
Πυροπροστασία (όπως άμεση πυροπροστασία, εξαερισμός, κ.λπ.)
Επιχειρησιακά πρότυπα/Οδηγίες/Κατευθυντήριες γραμμές
Συνολικό σχέδιο ετοιμότητας καθώς και Σχεδιασμός αντιμετώπισης έκτακτων καταστάσεων
Ομάδα/Δομές κρίσης
Εκκένωση <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κανόνες και διαδικασίες</li> <li>• Εκπαίδευση και ασκήσεις</li> </ul>
Κατάρτιση/Εκπαίδευση προσωπικού επιχειρήσεων
Ασκήσεις (επί χάρτου/σε πραγματικές συνθήκες)
CCTV
Κουμπιά έκτακτης ανάγκης/Τηλέφωνα SOS
Φρουροί/περίπολοι/ομάδες επέμβασης με οχήματα/περιπολίες με σκυλιά
Διάλογος και κοινές (επί χάρτου/σε πραγματικές συνθήκες) ασκήσεις με τις υπηρεσίες επιβολής του νόμου (ειδικά με την αστυνομία)
Έλεγχος περιμέτρου και ανίχνευση εισβολής/αντιπαραεισφρητικά συστήματα
Έλεγχος πρόσβασης και οργάνωση/έλεγχος κλειδιών
Αναγνώριση διαδικασιών
Αρχές σχεδιασμού και κατασκευής
Ανίχνευση ΧΒΡΠ
Έλεγχος ασφαλείας προσωπικού
Εφεδρικά συστήματα
Διαδικασίες επιθεώρησης και ελέγχου ασφαλείας

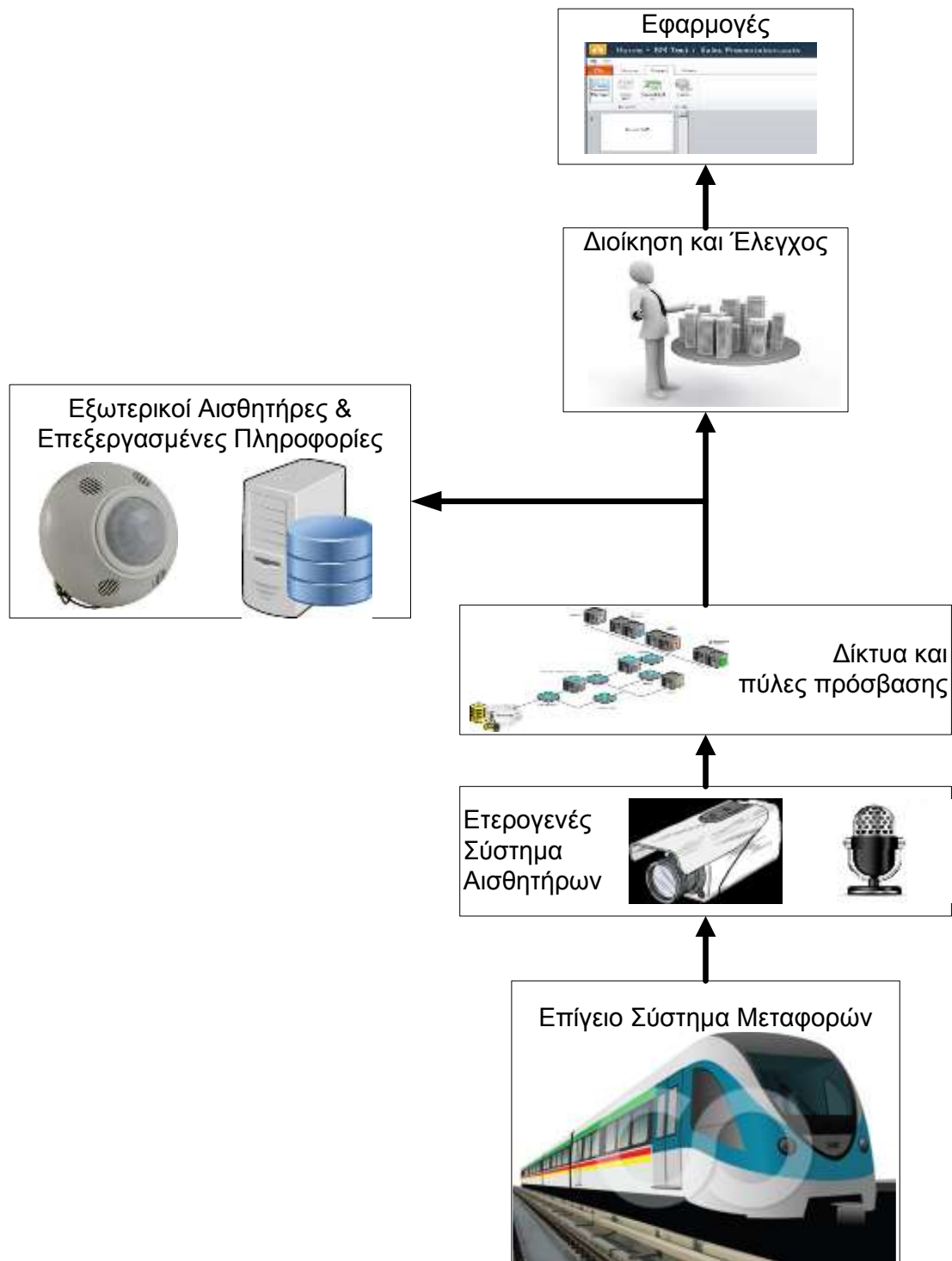
## 6.6 Μοντέλο φυσικής προστασίας των κρίσιμων υποδομών

Η προστασία επίγειων μέσων μεταφοράς είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την διατήρηση της ποιότητας ζωής και της οικονομικής ευημερίας, ενώ το κεντρικό ερώτημα

παραμένει στην εύρεση του βέλτιστου τρόπου προστασίας αυτών των διασυνδεδεμένων μέσων και πόρων. Ταυτόχρονα κρίσιμα κοινωνικά θέματα, όπως η προστασία προσωπικών δεδομένων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Η παρούσα διατριβή προσφέρει ένα μοντέρνο και καινοτόμο ολιστικό πλαίσιο ανάλυσης και εκτίμησης των επιπέδων κινδύνου, αλλά αυτό αποτελεί μόνο το πρώτο βήμα στην προστασία των κρίσιμων υποδομών στο κλάδο των μεταφορών. Αυτό το πλαίσιο πρέπει να διασυνδεθεί με αποδοτικούς τρόπους και συστήματα προστασίας: (1) έγκαιρης προειδοποίησης και (2) απόκρισης καθώς και ενοποιημένα συστήματα προστασίας.

Η λήψη, επεξεργασία και διάχυση πληροφοριών από αυτά τα συστήματα στο μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας ακόμη και σε πραγματικό χρόνο είναι δυνατό να αυξήσει τα επίπεδα προστασίας των κρίσιμων υποδομών. Ένα τέτοιο γενικευμένο σύστημα περιγράφεται στο ακόλουθο σχήμα, που διασυνδέει ένα σύστημα αισθητήρων.



Εικόνα 6-5: Παράδειγμα γενικευμένου συστήματος εκτίμησης κινδύνων, ελέγχου λειτουργίας και διοίκησης

**Πίνακας 6-3: Προδιαγραφές γενικευμένου συστήματος εκτίμησης κινδύνων, ελέγχου λειτουργίας και διοίκησης**

<p>Επίπεδο_1</p> <p><b>Επίγειο σύστημα μεταφορών</b></p>	<p>Η επίγεια κρίσιμη υποδομή ή το αντίστοιχο «δίκτυο των δικτύων» έχει δυο κύρια χαρακτηριστικά</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ορισμένοι πόροι / δίκτυα είναι περιορισμένοι σε εύρος και μπορούν να έχουν ένα τοπικό δίκτυο προστασίας</li> <li>• Είναι κατανεμημένα σε μεγάλο γεωγραφικό εύρος</li> </ul>
<p>Επίπεδο_2</p> <p><b>Ετερογενές δίκτυο αισθητήρων</b></p>	<p>Στην υποδομή θα τοποθετηθεί ένα δίκτυο ετερογενών αισθητήρων με χωρική κατανομή που θα πρέπει να προκύπτει από την εφαρμογή ενός μεγάλου αριθμού σεναρίων εκτίμησης διαφορετικών κινδύνων.</p> <p>Η ενδεδειγμένη ανάλυση των σεναρίων που προκύπτει από την ανάλυση της τρωτότητας των εγκαταστάσεων, πρέπει να αποτελεί το κύριο εργαλείο καθορισμού της θέσης των αισθητήρων ώστε να καλύπτουν το εύρος των απειλών.</p> <p>Παραδείγματα τέτοιων αισθητήρων αποτελούν:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κάμερες σε ορατό και υπέρυθρο φάσμα</li> <li>• Ακουστικοί αισθητήρες</li> <li>• Αισθητήρες δόνησης (Vibration sensors)</li> <li>• Αισθητήρες καπνού</li> <li>• Χημικοί και ραδιολογικοί αισθητήρες</li> </ul>
<p>Layer_3</p> <p><b>Δίκτυα και πύλες πρόσβασης</b></p>	<p>Οι αισθητήρες της υποδομής θα πρέπει να συνδέονται με τα κύρια δίκτυα μετάδοσης πληροφοριών σε μια ενοποιημένη πλατφόρμα επικοινωνιών (unified interoperable communication platform): ασύρματα σημεία ελέγχου (wireless access points) βασισμένα σε WiMax /Wi-fi/low power radio technologies, και καλωδιωμένες συνδέσεις όπως οπτικές ίνες, backbone routers, κλπ.</p>
<p>Layer_4</p> <p><b>Εξωτερικοί αισθητήρες και επεξεργασμένες πληροφορίες</b></p>	<p>Ο σκοπός αυτού του επιπέδου είναι να συλλεχθούν πληροφορίες από, εξωτερικά της υποδομής, δίκτυα αισθητήρων (όπως κυκλοφοριακοί φόρτοι σε πραγματικό χρόνο από το Κέντρο Ελέγχου Κυκλοφορίας) καθώς και επεξεργασμένες πληροφορίες από διακριτές και διαφορετικές πηγές (όπως το επίπεδο απειλών για τρομοκρατική ενέργεια)</p>

Layer\_5

Διοίκηση και  
Έλεγχος

Η επεξεργασία όλων των δεδομένων από τα ετερογενή δίκτυα αισθητήρων και την σειρά επεξεργασμένων πληροφοριών θα πρέπει να πραγματοποιείται από ένα υπολογιστικό σύστημα ολοκλήρωσης και επεξεργασίας πληροφοριών.

Το σύστημα αυτό πρέπει να τροφοδοτεί με τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα το μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας με σκοπό να λαμβάνονται οι βέλτιστες λύσεις μείωσης του κινδύνου.

Οι υπολογιστικές μονάδες επεξεργασίας, είτε κεντρικές είτε καταναεμημένες (distributed), πρέπει να διαχειρίζονται όλα τα σχετικά συστήματα του δικτύου για:

- Συλλογή από δεδομένα (πρωτογενούς μορφής ή/και επεξεργασμένα) από όλους τους αισθητήρες
- Ανάλυση δεδομένων εικόνων, βίντεο και ήχου
- Λήψη και ενοποίηση πληροφοριών με χρήση σημασιολογικών τεχνικών (semantic technologies)
- Εξόρυξης δεδομένων που επιτρέπουν την εφαρμογή αλγορίθμων συσχέτισης και cross-validation (ετερο-επιβεβαιώσεις)
- Αλγορίθμους για την εύρεση εισβολέων και μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης σε μια περιοχή
- Ανάλυση λανθασμένων συναγερμών (False Alarms)
- Διαχείριση και αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων

Επίπεδο \_6  
Εφαρμογές

Το επίπεδο αυτό σχετίζεται με μια σειρά εφαρμογών/ υπηρεσιών (services) που μπορούν να κτιστούν ώστε να διευκολύνουν την εφαρμογή των μοντέλων εκτίμησης επικινδυνότητας και προστασίας της υποδομής:

- Αλγόριθμοι εκτίμησης κυκλοφοριακών φόρτων και εκκένωσης πόρων του συστήματος.
- Συστήματα για την βέλτιστη απεικόνιση πολυεπίπεδων πληροφοριών (επεξεργασμένων και πρωτογενών) καθώς και των αποτελεσμάτων των εφαρμογών
- Εφαρμογή μοντέλων επικινδυνότητας και απομείωσης του κινδύνου σε διασυνδεδεμένα και ετερογενή δίκτυα μεταφορών
- Διαχειριστική πλατφόρμα για όλα τα συστήματα ακόμη για απομακρυσμένους αισθητήρες.
- Μηχανισμούς προειδοποίησης μέσω τηλεφώνων, web, κλπ.

## 7 Εφαρμογή πλαισίου εκτίμησης επικινδυνότητας

Η παρούσα ενότητα αποτελεί την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας εκτίμησης επικινδυνότητας σε ετερογενή και διασυνδεδεμένα δίκτυα επιγείων μεταφορών σε μια σειρά τριών πραγματικών εφαρμογών. Αρχικά περιγράφεται η μεθοδολογία εφαρμογής και αξιολόγησης της, στην συνέχεια αναλύονται διαδοχικά οι λεπτομέρειες εφαρμογής της και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο πλαίσιο αξιολόγησης της από ειδικούς στο χώρο και σχετικούς τελικούς χρήστες.

Η παρούσα ενότητα πραγματοποιήθηκε σε συνδυασμό με το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα “Strategic Risk Assessment and Contingency Planning in Interconnected Transport Networks (STAR-TRANS – FP7 225594)”, και για το οποίο ευχαριστούμε πολύ όλους τους συνεργάτες μας στο έργο.

### 7.1 Δείκτες επαλήθευσης πλαισίου κινδύνων

Οι τεχνικές για την αξιολόγηση της ανάλυσης επικινδυνότητας είναι διάφορες και η εφαρμογή τους ποικίλει. Ωστόσο, μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως το χρονοδιάγραμμα, τον τρόπο διεξαγωγής και τον σκοπό τους. Έτσι, έχουμε τις εξής τρεις κατηγορίες (Bourguignon et al. 2002):

- **Η εκ των προτέρων αξιολόγηση (Ex ante evaluation)** πραγματοποιείται πριν από την εφαρμογή μιας παρέμβασης, αλλά χρειάζεται να προγραμματιστεί, δηλαδή να καθοριστεί με κάποιο βαθμό λεπτομέρειας. Μια εκ των προτέρων αξιολόγηση επιτρέπει την αξιολόγηση της καταλληλότητας και της συνοχής της δράσης, διότι τα πορίσματά της λαμβάνονται υπόψη προτού ληφθούν οι τελικές αποφάσεις. Επίσης, επιτρέπει την εκτίμηση τυχόν προβλημάτων κατά τη φάση της ανάπτυξης, το κατά πόσον η στρατηγική και οι στόχοι είναι συναφείς, εάν υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ τους και αν η επιθυμητή επίδραση είναι ρεαλιστική.
- **Η προσωρινή αξιολόγηση (Ad interim evaluation)** καλύπτει το σύνολο του χρονικού ορίζοντα εφαρμογής μιας παρέμβασης, και δεδομένου ότι λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης των εκροών και των αποτελεσμάτων, συχνά συγχέεται με την εν λόγω δραστηριότητα, ακόμα κι αν είναι ξεχωριστές. Η αξιολόγηση αυτή αποτελείται από μια σειρά λεπτομερών μελετών, δεδομένου ότι περιλαμβάνει περαιτέρω ανάλυση σχετικά με τα θέματα αποτίμησης που προκύπτουν κατά την υλοποίηση. Επιτρέπει μια συνεπή και αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ



του υπεύθυνου αξιολόγησης και του προσώπου που διαχειρίζεται και εκτελεί την παρέμβαση, και ως εκ τούτου εξάγει καλύτερα και πιο κατάλληλα συμπεράσματα και προτάσεις.

- **Η εκ των υστέρων αξιολόγηση (Ex post evaluation)** δεν πραγματοποιείται πριν από τον τερματισμό της παρέμβασης και μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα. Επιδιώκει να εκτιμήσει την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα μιας παρέμβασης, προκειμένου να προσδιοριστούν οι παράγοντες της επιτυχίας ή της αποτυχίας, να εκτιμήσει τη βιωσιμότητα των αποτελεσμάτων και των επιπτώσεων και να εξάγει συμπεράσματα που μπορούν να γενικευτούν και σε άλλες παρεμβάσεις. Για το λόγο αυτό, η εκ των υστέρων αξιολόγηση πρέπει να διεξάγεται καθυστερημένα σε σχέση με το πέρας της υλοποίησης και προσανατολίζεται περισσότερο προς μελλοντικές παρόμοιες λύσεις αντί εκείνης που αξιολογείται.

Η αξιολόγηση μπορεί επίσης να διενεργείται από ανθρώπους εντός ή εκτός του οργανισμού που αναπτύσσει την λύση, με αποτέλεσμα να έχουμε δύο ξεχωριστούς τύπους κατηγοριοποίησης της αξιολόγησης (Boris et al. 2011):

- **Εσωτερική αξιολόγηση** πραγματοποιείται από οργανισμούς, ομάδες ή κοινότητες που εμπλέκονται άμεσα στην υλοποίηση της παρέμβασης. Χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυασμό με άλλες μορφές εξωτερικής αξιολόγησης και είναι χρήσιμο να επιτρέπεται σε εκείνους που συμμετέχουν στην εκτέλεση να βελτιώνουν τις επιδόσεις τους και να προσαρμόζουν τα προγράμματα που βρίσκονται σε εξέλιξη.
- **Εξωτερική αξιολόγηση** διενεργείται από εξωτερικούς ειδικούς που δεν εργάζονται εντός του οργανισμού που είναι υπεύθυνος για το αντικείμενο της αξιολόγησης και οι οποίοι δεν έχουν προσωπικό, οικονομικό ή άμεσο ενδιαφέρον για το αντικείμενο. Έτσι, οι εξωτερικές αξιολογήσεις εγγυώνται μια περισσότερο κριτική και αμερόληπτη εκτίμηση του υπό αξιολόγηση αντικειμένου απ'ό, τι είναι δυνατόν να επιτύχει μια εσωτερική αξιολόγηση, αλλά από την άλλη πλευρά, η εσωτερική αξιολόγηση επιτρέπει βαθύτερη και ταχύτερη πρόσβαση στην πληροφορία καθώς και μια ευρύτερη γνώση του υπό αξιολόγηση αντικειμένου.

Επιπλέον, η αξιολόγηση αυτή μπορεί να έχει περαιτέρω διαβάθμιση, ανάλογα με τον σκοπό της (Bloom et al. 1971):

- **Η διαμορφωτική αξιολόγηση (Formative evaluation)** χρησιμοποιείται για τη στήριξη των φορέων, όπως των διευθυντών και των ατόμων που ενδιαφέρονται

άμεσα και εμπλέκονται, βοηθώντας τους να βελτιώνουν τις αποφάσεις και τις δραστηριότητές τους γενικότερα. Εφαρμόζεται κυρίως κατά τη διάρκεια της υλοποίησης μιας παρέμβασης και ως εκ τούτου, έχει σαν στόχο να εκτιμήσει την αποτελεσματικότητα και τη σημασία της.

- **Η αθροιστική αξιολόγηση (Summative evaluation)** αφορά τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης. Πραγματοποιείται προς όφελος των εξωτερικών παρατηρητών ή των φορέων λήψης αποφάσεων (που δεν εμπλέκονται άμεσα στην ανάπτυξη της παρέμβασης). Αθροιστική αξιολόγηση γίνεται, για παράδειγμα, για λόγους υπευθυνότητας, για την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τα αποτελέσματα της έρευνας ή έξοδα που τα δικαιολογούν.

Η αξιολόγηση, ως γενική εκτίμηση, μπορεί να αναλυθεί σε τέσσερις διακριτές φάσεις:

- Τη **φάση διάρθρωσης** κατά την οποία αναγνωρίζονται τα κριτήρια επιτυχίας, οι δείκτες, οι απορίες, οι πηγές δεδομένων και τα επίπεδα-στόχοι. Αυτό το βήμα εξασφαλίζει ότι η μεθοδολογία αξιολόγησης υλοποιείται σύμφωνα με αναγνωρισμένες μεθόδους συλλογής δεδομένων, παρέχοντας έτσι μια βάση για τον καθορισμό των απαιτούμενων πληροφοριών και την αξιολόγηση της απόδοσης των παρεμβάσεων. Η φάση της διάρθρωσης παρέχει συνήθως μια έκθεση που αναδεικνύει την επιχειρησιακή στρατηγική για την αξιολόγηση.
- Η **φάση συλλογής δεδομένων** είναι η συλλογή ποιοτικών ή/και ποσοτικών στοιχείων. Ως εκ τούτου, αναγνωρίζει πληροφορίες, γνωμοδοτήσεις και αντιλήψεις.
- Η **φάση της ανάλυσης δεδομένων** αφορά την αναθεώρηση των δεδομένων που συλλέγονται κατά την προηγούμενη φάση με τη χρήση διαφόρων εργαλείων και τεχνικών, όπως η ανάλυση μιας έρευνας, μιας συνέντευξης και ούτω καθεξής.
- Η **φάση της διατύπωσης αποφάσεων** αποτελεί το τελικό στάδιο της αξιολόγησης. Η φάση αυτή εξετάζει την παρέμβαση σε σχέση με συγκεκριμένα κριτήρια.

Ανάλογα με τις φάσεις της διαδικασίας αξιολόγησης, χρησιμοποιούνται διαφορετικά εργαλεία και τεχνικές, όπως (Linda et al. 2009):

- Παρακολούθηση
- Ανάλυση SWOT (strengths – weaknesses – opportunities – threats)
- Ερωτηματολόγιο

- Μελέτες περιπτώσεων
- Αναλυτικά μοντέλα
- Διαβουλεύσεις από επιτροπές ειδικών
- Ανάλυση κόστους-οφέλους
- Πολυκριτηριακή ανάλυση

Λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές διαβουλεύσεις με τις οποίες εξάγονται οι γνωμοδοτήσεις, διατίθεται ένας αρκετά μεγάλος αριθμός επιλογών:

- *Συνέντευξη (ή πρόσωπο με πρόσωπο)*: Συνήθως οι συνεντεύξεις βασίζονται σε διεξοδικές ή και διαπροσωπικές συζητήσεις, ώστε να συγκεντρωθούν συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με επιμέρους ζητήματα. Η τεχνική της συνέντευξης χρησιμοποιείται για τη συλλογή ποιοτικών πληροφοριών και απόψεων των ανθρώπων που συμμετέχουν σε ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα ή σχέδιο, στο πλαίσιο του ή το αποτέλεσμα ή τις επιπτώσεις του. Διακρίνονται διάφορες μορφές ομιλίας, κάθε μία από τις οποίες έχει διαφορετικό σκοπό: μια άτυπη συνέντευξη, μια ημιδομημένη συνέντευξη που κατευθύνεται και μια δομημένη συνέντευξη (η αυστηρότερη προσέγγιση).
- *Ομάδες εστίασης (focus groups)*: αυτές είναι οι συνεντεύξεις/συζητήσεις που στοχεύουν σε μια ομοιογενή ομάδα ατόμων που αποτελείται από έναν αριθμό ανθρώπων (συνήθως από 6 έως 12) των οποίων η προσοχή εστιάζεται σε ένα συγκεκριμένο θέμα που έχει διερευνηθεί σε βάθος. Ο συντονιστής κατευθύνει και οδηγεί τη συζήτηση μεταξύ των συμμετεχόντων και διευκολύνει την αλληλεπίδραση. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται συνήθως με μια ήπια προσέγγιση ποιοτικής αξιολόγησης, δηλαδή όταν είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται οι εκτιμήσεις, κρίσεις, απόψεις που εκφράζονται από ειδικούς επαγγελματίες, και οι χρήστες/πελάτες να συγκεντρώνουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με ένα θέμα, μια διαδικασία, ένα αποτέλεσμα, ένα προϊόν κ.λπ.
- *Τεχνική Delphi*: σε αντίθεση με την ομάδα εστίασης όπου οι εμπειρογνώμονες καλούνται να ανταποκριθούν από κοινού στις ερωτήσεις που εκπονήθηκαν από το διαμεσολαβητή για τους στόχους της διαβούλευσης, η τεχνική Delphi βασίζεται στην έμμεση αλληλεπίδραση και στη δομημένη επικοινωνία μεταξύ εμπειρογνώμωνων. Ονομάζεται επίσης «επαναλαμβανόμενη συνέντευξη» με την έννοια ότι οι ίδιοι εμπειρογνώμονες απαντούν σε τουλάχιστον δύο ενότητες ερωτήσεων, που πρέπει να είναι σταδιακά περισσότερο δομημένες με βάση τα αποτελέσματα του προηγούμενου γύρου συνεντεύξεων. Σε σύγκριση με την ομάδα εστίασης, η τεχνική αυτή είναι

περισσότερο χρονοβόρα, αλλά είναι οπωσδήποτε ευκολότερο οι εμπειρογνώμονες να οργανώνονται έτσι ώστε να πραγματοποιούν μία κάθε φορά, ενώ η ομάδα εστίασης πρέπει να συντάσσεται στην ίδια θέση, την ίδια ώρα και για τον ίδιο χρόνο.

- *Τεχνική ονομαστικών ομάδων (nominal groups)*: Η τεχνική αυτή διαφέρει από την τεχνική Delphi, καθώς οι εμπειρογνώμονες βρίσκονται στο ίδιο μέρος την ίδια χρονική στιγμή, και συνήθως δεν αλληλεπιδρούν άμεσα μεταξύ τους, αλλά πάντα μέσω του ερευνητή που συλλέγει και επεξεργάζεται περιοδικά τις μαρτυρίες που δίνονται, προφορικά ή γραπτά. Η τεχνική αυτή απαιτεί από τους εμπειρογνώμονες που συμμετέχουν να γνωρίζουν τις απαντήσεις που δόθηκαν από άλλους συμμετέχοντες και να εκφράζουν τις απόψεις τους ή να κάνουν προσθήκες, αλλά μόνο με τη σειρά τους, χωρίς να απαντούν απευθείας στο συντάκτη της παρέμβασης.
- *Καταιγισμός ιδεών (brainstorming)*: αυτή είναι μια από τις πολλές μη ομαδικές τεχνικές που αναπτύχθηκαν για την αξιολόγηση και που επικεντρώνεται ιδιαίτερα προς τη διευκόλυνση της δημιουργικότητας και της παραγωγής νέων ιδεών. Η παραδοσιακή εκδοχή του καταιγισμού ιδεών περιλαμβάνει μια ομάδα ανθρώπων, που είναι καλύτερο να καθοδηγείται από έναν συντονιστή. Η ομάδα καλείται να παράγει νέες ιδέες και όχι παρατηρήσεις πάνω σε παλιές, ανεξάρτητα από την αξία τους.

Όπως είναι αναμενόμενο οι τεχνικές αυτές έχουν πολλούς περιορισμούς και μειονεκτήματα. Ωστόσο, κοινά προβλήματα που ανακύπτουν κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, ανεξάρτητα από την κάθε μεμονωμένη τεχνική που χρησιμοποιείται είναι: η έλλειψη δεδομένων, απλοϊκή ή υποκειμενική ταξινόμηση δεδομένων, συλλογή ασήμαντων πληροφοριών ή πληροφοριών που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γενικεύσεις, μεροληπτικές ή αναξιόπιστες απαντήσεις, λάθη στην επιλογή των εμπλεκόμενων συμμετεχόντων, αυθαίρετη επιλογή πληροφοριών, ασάφεια αποτελεσμάτων κ.λπ. Αυτός είναι ο λόγος που συγκεκριμένα προβλήματα τα οποία συνδέονται με κάποιο είδος αξιολόγησης θα μπορούσαν να μετριαστούν με τη χρήση σύνθετης ανάλυσης. Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματά της, η πολύκριτηριακή αξιολόγηση απαιτεί σχολαστική προετοιμασία για να αναλύσει σωστά τα δεδομένα.

Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής παρατηρήθηκε έλλειψη στα διαθέσιμα δεδομένα για τη σύγκριση, μεγεθών όπως η πιθανοφάνεια εκτιμήσεων σε σχέση με τη συχνότητα τους σε βάθος χρόνου. Επιπλέον, εξαιτίας της σπανιότητας των περιστατικών ασφάλειας, ακόμη και τα πιο συχνά εμφανιζόμενα γεγονότα θα απαιτούσαν πολύ μεγάλη περίοδο δειγματοληψίας, προκειμένου να συγκεντρωθούν επαρκείς εμφανίσεις και, συνεπώς,

να εκτιμηθεί με στατιστικά αποδεκτή ακρίβεια η σχετική συχνότητα τους σε αντίθεση με τις εκτιμήσεις για το πλαίσιο. Ως εκ τούτου, η μόνη βιώσιμη στρατηγική για την εκτίμηση της συνολικής αποτελεσματικότητας του εργαλείου είναι η εκμετάλλευση της εμπειρίας μιας σημαντικής ομάδας τελικών χρηστών και η αξιολόγησή της με βάση:

- τη **διαισθητικότητα (intuitiveness)**: πώς οι εκτιμήσεις που παράγονται από το προτεινόμενο μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας ταιριάζουν με εκείνες των τελικών χρηστών ή δείχνουν αναμενόμενες/λογικές
- τη **χρηστικότητα**: ευκολία χρήσης, χρησιμότητα αποτελέσματος

### 7.1.1 Πλαίσιο αξιολόγησης προτεινόμενης μεθοδολογίας

Η αξιολόγηση του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου έχει σχεδιαστεί για να πραγματοποιείται από τους τελικούς χρήστες που δεν εμπλέκονται άμεσα στην ανάπτυξη της. Επομένως, θεωρείται ότι είναι **εξωτερική** αξιολόγηση. Αυτή επιτρέπει να γίνεται μια αντικειμενική και ρεαλιστική προσέγγιση στο θέμα της αξιολόγησης, δεδομένου ότι οι τελικοί χρήστες είναι οι πραγματικοί πελάτες φορείς των αποτελεσμάτων του έργου. Επιπλέον, βοηθά στην προώθηση της ανεξαρτησίας, την ακρίβεια και τελικά στην αξιοπιστία της διαδικασίας αξιολόγησης στο σύνολό της. Ως προς την άποψη-στόχο, θεωρείται ότι είναι ένα είδος **αθροιστικής** αξιολόγησης που θα οδηγήσει κατά κύριο λόγο μια σύνοψη των πορισμάτων της αξιολόγησης και την υποβολή των αναφορών τους με δομημένο τρόπο.

Για το σχεδιασμό της μεθοδολογίας έχουν ληφθεί υπόψη τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά, που έχουν εμπνευστεί από την πολιτική αξιολόγησης του Danida(2006):

- **Χρησιμότητα**: οι πληροφορίες που παράγονται από τη διαδικασία αξιολόγησης πρέπει να βελτιώσουν το θέμα υπό σχεδίαση καθώς και τις μελλοντικές του εξελίξεις
- **Αντικειμενικότητα και αξιοπιστία**: τα αποτελέσματα της αξιολόγησης πρέπει να είναι επαληθεύσιμα και αμερόληπτα και πρέπει να παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες με ισορροπημένο τρόπο. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται από έναν εταίρο που δεν συμμετέχει στην υλοποίηση της δραστηριότητας, προκειμένου να αποφευχθεί η σύγκρουση συμφερόντων και η συνολική αντικειμενικότητα.
- **Ακρίβεια**: όλες οι σχετικές πτυχές πρέπει να καλύπτονται και τα δεδομένα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερα
- **Διαφάνεια**: σκεπτικό αξιολόγησης, πόροι, διαδικασίες και κριτήρια πρέπει να παρουσιάζονται με σαφήνεια και να εξηγούνται

- **Σκοπιμότητα:** όλοι οι πόροι που απαιτούνται πρέπει να είναι διαθέσιμοι και όλες οι διαδικασίες και οι μέθοδοι πρέπει να είναι εφικτές

Έχοντας υπόψη αυτές τις αρχές, η ανάπτυξη της μεθοδολογίας έχει καθοδηγηθεί από τις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. **Τι πρέπει να αξιολογηθεί;** Σαφής προσδιορισμός του θέματος που αξιολογείται.
2. **Ποιος ενδιαφέρεται για την αξιολόγηση;** Αυτή η ερώτηση έχει ως στόχο τον εντοπισμό όλων των ενδιαφερόμενων μερών που θα επωφεληθούν από τη δραστηριότητα αξιολόγησης. Η ανάλυση των προσδοκιών και των απαιτήσεων τους, οδηγεί στην επιλογή των σχετικών σημείων χρώματος ή κρίσιμων ζητημάτων και επιπλέον λειτουργεί ως μέσο διάδοσης.
3. **Ποια κρίσιμα ζητήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν;** Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι το σύνολο των κρίσιμων ζητημάτων που όλα μαζί παρέχουν την ουσιώδη φύση της αξιολόγησης και οδηγούν στον προσδιορισμό των κριτηρίων επιτυχίας. Βέβαια, κάποια από αυτά είναι «rain points» λόγω περισσότερων του ενός παραγόντων, αλλά από διαφορετική οπτική γωνία.
4. **Τι πρέπει να μετρηθεί;** Τα κρίσιμα αυτά ζητήματα πρέπει να μεταφραστούν σε αντικειμενικά, συνεκτικά και κατάλληλα κριτήρια και σχετικούς δείκτες. Οι εν λόγω δείκτες μπορούν να μετρώνται άμεσα ή έμμεσα. Οι δείκτες αυτοί αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία αναπτύσσεται αυτό το ερωτηματολόγιο.
5. **Πώς πρέπει να γίνεται η αξιολόγηση;** Η διαφορετική φύση και τα ποικίλα κριτήρια αναγκάζουν τη μελέτη των πολλαπλών και ετερογενών ειδών μηχανισμών, εργαλείων και τεχνικών, όπως τα ερωτηματολόγια, τις συζητήσεις ομάδων εστίασης, κλπ. Μερικά από αυτά τα κριτήρια μπορεί να απαιτήσουν περισσότερα από ένα είδος αξιολόγησης και, κατά συνέπεια, μπορεί να χρειαστούν πολλά σχετικά εργαλεία και τεχνικές. Οργανώθηκαν και διεξάχθηκαν δομημένες συνεντεύξεις με τους τελικούς χρήστες με βάση ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο.
6. **Ποιοι συμμετέχουν στην αξιολόγηση;** Τα διαφορετικά είδη των εργαλείων, μηχανισμών και τεχνικών που θα χρησιμοποιηθούν απευθύνονται σε διαφορετικές ομάδες-στόχους, αλλά συνήθως αφορούν ειδικούς εκτίμησης κινδύνων και λήψης αποφάσεων των σχετικών φορέων.
7. **Πώς πρέπει να αναφέρονται τα αποτελέσματα;** Τα αποτελέσματα πρέπει να παρουσιάζονται σε κατάλληλο ύφος και μορφή, ανάλογα με το κοινό-στόχο αναφοράς. Όλες οι δραστηριότητες παροχής πληροφοριών πρέπει να σχεδιάζονται ανάλογα, δίνοντας προσοχή στο πιο κατάλληλο μέσο επικοινωνίας για το συγκεκριμένο κοινό, από άποψη παρουσίασης του περιεχομένου, είδους γλώσσας, επιπέδου λεπτομέρειας και ούτω καθεξής.

### **7.1.2 Συμβολή κοινότητας τελικών χρηστών**

Η πιο ελκυστική επιλογή μεταξύ των διαθέσιμων τεχνικών για τη διαβούλευση των τελικών χρηστών είναι ένα μείγμα διαφόρων τεχνικών όπως οι ομάδες εστίασης, οι προσωπικές συνεντεύξεις και ο καταγισμός ιδεών, καθώς μπορεί να εξισορροπήσουν τα οφέλη της ελεύθερης έκφρασης προσωπικών εμπειριών με την αντίθεση και τη σύντηξη διαφορετικών απόψεων. Αυτό επιτρέπει επίσης την ανάδειξη των απόψεων που είναι συνηθέστερα αποδεκτές, ευκρινείς και συγκεκριμένες παράλληλα με τις συνεισφορές που προέρχονται από προσωπικές συνεντεύξεις.

Για τα πλαίσια της διατριβής, η αξιολόγηση ης προτεινόμενης μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε σε συνδυασμό με τις ημερίδες εργασίας (workshops) του χρηματοδοτούμενου Ευρωπαϊκού Προγράμματος “Strategic Risk Assessment and Contingency Planning in Interconnected Transport Networks (STAR-TRANS – FP7 225594)”. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε εξειδικευμένο σύνολο ερωτήσεων για το πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας σε ετερογενή και διασυνδεδεμένα συστήματα και παρουσιάστηκε σε τελικούς φορείς χρήστες προς συμπλήρωση και επεξεργασία.

### **7.1.3 Επιλογή τελικών χρηστών**

Εφόσον οι τεχνικές διαβούλευσης στοχεύουν στην ανίχνευση απόψεων από διαφορετικές πλευρές, είναι σημαντικό να γίνει επιλογή συμμετεχόντων από συναφές υπόβαθρο αλλά με διαφορετικές απόψεις/ρόλους.

- **Ειδικοί εκτίμησης κινδύνων** από συναφείς οργανισμούς/επιχειρήσεις/φορείς του δημόσιου: Μπορούν να παρέχουν στοιχεία με βάση την επιχειρησιακή άποψη.
- **Υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων/επόπτες** από σχετικούς οργανισμούς / επιχειρήσεις /φορείς του δημοσίου.

Σε κάθε μία από τις κατηγορίες τελικού χρήστη που αναφέρονται παραπάνω, θέτουμε επιπλέον κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις επιλογής ατόμων για τις δοκιμές ελέγχου:

- Τα άτομα που επιλέγονται θα πρέπει να εκπροσωπούν όλο το φάσμα των ενδιαφερόμενων για το έργο και επομένως θα πρέπει να εξασφαλίζουν ένα ισχυρό

ποσοστό «αντιπροσωπευτικότητας» της ομάδας των ενδιαφερομένων στην οποία ανήκουν. Για αυτό, θα πρέπει να επιλεγεί τουλάχιστον ένας τελικός χρήστης από κάθε κατηγορία. Επιπλέον, θα πρέπει να συμπεριληφθούν τελικοί χρήστες που θα προέρχονται από οργανισμούς που χαρακτηρίζονται από μεγάλη διαφορετικότητα.

- Τα άτομα θα πρέπει να έχουν μεγάλη εμπειρία στους αντίστοιχους τομείς της ειδικότητάς τους όπως και αμερόληπτη και ουδέτερη προδιάθεση ως προς αυτή καθαυτή την επιτυχία του έργου.
- Τα άτομα που επιλέγονται θα πρέπει ιδανικά να παρουσιάζουν πρότερη συμμετοχή σε παρόμοια έργα και ικανοποιητική κατανόηση του σκοπού που καλούνται να εκπληρώσουν.

Οι τελικοί χρήστες, που ορίζονται ως «συναφείς» είναι:

- Ειδικοί ασφάλειας (Ειδικοί από εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ασφάλειας σε διάφορα επίπεδα – τεχνολογικό, φυσικό, κλπ.)
- Πάροχοι μεταφορικών υπηρεσιών (Ειδικοί – συγκοινωνιολόγοι, ειδικοί ασφάλειας κλπ. - από δημόσιες ή ιδιωτικές επιχειρήσεις που παρέχουν υπηρεσίες μαζικής μεταφοράς στο κοινό)
- Δημόσιες Υπηρεσίες (Ειδικοί από Αστυνομικές, Δημοτικές, Νομαρχιακές, Περιφερειακές και Υπηρεσίες σχετικών Υπουργείων σε θέματα μεταφοράς)
- Υπηρεσίες και Αρχές Πρώτης Απόκρισης (Ειδικοί από Αστυνομικές, Πυροσβεστικές και λοιπές υπηρεσίες απόκρισης σε περιστατικά ασφάλειας)

#### **7.1.4 Σχεδίαση ερωτηματολογίου**

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το ερωτηματολόγιο έχει βασικό στόχο να εξάγει δείκτες αξιολόγησης των χρηστών με βάση τη διαίσθηση και την ευχρηστία. Ως εκ τούτου, το κύριο σώμα του ερωτηματολογίου χωρίστηκε σε 3 ενότητες, εκ των οποίων η μια αφορούσε αποκλειστικά τους σκοπούς της παρούσας διατριβής.

Εφαρμόστηκε ένα ενιαίο ερωτηματολόγιο, που κατέστησε τη διαδικασία αξιολόγησης πιο ανοικτή και ευέλικτη, επιτρέποντας στους τελικούς χρήστες από διαφορετικά υπόβαθρα να μιλήσουν αβίαστα για οποιοδήποτε θέμα. Το τμήμα του ερωτηματολογίου που σχετίζεται με τους στόχους της διατριβής, μεταφρασμένο στα Ελληνικά, παρουσιάζεται στο Παράρτημα 6.



## 7.2 Αξιολόγηση Πλαισίου εκτίμησης επικινδυνότητας: Απειλή για βόμβα σε σημαντικό μεταφορικό κόμβο

Για να αξιολογηθεί η συνολική αποτελεσματικότητα του πλαισίου και η συνέργεια μεταξύ των εμπλεκόμενων στοιχείων, εξετάζεται ένα σενάριο που θα ανιχνεύσει τη λειτουργικότητα του μεθοδολογικού πλαισίου εκτίμησης επικινδυνότητας. Η διαλειτουργικότητα και η συνοχή των αποτελεσμάτων αξιολογείται και με την εξακρίβωση της ανάλυσης πόρων/δικτύου.

Το σενάριο εξετάζει μια βομβιστική απειλή στον σταθμό Δουκίσσης Πλακεντίας (κοινός σταθμός μετρό/προαστιακού), αρχικός σταθμός και κύριος άξονας λεωφορείων, καθώς και κύριος κόμβος προώθησης επιβατών από/προς το αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλος. Αυτό το σενάριο έχει επιλεγεί λόγω της μεγάλης πιθανότητας εμφάνισης του, όπως αναλύθηκε από συνεργαζόμενους φορείς, και του ότι περιλαμβάνει εγγενώς πολλαπλά ετερογενή δίκτυα (μετρό/προαστιακό/λεωφορεία).

Το περιστατικό εκκίνησης περιλαμβάνει μια κλήση για απειλή βόμβας που εμφανίστηκε στο σταθμό Πλακεντίας, και το αρχικό περιστατικό επηρεάζει ταυτόχρονα πόρους δυο διαφορετικών δικτύων (μετρό και προαστιακός) που συσχετίζονται στον ίδιο χώρο (Εικόνα 7-1). Η απειλή επαληθεύεται από τους αρμόδιους φορείς και εκτιμάται ως πραγματική. Η ταξινόμηση για το συγκεκριμένο τύπο της απειλής είναι η εξής (λαμβάνεται από τον πίνακα απειλητικών περιστατικών):

**Πίνακας 7-1: Ταξινόμηση κλήσης για απειλή βόμβας**

Τύπος απειλής	Κατηγορία απειλής	Υποκατηγορία απειλής	Κίνδυνος	Περιστατικό
Ανθρωπογενής	Οργανωμένη και μη οργανωμένη εγκληματική δραστηριότητα	Αντικοινωνική συμπεριφορά	Απατές - Απειλές	Βόμβες - φάρσες κλήση

Στη συνέχεια ο χρήστης της προτεινόμενης μεθοδολογίας κρίνει και καθορίζει τους όρους υπό τους οποίους λαμβάνει χώρα το περιστατικό και η εξέλιξη του:

- Γεωαναφορά πόρου/δικτύου (σταθμός Δ. Πλακεντίας)
- Το περιστατικό επιλύθηκε σε 3 ώρες

- Εκκένωση του πόρου και στα δυο δίκτυα
- Πολλές ομάδες επέμβασης από Παράρτημα 5
- Δεν υπάρχουν θύματα
- Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των συνεπειών τόσο στο επίπεδο 1 όσο και στο επίπεδο 2
  - Αδιάλειπτη λειτουργία: L2
  - Υπόλοιπα: L1
- Επιλογή «**Σταθμισμένος Μέσος Όρος**» με ισοδύναμα σε όλες τις δέσμες
- Διάδοση μόνο σε φυσικά διασυνδεδεμένους πόρους, δεν υπάρχει διάδοση συνεπειών λόγω συστημικής/λογικής διασύνδεσης.

Ως εκ τούτου, η συνέπεια, η πιθανοφάνεια και, η εκτίμηση των κινδύνων έχει ως εξής:

**Η πιθανοφάνεια για το περιγραφόμενο περιστατικό στον πόρο του δικτύου μεταφορών θεωρείται ότι αντιστοιχεί στην κατηγορία «ΜΕΓΑΛΗ».**

Για το σταθμό του μετρό Πλακεντίας έχουμε την εξής εκτίμηση συνέπειας:

**Πίνακας 7-2: Εκτίμηση των συνεπειών σταθμού μετρό Πλακεντίας**

Κατηγορία	Επιπτώσεις	Κίνδυνος
Απώλειες	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Οικονομικές απώλειες	ΜΙΚΡΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ
Περιβάλλον	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Απόκριση	ΜΕΤΡΙΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ
Κλιμακωτό συμβάν	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Κοινωνικά & Ψυχολογικά	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Αδιάλειπτη λειτουργία	ΜΕΤΡΙΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ
↓ Ισα βάρη		
<b>Σύνολο επιπτώσεων</b>	<b>ΜΙΚΡΕΣ</b>	<b>ΜΕΤΡΙΟΣ</b>

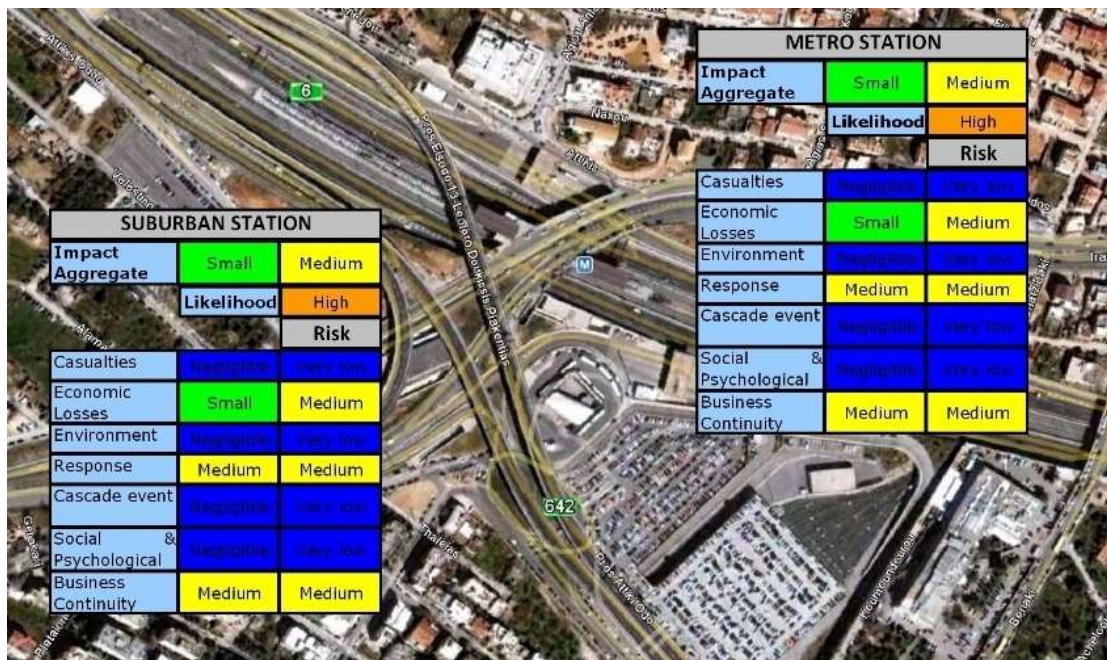
**Πίνακας 7-3: Εκτίμηση των συνεπειών προαστιακού σταθμού Πλακεντίας**

Κατηγορία	Επιπτώσεις	Κίνδυνος
Απώλειες	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Οικονομικές απώλειες	ΜΙΚΡΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ
Περιβάλλον	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Απόκριση	ΜΕΤΡΙΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ
Κλιμακωτό συμβάν	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Κοινωνικά & Ψυχολογικά	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Αδιάλειπτη λειτουργία	ΜΕΤΡΙΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ

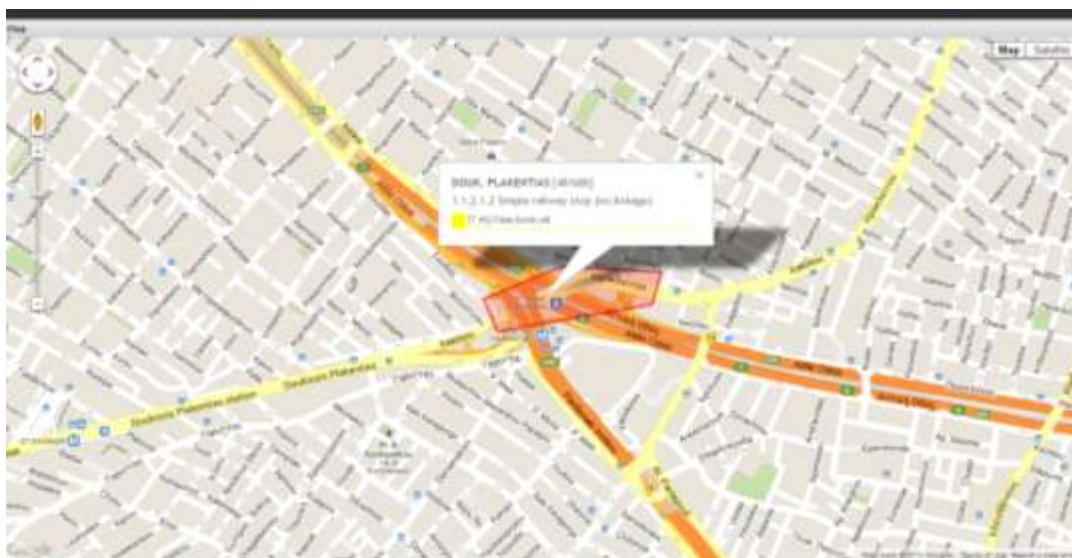
Ίσα βάρη

Σύνολο επιπτώσεων	ΛΙΓΕΣ
-------------------	-------

ΜΕΤΡΙΟΣ
---------

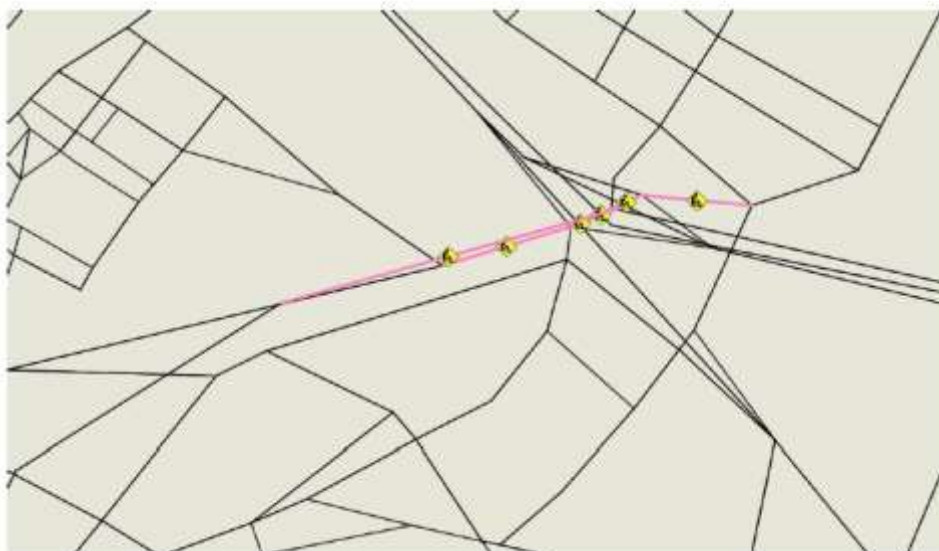


**Εικόνα 7-1: Επί τόπου γραφική αναπαράσταση της διαδικασίας εκτίμησης του κινδύνου (χάρτης από GOOGLE MAPS)**



**Εικόνα 7-2: Εκτίμηση επικινδυνότητας και διασυνδεδεμένοι πόροι δικτύου**

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία αξιολόγησης του κινδύνου, λαμβάνονται υπόψη οι διαδικασίες αντιμετώπισης περιστατικών:



**Εικόνα 7-3: Χάρτης σχεδίασης διαδικασίας απόκρισης σε περιστατικά (σκηνή περιστατικού και αποκλεισμένοι δρόμοι)**

Για το παράδειγμά μας, οι απαραίτητες διαδικασίες αντιμετώπισης δημιουργούν πρόβλημα στις γύρω δομές παρέχοντας γρήγορη πρόσβαση σε οχήματα έκτακτης ανάγκης που καταφθάνουν στη σκηνή. Όσον αφορά την επιχειρησιακή απόκριση στο περιστατικό: τα δρομολόγια του μετρό σταματούν στην Εθνική Άμυνα, η σύνδεση του Προαστιακού μεταξύ Νερατζιώτισσας και σταθμού Πλακεντίας διακόπτεται, εκκενώνονται οι σταθμοί και τίθεται σε ισχύ σχέδιο επείγουσας μεταφοράς για τη μεταφορά των επιβατών στο αεροδρόμιο και

άλλους προορισμούς. Επιπλέον, η κίνηση των λεωφορείων γίνεται πιο δύσκολη εντός της εξωτερικής περιμέτρου και τα δρομολόγια των λεωφορείων πραγματοποιούνται μέσω εναλλακτικών διαδρομών.

Από τα προηγούμενα παρατηρούμε, ότι το αρχικό περιστατικό διαδίδεται σε πόρους που διασυνδέονται, οι οποίοι μοντελοποιούνται μέσω του Πίνακα Διάδοσης Περιστατικών:

**Πίνακας 7-4: Παράδειγμα υποπίνακα διάδοσης περιστατικών**

	Κλήση για απειλή βόμβας	Εκκένωση
Κλήση για απειλή βόμβας	0	P (0.6), Γ (0.6)
Εκκένωση	0	0

Ο παραπάνω Πίνακας Διάδοσης Περιστατικών ερμηνεύεται ως εξής:

Η κλήση για απειλή βόμβας στο σταθμό Πλακεντίας μπορεί να προκαλέσει την εκκένωση στους φυσικά διασυνδεδεμένους πόρους με πιθανοφάνεια 60% και σε γεωγραφικά διασυνδεδεμένους πόρους με την ίδια πιθανοφάνεια (60%). Επιπλέον, υποθέτουμε ότι ο IPM για άλλους πόρους είναι μηδενικός, με την έννοια ότι κανένα περιστατικό δεν εξαπλώνεται περαιτέρω μετά την αναπαραγωγή από τον αρχικό πόρο.

Επομένως, η εκτίμηση της διάδοσης κινδύνου έχει ως εξής, υποθέτοντας βέβαια ότι τα διαθέσιμα Μέτρα ελέγχου κινδύνων είναι «Αναποτελεσματικά» σε όλες τις παρακάτω περιπτώσεις και ως εκ τούτου δεν υπάρχει ούτε πιθανοφάνεια ούτε μετριασμός συνεπειών:

- Εκτίμηση των κινδύνων για το σταθμό μετρό Πλακεντίας: Μεσαίος (ανωτέρω)
- Εκτίμηση των κινδύνων για τον σταθμό Προαστιακού Πλακεντίας: Μεσαίος (ανωτέρω)
- Πιθανοφάνεια εκκένωσης γραμμών μετρό και συρμών μεταξύ Εθνικής Άμυνας / Νερατζιώτισας και Δ. Πλακεντίας:  $0,6 (= \text{Μεσαίος}) * 0,7$  (όπως η πιθανοφάνεια για κλήση απειλής βόμβας είναι «Υψηλή» για το σταθμό Πλακεντίας) =  $0,42 (= \text{Μεσαίο})$
- Εκτίμηση των συνεπειών εκκένωσης γραμμών μετρό και συρμών μεταξύ Εθνικής Άμυνας / Νερατζιώτισας και Δ. Πλακεντίας: Μεσαίος (= 0,6)

**Πίνακας 7-5: Εκτίμηση των συνεπειών εκκένωσης των σταθμών Εθνικής Άμυνας και Νερατζιώτισας**

	Πιθανότητα	Μεγάλη
		Κίνδυνος
Σύνολο επιπτώσεων	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Απώλειες	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Οικονομικές απώλειες	ΜΙΚΡΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ
Περιβάλλον	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Απόκριση	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Κλιμακωτό συμβάν	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Κοινωνικά & Ψυχολογικά	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Αδιάλειπτη λειτουργία	ΜΕΤΡΙΕΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ

Εκτίμηση κινδύνων εκκένωσης των σταθμών Εθνικής Άμυνας και Νερατζιώτισας:  $0,6 * 0,42 = 0.252$  (= χαμηλός)

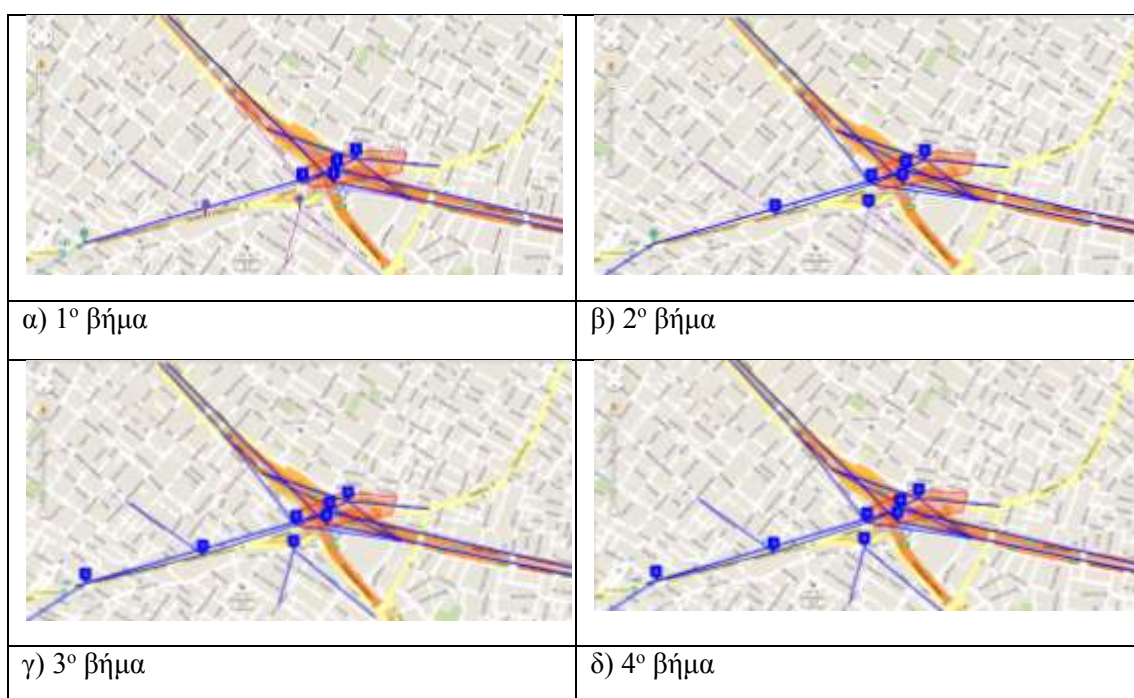
Εκτός του ότι οι σταθμοί Εθνικής Άμυνας και Νερατζιώτισας διασυνδέονται με το σταθμό της Πλακεντίας έχουμε επίσης σταθμούς λεωφορείων (Σταθμός Δουκίσσης Πλακεντίας και Σταθμός Δουκίσσης Πλακεντίας/Ηρακλείου), οι οποίες διασυνδέονται *Γεωγραφικά* με αυτόν.

**Πίνακας 7-6: Εκτίμηση των συνεπειών για στάσεις λεωφορείων**

	Πιθανότητα	Μέτριος
		Εκτίμηση κινδύνων
Συγκεντρωτικά επιπτώσεων	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Απώλειες	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Οικονομικές απώλειες	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Περιβάλλον	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Απόκριση	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Κλιμακωτό συμβάν	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Κοινωνικά & Ψυχολογικά	ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΣ
Αδιάλειπτη λειτουργία	ΜΙΚΡΗ	ΧΑΜΗΛΟΣ

Η πιθανοφάνεια για γεωγραφικά διασυνδεδεμένους πόρους με το σταθμό Πλακεντίας για την εν λόγω απειλή είναι 0,6, όπως μας δείχνει ο Πίνακας 7-4. Συνεπώς, η εκτιμώμενη πιθανοφάνεια μετάδοσης είναι 0,42 (το ίδιο όπως υπολογίζεται για τους φυσικά διασυνδεδεμένους σταθμούς Εθνικής Άμυνας και Νερατζιώτισας. Εδώ όμως, το αποτέλεσμα για τις φυσικά διασυνδεδεμένες στάσεις λεωφορείων, είναι χαμηλή (= 0,3) αφού η παράκαμψη είναι λιγότερο σοβαρή από ότι είναι η διακοπή λειτουργίας. Συνεπώς, η συνολική εκτίμηση του κινδύνου είναι:  $0,42 * 0,3 = 0,126$  (= πολύ χαμηλή).

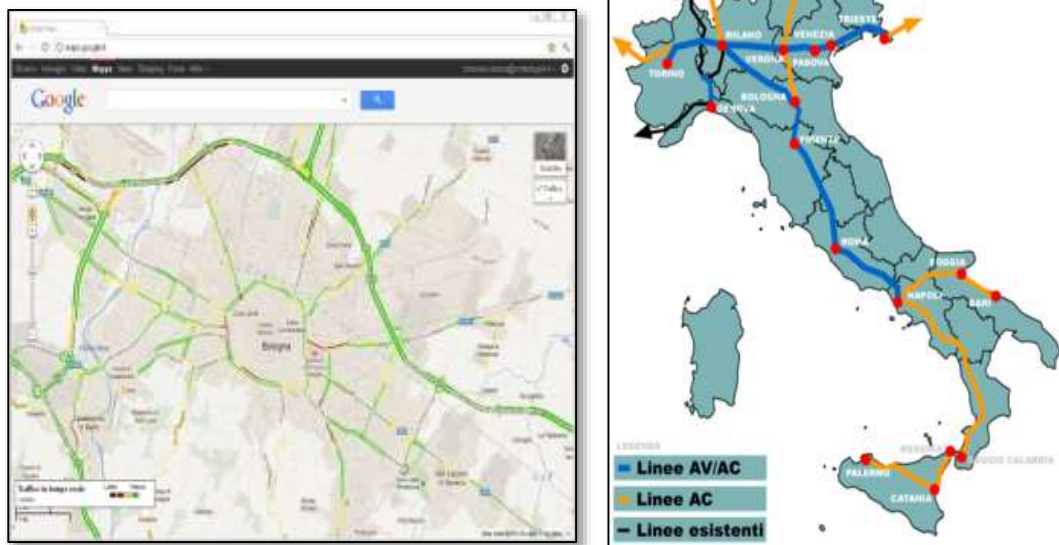
Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η χωρική εξάπλωση των συνεπαγόμενων κινδύνων σε διασυνδεδεμένους πόρους του δικτύου μεταφοράς.



**Εικόνα 7-4: Εκτίμηση επικινδυνότητας σε διασυνδεδεμένους πόρους δικτύου**

### 7.3 Βομβιστική επίθεση σε σιδηροδρομικό σταθμό

Εξαιτίας της στρατηγικής θέσης της, η Μπολόνια είναι ο πιο σημαντικός σιδηροδρομικός κόμβος της Ιταλίας που εξυπηρετεί περί τους 800 συρμούς την ημέρα, σχεδόν 60 εκατομμύρια επιβάτες κατ' έτος και περιέχει 33 ράγες στον εμπορευματικό σταθμό της.



Εικόνα 7-5: Η θέση της Μπολόνια και η σημασία της ως σημαντικού συγκοινωνιακού ιταλικού κόμβου

Η πόλη Μπολόνια είναι δυστυχώς επίσης γνωστή για το περιστατικό ασφάλειας στο σταθμό των τρένων του Αυγούστου του 1980, μία από τις πιο πολύνεκρες τρομοκρατικές επιθέσεις στην ιστορία της Ιταλίας η οποία έχει γίνει γνωστή στη χώρα ως **η σφαγή της Μπολόνια**. Το πρωί του Σαββάτου 2 Αυγούστου 1980, στις 10:25, έγινε τρομοκρατική βομβιστική επίθεση στον κεντρικό σταθμό με ωρολογιακή βόμβα που βρισκόταν σε μια εγκαταλελειμμένη βαλίτσα, η οποία εξερράγη μέσα σε κλιματιζόμενη αίθουσα αναμονής. Λόγω του ότι ήταν Αύγουστος (και η αίθουσα κλιματιζόμενη, πράγμα ασυνήθιστο για την Ιταλία εκείνη την εποχή) η αίθουσα ήταν γεμάτη από ανθρώπους. Η έκρηξη κατέστρεψε το μεγαλύτερο μέρος του κεντρικού κτιρίου και χτύπησε το συρμό της διαδρομής Αγκόνα-Chiasso που περίμενε στην πρώτη πλατφόρμα. Η οροφή της αίθουσας αναμονής κατέρρευσε πάνω στους επιβάτες, γεγονός που αύξησε σημαντικά το συνολικό αριθμό των θυμάτων που έχασαν τη ζωή τους κατά την τρομοκρατική επίθεση. Εκείνο το Σάββατο κατά τη θερινή περίοδο, ο σταθμός ήταν γεμάτος από τουρίστες και η πόλη ήταν απροετοίμαστη για ένα τέτοιου τύπου μαζικό περιστατικό. Δεν υπήρχαν αρκετά ασθενοφόρα και έτσι χρησιμοποιήθηκαν λεωφορεία και ταξί για τη μεταφορά των τραυματισμένων θυμάτων στα νοσοκομεία.

Η επίθεση ουσιαστικά αποδόθηκε στη νεοφασιστική τρομοκρατική οργάνωση Nuclei Armati Rivoluzionari (Ενοπλοι Επαναστατικοί Πυρήνες) αλλά λίγο μετά προέκυψαν υποψίες για συμμετοχή των ιταλικών μυστικών υπηρεσιών, λόγω των εκρηκτικών υλών που χρησιμοποιήθηκαν στη βόμβα αλλά και το πολιτικό κλίμα μέσα στο οποίο συνέβη η σφαγή.





**Εικόνα 7-6: 2/8/1980, μετά την τρομοκρατική βομβιστική επίθεση στον κεντρικό σιδηροδρομικό σταθμό της Μπολόνια**

Η προτεινόμενη μελέτη περίπτωσης ενσωματώνει τα εθνικά και περιφερειακά σιδηροδρομικά συστήματα, το δίκτυο των λεωφορείων και το οδικό δίκτυο της πόλης. Προσομοιώνεται το ξαφνικό κλείσιμο του κεντρικού σιδηροδρομικού σταθμού. Η εθνική μετακίνηση σε συνδυασμό με την περιφερειακή και τοπική, εξετάζονται και χωρίζονται σε μικρά ανεξάρτητα δίκτυα μετά το περιστατικό, με την παραδοχή ότι μπορεί να σχεδιαστεί μια παράκαμψη στη λειτουργία του δικτύου λεωφορείων ώστε να εξυπηρετεί τους πολίτες, δεδομένου ότι ένα σημαντικό τμήμα του οδικού δικτύου παραμένει κλειστό για τους πολίτες.

### **7.3.1 Συλλογή δεδομένων**

Τα δεδομένα που συλλέγονται με την υποστήριξη της Bologna SRM περιλαμβάνουν:

- Δίκτυο λεωφορείων (6.750 στάσεις, 220 γραμμές, 8.750 συνδέσεις)
- Προαστιακό σιδηροδρομικό δίκτυο
- Εθνικό δίκτυο
- Δίκτυο κυκλοφορίας ιδιωτικών αυτοκινήτων
- Πίνακα ζήτησης αυτοκινήτων (8:00 πμ - 9:00 πμ)
- Πίνακα ζήτησης βαρέων φορτηγών (8:00 πμ - 09:00 πμ)
- Πίνακα ζήτησης λεωφορείων (7:00 πμ - 9:00 πμ)
- Πίνακα ζήτησης τρένων (7:00 πμ - 9:00 πμ).

Τα παραπάνω στοιχεία έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκπόνηση του Περιφερειακού Πλάνου Μετακίνησης (το στρατηγικό μέσο σχεδιασμού της περιφερειακής κινητικότητας). Ο πίνακας της κυκλοφοριακής ζήτησης έχει παραταθεί έως τις 8 πμ για τα ΜΜΜ, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που λαμβάνονται από έρευνες σχετικά με τις γραμμές, και μέχρι τις 12 μμ για τις ιδιωτικές μεταφορές, χρησιμοποιώντας υπολογιστικά μοντέλα προσομοίωσης της κυκλοφορίας σε ορισμένα τμήματα του οδικού δικτύου.

### **7.3.2 Εφαρμογή ανάλυσης κινδύνων**

Οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των δικτύων έχουν συσταθεί για μια περιγεγραμμένη περιοχή γύρω από το σταθμό. Για το δίκτυο του προαστιακού σιδηροδρόμου, οι φυσικές αλληλεξαρτήσεις έχουν συσταθεί μεταξύ:

- όμορων σιδηροδρομικών τροχιών
- Σιδηροδρομικών ραγών με άκρο στο σταθμό και τον ίδιο το σιδηροδρομικό σταθμό, επειδή η διακοπή ενός τμήματός τους ή η αποδιοργάνωση του σταθμού αποκλείει τη χρήση των διαβάσεων των τρένων.

Για το εθνικό σιδηροδρομικό δίκτυο, οι φυσικές αλληλεξαρτήσεις έχουν συσταθεί μεταξύ:

- όμορων σιδηροδρομικών ραγών
- Σιδηροδρομικών ραγών με άκρο στο σταθμό και τον ίδιο το σιδηροδρομικό σταθμό, επειδή η διακοπή ενός τμήματός τους ή η αποδιοργάνωση του σταθμού αποκλείει τη χρήση των διαβάσεων των τρένων.

Για το δίκτυο των λεωφορείων, οι φυσικές αλληλεξαρτήσεις έχουν δημιουργηθεί μεταξύ:

- συνδέσεων δικτύου (οδική σύνδεση ανάμεσα σε δύο στάσεις) και στάσεων λεωφορείων επειδή η αποδιοργάνωση στις στάσεις των λεωφορείων δεν συνεπάγεται τη μη χρησιμότητα ενός συνδέσμου (δεν ισχύει το αντίθετο).

Για το δίκτυο των λεωφορείων, οι γεωγραφικές αλληλεξαρτήσεις έχουν δημιουργηθεί μεταξύ:

- των στάσεων των λεωφορείων και των συνδέσεων δικτύου (οδική σύνδεση ανάμεσα σε δύο στάσεις), επειδή η διακοπή σύνδεσης συνεπάγεται την απουσία χρήσης της στάσης.

Αναφορικά με τις συνδέσεις μεταξύ των σιδηροδρόμων και των δικτύων των λεωφορείων, έχουν υλοποιηθεί γεωγραφικές διασυνδέσεις μεταξύ:

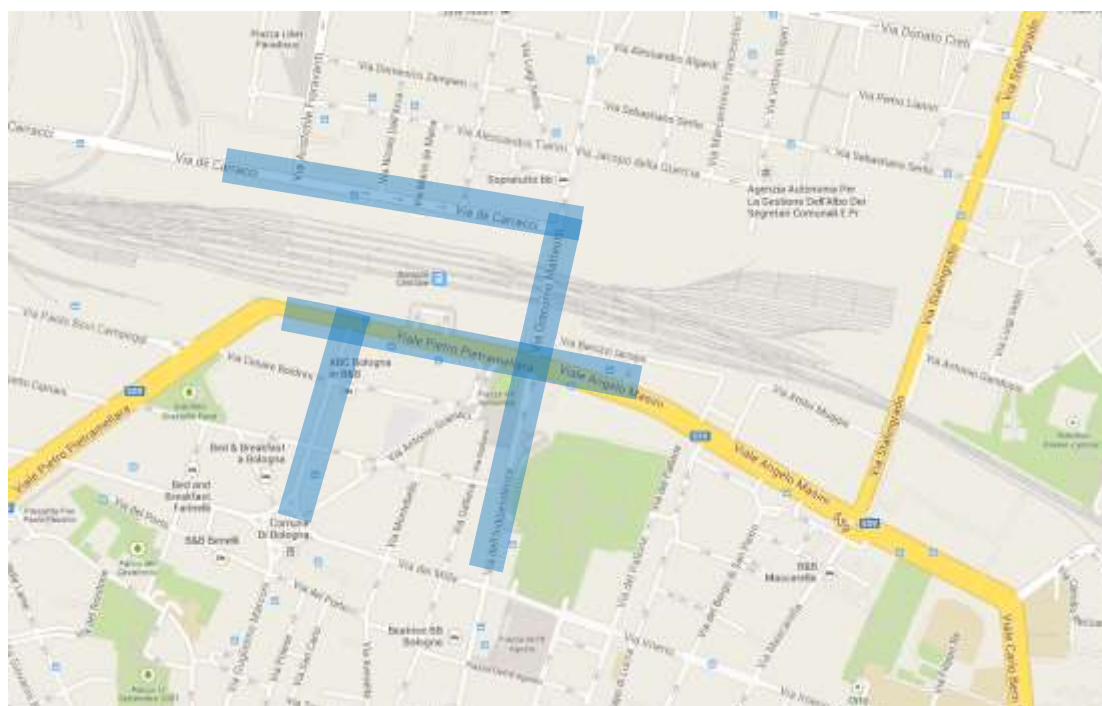
- σταθμού και στάσεων λεωφορείων,
- γέφυρας και ραγών, λαμβανομένης υπόψη της μετάδοσης των συμβάντων πέρα από την φυσική επαφή.

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο του παραχθέντος IPM για το περιστατικό αυτό.

Incident Propagation Matrix						
Threat 1	Threat 2	Physical	Systemic	Geographical	Logical	Self
Bombs in abandoned objects	intentional damage	Certainty	- Not Set -	Certainty	- Not Set -	- Not Set -
Bombs in abandoned objects	Rail accident / collision	High	- Not Set -	High	- Not Set -	High
Bombs in abandoned objects	Urban fires of large extent (except for industrial installations)	High	- Not Set -	- Not Set -	- Not Set -	High
Bombs in abandoned objects	Failure in electrical power plant (blackout)	Medium	Medium	- Not Set -	- Not Set -	Medium
Bombs in abandoned objects	Failure in communications network	Medium	Medium	- Not Set -	- Not Set -	Medium
Bombs in abandoned objects	Failure in power network	Medium	Medium	- Not Set -	- Not Set -	Medium
Bombs in abandoned objects	Entrapment	High	- Not Set -	High	- Not Set -	High
Bombs in abandoned objects	Sabotage of rescue teams	Very Low	- Not Set -	- Not Set -	- Not Set -	Very Low
Urban fires of large extent (evac.)	Insufficient or inappropriate infrastructure	Certainty	- Not Set -	Certainty	- Not Set -	- Not Set -

**Εικόνα 7-7: IPM για την περίπτωση δοκιμής στη Μπολόνια**

Η προσδιορισμένη περίμετρος, όπου θα τοποθετηθούν τα οχήματα πρώτων βοηθειών, βρίσκεται στο επόμενο σχήμα. Όλοι οι πόροι που περιλαμβάνονται στην περίμετρο είναι μη λειτουργικοί, γεγονός που σημαίνει ότι πρέπει να έχει προγραμματιστεί εναλλακτική λύση για την αδιάλειπτη λειτουργία των μέσων μεταφοράς (π.χ. λεωφορεία).



**Εικόνα 7-8: Προσδιορισμός περιμέτρου στην περίπτωση δοκιμής της Μπολόνια**

Risk Assessment		
Type	Name	Risk
Network	Bologna Rail Network	Medium
Network	Bologna Bus Network	High
Network	Bologna Regional (IR) Network	High
Asset	BOLOGNA CENTRALE (Bombs in abandoned objects)	Certainty
Asset	8517 (Entrapment)	High
Asset	8521 (Entrapment)	High
Asset	8537 (Entrapment)	High

**Εικόνα 7-9: Εκτίμηση κινδύνων στην περίπτωση δοκιμής της Μπολόνια**



**Εικόνα 7-10: Εκτίμηση κινδύνων στην περίπτωση δοκιμής της Μπολόνια για διασυνδεδεμένους πόρους δικτύου**

## 7.4 Πυρκαγιά μικρής έκτασης σε σταθμό του μετρό

Αυτό το σενάριο εξετάζει τη χρήση των τεχνολογιών απομείωσης κινδύνου ως τρόπο εκτίμησης της συνολικής αποτελεσματικότητας των διαφόρων λύσεων για το μετριασμό της επικινδυνότητας ενός περιστατικού. Για λόγους απλότητας και εστίασης στο θέμα των μέτρων ελέγχου κινδύνων εντός του προτεινόμενου πλαισίου, δεν θεωρείται ότι υπάρχει διασπορά στο συγκεκριμένο σενάριο, δηλαδή ότι το περιστατικό πυρκαγιάς στο σταθμό δεν προκαλεί επακόλουθα επεισόδια.

Έκρηξη βόμβας στο σταθμό **Ευαγγελισμός**

- Πιθανοφάνεια: **Μέτρια**
- Συνέπεια: **Μεγάλη**
- Κίνδυνος: **Μέτριος**

Έχοντας προβεί σε μια πρώτη εκτίμηση του κινδύνου, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τυχόν εμπόδια κινδύνου, διαπιστώνουμε ότι ο συνολικός κίνδυνος είναι **Μέτριος**.

Υποθέτουμε ότι ο διαχειριστής του δικτύου θεωρεί αυτό το επίπεδο του κινδύνου απαράδεκτο και έχει 2 διαθέσιμες επιλογές: αφενός ένα σύστημα πυρόσβεσης, και αφετέρου, την εφαρμογή πυρίμαχης επίστρωσης στο σταθμό. Η πυρίμαχη επίστρωση θεωρείται εμπόδιο «**αποτελεσματικό**» και επομένως, όταν εφαρμόζεται μειώνει την εκτίμηση της πιθανότητας πυρκαγιάς στην κατηγορία «**πολύ χαμηλή**» σύμφωνα με τον Πίνακα 5-17/Ενότητα 5.8.1.

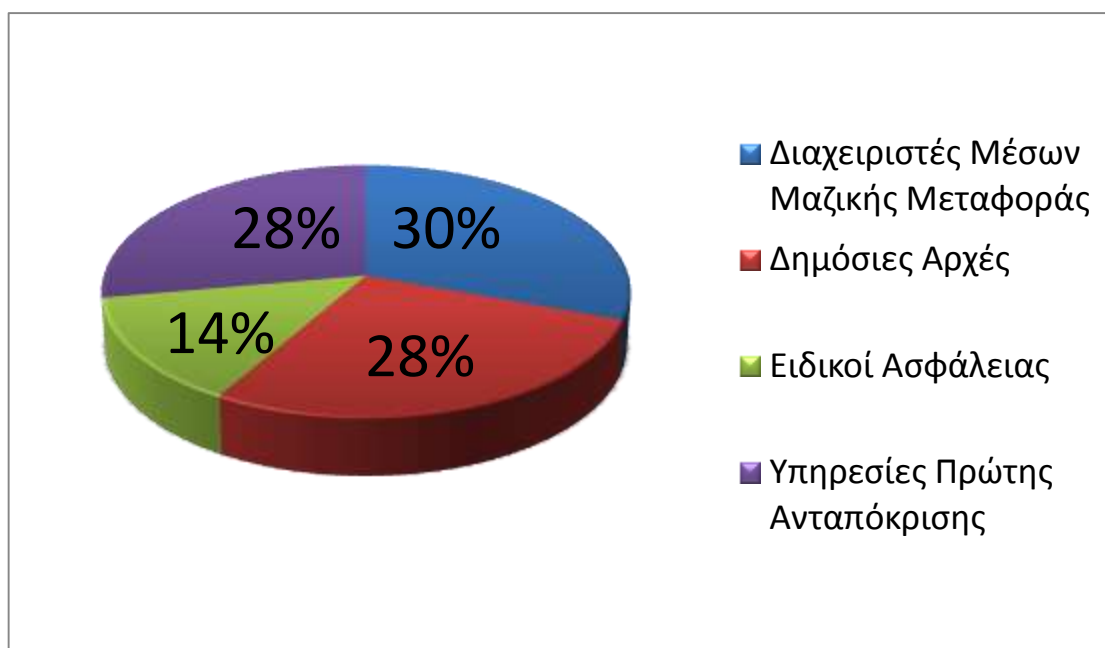
Από την άλλη πλευρά, το σύστημα πυρόσβεσης θεωρείται εμπόδια συνεπειών «**περιορισμένης αποτελεσματικότητας**» και έτσι μειώνει το αποτέλεσμα στο «**μεσαίο**» επίπεδο.

Τελικά, ο κίνδυνος με τη χρήση πυρίμαχης επίστρωσης μειώνεται σε «**πολύ χαμηλός**» ενώ η χρήση του συστήματος πυρόσβεσης δεν επηρεάζει το συνολικό επίπεδο κινδύνου (παραμένει στο «**μέτριος**»).

## 7.5 Αξιολόγηση κινδύνου

Η συλλογή των ερωτηματολογίων έγινε κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών σεμιναρίων του έργου STAR-TRANS που χρηματοδοτείται από το 7οΠΠ/ Θεματική Περιοχή Ασφάλειας, που διεξήχθη στην Αθήνα και τη Μπολόνια, στις 20 Απριλίου 2012 και 28 Μαρτίου 2012,

αντίστοιχα. Συνολικά, συλλέχθηκαν 58 ερωτηματολόγια, η κατανομή του προφίλ των οποίων παρουσιάζεται στην Εικόνα 7-11.



**Εικόνα 7-11: Κατανομή συμμετεχόντων στην έρευνα πιλοτικής λειτουργίας του εργαλείου του STAR-TRANS**

**Πίνακας 7-7: Ερώτηση 1 προς τελικούς χρήστες: Θα επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας την ταχύτερη εκτίμηση κινδύνων σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου;**

	Συχνότητα	Ποσοστό	Αθροιστικό ποσοστό
Συμφωνώ απόλυτα	10	17,9	17,9
Συμφωνώ	40	71,4	89,3
Διαφωνώ	6	10,7	100,0
Σύνολο	56	100,0	
Δεν απαντώ	2		
Σύνολο	58		

Σχεδόν το 90% των συμμετεχόντων τελικών χρηστών είτε συμφωνεί είτε συμφωνεί απόλυτα ότι το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας θα τους επιτρέψει να εκτιμήσουν τους κινδύνους πιο γρήγορα απ' ό, τι οι διαθέσιμες μέθοδοι που ισχύουν σήμερα.

**Ερώτηση 2 προς τελικούς χρήστες (ανοιχτού τύπου): Αν συμφωνείτε (απόλυτα), ποιες εργασίες πιστεύετε ότι θα ολοκληρωθούν πιο γρήγορα;**

Προσομοίωση των διαφόρων λύσεων, επανάληψη των αναλύσεων

Διάδοση κινδύνων, εκτίμηση του χρόνου για την εκτέλεση ορισμένων εργασιών/βήματα

Δίκτυο διασυνδέσεων, όπως συχνά γίνεται από διαφορετικές αρχές

Σχεδιασμός

Διευθέτηση διαδικασιών διάσωσης

**Πίνακας 7-8: Ερώτηση 3 προς τελικούς χρήστες: Θα επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας την εκτίμηση των συνεπειών περιστατικών/πιθανοφάνειας με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου;**

	Συχνότητα	Ποσοστό	Αθροιστικό ποσοστό
Συμφωνώ απόλυτα	10	17,9	17,9
Συμφωνώ	38	67,9	85,7
Διαφωνώ	8	14,3	100,0
Σύνολο	56	100,0	
Δεν απαντώ	2		
Σύνολο	58		

Πάνω από το 85% των συμμετεχόντων τελικών χρηστών και ειδικών κρίνουν ότι το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας θα τους επιτρέψει να εκτιμούν τη συνέπεια και την πιθανοφάνεια επεισοδίων ασφαλείας με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι οι μέθοδοι που εφαρμόζονται σήμερα.

**Πίνακας 7-9: Ερώτηση 4 προς τελικούς χρήστες: Θα μου επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας να λαμβάνω υπόψη πολύ περισσότερες απειλές σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου;**

	Συχνότητα	Ποσοστό	Αθροιστικό ποσοστό
Συμφωνώ απόλυτα	6	11,1	11,1
Συμφωνώ	40	74,1	85,2
Διαφωνώ	8	14,8	100,0
Σύνολο	54	100,0	
Δεν απαντώ	4		
Σύνολο	58		

Το 85,2% των τελικών χρηστών πιστεύουν ότι το Πλαίσιο Εκτίμησης Κινδύνων θα τους επιτρέψει να λάβουν υπόψη και να αναγνωρίσουν περισσότερες απειλές σε σχέση με τις σημερινές μεθόδους.

**Πίνακας 7-10: Ερώτηση 5 προς τελικούς χρήστες: Θα μου επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας να κατανοώ τις επιπτώσεις που προκύπτουν από επακόλουθες επιπτώσεις (εξάπλωση συνεπειών);**

	Συχνότητα	Ποσοστό	Αθροιστικό ποσοστό
Συμφωνώ απόλυτα	14	25,9	25,9
Συμφωνώ	40	74,1	100,0
Σύνολο	54	100,0	
Δεν απαντώ	4		
Σύνολο	58		

Όλοι οι τελικοί χρήστες και οι ειδικοί απάντησαν θετικά στο ερώτημα αυτό και θεωρούν ότι το Πλαίσιο Εκτίμησης Κινδύνων θα τους βοηθήσει στην κατανόηση των επιπτώσεων που προέρχονται από δευτερογενείς επιδράσεις περισσότερο από ό, τι τα σημερινά εργαλεία τους. Αυτό είναι ένα σημαντικό εύρημα, δεδομένου ότι, η καινοτομία της εξάπλωσης κινδύνων έγκειται ακριβώς σε αυτό το ζήτημα. Επιτρέπει να διαμορφωθούν αλληλεξαρτήσεις και να αναπαραχθούν συνέπειες που θα είναι εμφανείς για τον τελικό χρήστη.

**Πίνακας 7-11: Ερώτηση 6 προς τελικούς χρήστες: Θα μου επιτρέψει η χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας να διαχειρίζομαι πιο αποτελεσματικά τους κινδύνους απ' ότι τώρα;**

	Συχνότητα	Ποσοστό	Αθροιστικό ποσοστό
Συμφωνώ απόλυτα	10	19,2	19,2
Συμφωνώ	36	69,2	88,5
Διαφωνώ	6	11,5	100,0
Σύνολο	52	100,0	
Δεν απαντώ	6		
Σύνολο	58		



Πολύ υψηλή θετική ανάδραση επίσης έδωσαν οι τελικοί χρήστες και οι ειδικοί στη συνολική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του πλαισίου. Περισσότερο από το 88% συμφωνεί ότι το Πλαίσιο Εκτίμησης Κινδύνων θα βελτιώσει την αποτελεσματικότητα τη διαδικασία της διαχείρισης κινδύνων από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται σήμερα.

**Ερώτηση 7 προς τελικούς χρήστες (ανοιχτού τύπου):** Η παρουσίαση των απαντήσεων σε ελεύθερο κείμενο είναι η εξής

- ✓ (Συμφωνώ Απόλυτα) Πιο ακριβής διαχείριση του χρόνου
- ✓ (Συμφωνώ) Βελτίωση του προγραμματισμού έκτακτης ανάγκης
- ✓ (Συμφωνώ) Καλύτερος συντονισμός και καλύτερη γνώση των συνεπειών του κινδύνου
- ✓ (Συμφωνώ) Αλληλεπίδραση των διαφόρων δικτύων που εμπλέκονται στο ίδιο περιστατικό
- ✓ (Συμφωνώ) Βελτιστοποίηση πόρων
- ✓ (Συμφωνώ) Καλύτερη ενημέρωση των δυνητικών αναγκών, αλλά δεν πραγματοποιήθηκε εξέταση της κατάστασης σε πραγματικό χρόνο.
- ✓ (Διαφωνώ) Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επιχειρήσεις σε πραγματικό χρόνο

**Πίνακας 7-12: Ερώτηση 7 προς τελικούς χρήστες: Πιστεύω ότι η εκτίμηση κινδύνων της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι πολύ κοντά σε αυτό που προσδοκώ από την πείρα μου.**

	Συχνότητα	Ποσοστό	Αθροιστικό ποσοστό
Συμφωνώ απόλυτα	10	19,2	19,2
Συμφωνώ	38	73,1	92,3
Διαφωνώ	4	7,7	100,0
Σύνολο	52	100,0	
Δεν απαντώ	6		
Σύνολο	58		

Πάνω από το 90% της συμμετοχής των τελικών χρηστών και των ειδικών θεωρούν ότι εκτιμήσεις του πλαισίου εκτίμησης κινδύνων είναι παρόμοιες με αυτό που θα περίμενε κανείς από παρόμοιες μεθοδολογίες και εργαλεία που χρησιμοποιούσαν στο παρελθόν σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του σεναρίου που παρουσιάζονται. Αυτό είναι ένα σημαντικό εύρημα για την αξιολόγηση της μεθοδολογίας του πλαισίου εκτίμησης κινδύνων, καθώς η συντριπτική πλειοψηφία των τελικών χρηστών επαληθεύει στην πράξη τα αποτελέσματα που αντλούνται από τη διαδικασία εκτίμησης κινδύνων.

**Πίνακας 7-13: Ερώτηση 7 προς τελικούς χρήστες: Κατά τη γνώμη μου, το γενικό πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων όπως σκιαγραφήθηκε από την προτεινόμενη μεθοδολογία, φαίνεται σωστό και κατάλληλο.**

	Συχνότητα	Ποσοστό	Αθροιστικό ποσοστό
Συμφωνώ απόλυτα	2	4,0	4,0
Συμφωνώ	44	88,0	92,0
Διαφωνώ	4	8,0	100,0
Σύνολο	50	100,0	
Δεν απαντώ	8		
Σύνολο	58		

Η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων των τελικών χρηστών και των ειδικών (πάνω από 90%) θεωρούν ότι το πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων, όπως αυτό παρουσιάστηκε με όλες τις λεπτομέρειές του από το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας, φαίνεται να είναι κατάλληλο.

## 8 Σύνοψη

Ο στόχος της παρούσας διατριβής ήταν η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου Πλαισίου Εκτίμησης της Επικινδυνότητας για την αξιολόγηση των επιπτώσεων ενός επικίνδυνου περιστατικού και την παροχή συνεκτικών διαδικασιών διαχείρισης έκτακτων καταστάσεων για τις κρίσιμες διασυνδεδεμένες και αλληλεξαρτώμενες υποδομές, με εφαρμογή στα επίγεια δίκτυα μεταφοράς. Περιγράφηκε αναλυτικά η δημιουργία ενός στρατηγικού πλαισίου, που περιλαμβάνει ανάλυση των πόρων του δικτύου που πρέπει να προστατευτούν, καθώς και μια γενική ανάλυση των δικτύων μεταφοράς. Για μια απλουστευμένη προσέγγιση της δομής των εν λόγω δικτύων, οι κρίσιμες υποδομές χωρίστηκαν ως εξής: δίκτυο μεταφοράς, μέσα μεταφοράς, ζήτηση μεταφοράς (αιτία μεταφορών), πόροι παροχής ενέργειας και μετάδοσης πληροφοριών. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν λεπτομερώς διαφορετικά είδη πόρων: περιγραφική και παραδείγματα, συνάφεια με το δίκτυο και το «δίκτυο των δικτύων» και περιπτώσεις τρωτότητας.

Κεντρικό τμήμα του έργου είναι η ανάπτυξη ενός εννοιολογικού μοντέλου για το Πλαίσιο Εκτίμησης Κινδύνων, που αποτελείται από τις παρακάτω ενέργειες:

- Κριτική μελέτη των υπαρχόντων πλαισίων των μεθοδολογιών τρωτότητας και εκτίμησης κινδύνων που δημοσιεύονται στη βιβλιογραφία.
- Ανάλυση του δικτύου μεταφορών και των συναφών κρίσιμων υποδομών, στο σύνολό τους, σχετικά με τη δομή, τους πόρους (π.χ. στάσεις, λεωφορεία, τρένα, γέφυρες) και τις εξαρτήσεις μεταξύ πόρων.
- Ανάπτυξη ενός ημι-εμπειρικού καινοτόμου πλαισίου εκτίμησης κινδύνων το οποίο κάνει χρήση των εμπειρικών δεδομένων που κατέχουν οι ειδικοί που το χρησιμοποιούν μοντελοποιώντας τα με ένα αυτοματοποιημένο σύστημα, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη την ολιστική προσέγγιση του «δικτύου των δικτύων».

Το προτεινόμενο πλαίσιο περιλαμβάνει τον καθορισμό ενός σεναρίου που απορρέει από τη βάση δεδομένων απειλών/σεναρίων και εφαρμόζεται σε έναν ενιαίο πόρο ή σε πολλαπλούς πόρους του δικτύου μεταφορών. Ως Κίνδυνος για κάθε πόρο ορίζεται το αποτέλεσμα της πιθανοφάνειας της απειλής και των συνεπειών της, και είναι επεκτάσιμος σε διασυνδεδεμένους πόρους του ίδιου ή άλλου δικτύου, μέσω του Πίνακα Διάδοσης Επιπτώσεων.

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε ξεκινά με την εκπόνηση ενός εξαντλητικού καταλόγου απειλών και συναφών κινδύνων που προκύπτουν συνήθως σε δίκτυα μεταφοράς. Η έννοια του κινδύνου ποσοτικοποιείται προσδιορίζοντας την πιθανότητα εμφάνισης του περιστατικού ασφαλείας και τις επακόλουθες συνέπειες στο δίκτυο μεταφοράς.

Εν συνεχεία, ακολουθείται μια συστηματική προσέγγιση, όπου ο κίνδυνος αναλύεται σε ένα ενιαίο δίκτυο πόρων μεταφοράς και διαδίδεται σε διασυνδεδεμένους πόρους, δεδομένου ότι οι συνέπειες από ένα περιστατικό μπορεί να προκαλέσουν νέα επικίνδυνα περιστατικά σε άμεσα διασυνδεδεμένους πόρους.

Ορίζεται ένα γενικευμένο και κοινό πλαίσιο ανάλυσης κινδύνων για διασυνδεδεμένα και ετερογενή δίκτυα μεταφοράς που βασίζεται σε μια επαναληπτική διαδικασία εκτίμησης κινδύνων και βαθμού σοβαρότητας, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα εμφάνισης και τις συνέπειες. Το πλαίσιο έχει σχεδιαστεί να επεξεργάζεται διαφορετικές πηγές πληροφοριών σχετικά με:

- Μια τακτική κλίμακα 5 κατηγοριών, όπως χρησιμοποιείται ευρέως σε παρόμοιες μελέτες και επιχειρησιακές διαδικασίες. Η χρησιμοποιούμενη υποκειμενική ταξινόμηση μπορεί να βασίζεται σε κρίσεις ειδικών ή/και σε εκτιμήσεις με βάση τα αρχεία προηγούμενων περιστατικών.
- Μια απόλυτη κλίμακα, που μπορεί να αναπτυχθεί σε περιπτώσεις όπου είναι διαθέσιμα πολλά ποσοτικά δεδομένα σχετικά με το περιστατικό.

Το πλεονέκτημα της προτεινόμενης προσέγγισης είναι ότι, για την εκτίμηση του κινδύνου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε είδος πληροφορίας συνδυάζοντας σχετικές κλίμακες ώστε να εκτιμηθεί με ακρίβεια ο κίνδυνος.

Τέλος, προσδιορίζονται, κατηγοριοποιούνται και ιεραρχούνται (α) τα στάδια των περιστατικών ασφαλείας, (β) οι λειτουργίες διοίκησης και ελέγχου και (γ) οι προς εξέταση ολοκληρωμένες διαδικασίες αντιμετώπισης των περιστατικών ασφαλείας από τους φορείς απόκρισης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ανάλογα με το επίπεδο της απειλής.

## 8.1 Μελλοντική έρευνα

### Επέκταση σε άλλα δίκτυα κρίσιμων υποδομών

Η σημαντικότερη επέκταση της παρούσας διατριβής είναι προς την κατεύθυνση της εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης εκτίμησης επικινδυνότητας σε άλλα δίκτυα κρίσιμων υποδομών.

Το προτεινόμενο πλαίσιο είναι αρκούντως γενικευμένο, ώστε να είναι άμεσα εφαρμόσιμο σε άλλου τύπου κρίσιμες υποδομές (π.χ. ενέργεια, τηλεπικοινωνίες), με την ελάχιστη δυνατή προσαρμογή και αντιστοίχιση μεταξύ των κατηγοριών συνεπειών. Η σημαντικότερη διαφορά έγκειται στις ιδιαιτερότητες κάθε δικτύου ως προς την αντιμετώπιση σε αυτές καθώς και την εφαρμογή όλων των μέτρων που απαιτούνται για την αδιάλειπτη λειτουργία (business continuity) καθώς και την ελαχιστοποίηση των συνεπειών.

Σε επόμενο στάδιο σημαντικότερος στόχος είναι η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε ετερογενείς και διασυνδεδεμένες υποδομές, με σκοπό την ολιστική εκτίμηση επικινδυνότητας σε μια περιοχή ενδιαφέροντος. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, το βασικό μεθοδολογικό πλαίσιο είναι άμεσα εφαρμόσιμο (με τις αντίστοιχες προσαρμογές στην κατηγοριοποίηση της πιθανοφάνειας και των συνεπειών) και χρειάζεται επέκταση του Πίνακα IPM για την διασύνδεση μεταξύ πόρων ετερογενών δικτύων. Επιπρόσθετα, χρειάζεται η συνολική μελέτη και επανακαθορισμός των μέτρων για την αδιάλειπτη λειτουργία (business continuity) ετερογενών και διασυνδεδεμένων υποδομών.

### Μεθοδολογική προσέγγιση

Η ανάλυση που διενεργήθηκε κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει αντιστάθμιση μεταξύ της ποιότητας μοντελοποίησης, του σεναρίου σε πραγματικό χρόνο και του χρόνου που απαιτείται για τον υπολογισμό του. Παρά το γεγονός ότι η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να είναι υπολογιστικά εφικτή και να απαιτεί λιγότερες πληροφορίες, μια πιθανή επέκτασή της θα μπορούσε να περιλαμβάνει την εισαγωγή εννοιών της θεωρίας δικτύου.

Πολλές από τις λύσεις που εξετάζονται (όπως νευρωνικά δίκτυα, μοντελοποίηση κατά Bayes, κ.λπ.) θα μπορούσαν να αποτελούν ίσως υλικό υποψήφιο για την επέκταση της προτεινόμενης προσέγγισης, με την προϋπόθεση της ύπαρξης αναλυτικών δεδομένων που σχετίζονται με την εκδήλωση απειλών σε κρίσιμες υποδομές.

1. Η –καθοδηγούμενη από συμβάν (event-driven)– προσομοίωση: αυτή η προσέγγιση προσομοιώνει τα αντικείμενα με τρόπο ώστε να μιμούνται τη συμπεριφορά των πραγματικών αντιστοιχών τους. Επιπλέον, χρησιμοποιείται μια σειρά προτεραιότητας ως προσωρινός μηχανισμός που αποθηκεύει μια αντιπροσώπευση των «γεγονότων» που πρόκειται να συμβούν. Αυτή η σειρά αναμονής αποθηκεύει τα συμβάντα βάσει χρόνου εμφάνισης, πράγμα που σημαίνει ότι βασίζεται στο χρόνο εμφάνισης κάθε συμβάντος, έτσι ώστε το πιο πρόωρο στοιχείο να είναι πάντα το επόμενο συμβάν που θα μοντελοποιηθεί. Καθώς προκύπτει ένα συμβάν, μπορεί να προκαλέσει δευτερογενή συμβάντα. Αυτά τα επακόλουθα συμβάντα αποθηκεύονται επίσης στη σειρά αναμονής έτσι ώστε η εφαρμογή να συνεχίζεται έως ότου υποβληθούν σε επεξεργασία όλα.
2. Ένα δυναμικό δίκτυο κατά Bayes: δίκτυο κατά Bayes (BN) είναι ένα γραφικό μοντέλο για πιθανοφανείς σχέσεις ενός συνόλου τυχαίων μεταβλητών. Ως παράδειγμα για τον τομέα της κυκλοφορίας, οι τυχαίες μεταβλητές μπορεί να αντιπροσωπεύουν στατικές και χρονικές έννοιες της κατάστασης ενός ή περισσότερων κελιών, ενός π.χ. θεωρητικού μοντέλου αναμονής σε έναν αυτοκινητόδρομο ή να αντιπροσωπεύουν άλλες βασικές ιδιότητες των σημείων κυκλοφοριακής συμφόρησης και γνωστές ή σποραδικές περιοχές συμφόρησης. Η διαφορά μεταξύ ενός δυναμικού κατά Bayes μοντέλου και ενός ιεραρχικά ολογραφικού μοντέλου είναι ότι το δυναμικό μοντέλο αντιπροσωπεύει κάθε κρυφή κατάσταση στα πλαίσια ενός συνόλου τυχαίων μεταβλητών, δηλαδή, χρησιμοποιεί μια κατανομημένη αναπαράσταση της κατάστασης. Αντίθετα, σε ένα ιεραρχικά ολογραφικό μοντέλο, ο χώρος της κατάστασης αποτελείται από μεμονωμένες τυχαίες μεταβλητές. Αυτό περιορίζει σημαντικά το μέγεθος των προβλημάτων που μπορούν να αντιμετωπιστούν με την κλασική προσέγγιση πινάκων για τα ιεραρχικά ολογραφικά μοντέλα.

Τα κατά Bayes δίκτυα επιτρέπουν τη μελέτη των εν λόγω μεταβλητών, δεδομένης μιας συγκεκριμένης παρατήρησης ή αποδεικτικών στοιχείων. Παράλληλα με τους πολυάριθμους αλγόριθμους στατιστικής που έχουν προταθεί στο παρελθόν, η ικανότητα αυτών των δικτύων να κατασκευάσουν ένα μοντέλο από δεδομένα με αυτοματοποιημένο τρόπο είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους έχουν αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον σε διάφορους τομείς, όπως η μηχανική μάθηση και οι μεταφορές.

Για το σκοπό αυτό, τα κατά Bayes δίκτυα αποτελούν ένα πάντρεμα της θεωρίας των πιθανοτήτων και της θεωρίας των γραφημάτων, στο οποίο οι αιτιώδεις εξαρτήσεις των

μεταβλητών εκφράζονται γραφικά. Η γραφική παράσταση, όχι μόνο επιτρέπει στο χρήστη να κατανοήσει ποιες μεταβλητές επηρεάζουν άλλες, αλλά χρησιμεύει και ως υποδομή για τον υπολογισμό οριακών και υπό συνθήκη πιθανοτήτων που απαιτούνται για το συμπέρασμα και την εκμάθηση από δεδομένα.

### **Συμβολική Γλώσσα Εφαρμογής του Θεωρητικού Πλαισίου**

Το πλαίσιο κινδύνων θα μπορούσε να εισαχθεί σε μια γλώσσα μοντελοποίησης τύπου UML, ικανό να αντιπροσωπεύει τα αντικείμενα που απαιτούνται για τον καθορισμό μιας διαδικασίας εκτίμησης των επιπτώσεων, δηλαδή, τα περιστατικά, τη δομή και τους πόρους των δικτύων, τις εξαρτήσεις μεταξύ των πόρων. Οι κύριες απαιτήσεις της γλώσσας μοντελοποίησης πρέπει να είναι:

- \* περιγραφική: να είναι σε θέση να καταγράψει ότι μπορεί να εκφραστεί με δηλωτικές προτάσεις (προτάσεις ή δηλώσεις) της φυσικής γλώσσας για την περιγραφή των αντικειμένων και τη συμπεριφορά των δικτύων μεταφοράς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αξιολόγησης του αντίκτυπου.
- \* επεκτάσιμη: να μπορεί να επεκταθεί στο μέλλον με αντικείμενα που δεν είναι γνωστά και δεν ορίζονται επί του παρόντος. Δηλαδή, για να καθίσταται δυνατή η δημιουργία νέων αντικειμένων και να παρέχονται οι λειτουργίες για μετέπειτα εργασία με αυτά τα αντικείμενα.
- \* εύχρηστη: για μοντελοποίηση με τη βοήθεια ενός αρκετά απλού και γραφικού μηχανισμού σημασιολογικών γραφικών παραστάσεων (με την ένδειξη γραφικές παραστάσεις προσανατολισμού) και λειτουργίες γραφημάτων.

Μόλις αναπτυχθεί η συμβολική γλώσσα, τότε η ανάπτυξη του πλαισίου εκτίμησης κινδύνων θα μπορούσε εύκολα να μετατραπεί σε ένα εργαλείο πληροφορικής, ικανό για τη μοντελοποίηση ανάλυσης κινδύνων και το σχεδιασμό αντιμετώπισης περιστατικών έκτακτης ανάγκης σε δίκτυα μεταφορών μεγάλης κλίμακας μιας συγκεκριμένης περιοχής. Επιπλέον, η σύνδεση με μοντέλα δυναμικής εκτίμησης της κυκλοφορίας θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμη επέκταση στη βέλτιστη σχεδίαση της αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης τόσο από πλευράς φορέων απόκρισης όσο και από πλευράς του φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου μεταφοράς.

## **8.2 Ερευνητική Δραστηριότητα**

Οι επιστημονικές δημοσιεύσεις που παρουσιάζονται παρακάτω περιλαμβάνουν εργασίες που έχουν δημοσιευθεί σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια ύστερα από διαδικασίες πλήρους κρίσης και σχετίζονται με την έρευνα που διεξήχθη στο πλαίσιο της παρούσας

διατριβής.

#### Σε Διεθνή Περιοδικά μετά από Πλήρη Κρίση

- G. Leventakis, A. Sfetsos, N. Moustakidis, V. Grizis, N. Nikitakos, *The development of a strategic risk analysis framework for interconnected surface transportation systems*, International Journal of Critical Infrastructures, Vol. 7, No. 3, pp. 177-199, 2011
- G. Leventakis, A. Sfetsos, N. Moustakidis, V. Gkrizis, N. Nikitakos, A *generic strategic risk analysis framework in interconnected transportation networks*, *Risk Management (Journal)*, 2013

#### Σε Διεθνή Συνέδρια μετά από Πλήρη Κρίση

- George Leventakis, Athanasios Sfetsos, Nikolaos Moustakidis, Nikitas Nikitakos, *A Risk Assessment Framework for Interconnected and Interdependent Surface Transport Networks*, 26th IPMA World Congress on Project Management, Crete, 29-31/10/2012
- Dimitris Zisiadis, George Thanos, Spyros Kopsidas, George Leventakis, Vassilis Grizis, Leandros Tassioulas, **STAR-TRANS Modeling Language (STML) Modeling Risk in the STAR-TRANS Risk Assessment Framework for Interconnected Transportation Systems**, ISCRAM 2012 conference, Vancouver Canada 22-25 April 2012
- G. Leventakis, A. Sfetsos, N. Moustakidis, S. Andronopoulos, A. Ramfos, D. Zisiadis, N. Nikitakos, V. Gkrizis, N. Athanasiadis, S. Tönjes, S. Kopsidas, **A security risk analysis framework for interconnected transportation systems**, 8th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management”, ISCRAM2011, 8-11 May 2011, Lisbon, Portugal
- Tönjes, S.; Leventakis, G., **Automated identification of vulnerabilities and dependencies of interconnected transportation networks.**, HEUREKA `11 - Transport Optimization", CD-ROM : ; 16 - 17. March 2011 in Stuttgart /Germany, 2011 ISBN: 978-3-941790-72-8, 16 pp.

#### Άλλες παρουσιάσεις

- G. Leventakis, **Critical Infrastructure Protection. A Case Study in Transportation Systems**, EXPOSEC 2011 Athens/12.04.2011.
- A. Sfetsos, G. Leventakis, N. Moustakidis, V. Gkrizis, **Protection of critical infrastructures - An analysis of interconnected surface transportation systems**, EXPOSEC 2012 Athens.



Οι επιστημονικές δημοσιεύσεις που παρουσιάζονται παρακάτω περιλαμβάνουν εργασίες που έχουν δημοσιευθεί σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια ύστερα από διαδικασίες πλήρους κρίσης και σχετίζονται με την έρευνα που διεξήχθη παράλληλα με την παρούσα διατριβή.

#### Σε Διεθνή Συνέδρια μετά από Πλήρη Κρίση

- D. Kostopoulos, V. Tsoukas, G. Leventakis, P. Drogkaris and V. Politopoulou, *Real Time Threat Prediction, Identification and Mitigation for Critical Infrastructure Protection using Semantics, Event Processing and Sequential Analysis*, CRITIS 2013, Springer LNCS, Amsterdam, Netherland, September 2013.
- D. Kostopoulos, V. Tsoukas, G. Leventakis, P. Drogkaris, V. Politopoulou, *A Blend of Semantic Monitoring and Intrusion Detection Systems for the Protection of Critical Infrastructures: Research efforts within the Greek Cybercrime Center*, Fifth International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSYN 2013), G. Romero, A. Orsoni, (eds), (to appear), June 2013, Spain, IEEE CPS
- D. Kostopoulos, V. Tsoukas, G. Leventakis, P. Drogkaris, V. Politopoulou, *Semantic Systems Modeling and Monitoring for Real Time Decision Making: Results and Next Steps within the Greek Cyber Security Center of Excellence*, AMSS 15th International Conference on Modelling and Simulation (UK-SIM 2013), April 2013, Cambridge UK, IEEE CPS
- D. Kostopoulos, G. Leventakis, V. Tsoukas and N. Nikitakos, *An Intelligent Fault Monitoring and Risk Management Tool for Complex Critical Infrastructures: The SERSCIS Approach in Air-traffic Surface Control*. UKSim2012 14th International Conference on Computer Modelling and Simulation, 2012.
- G. Halikias, G. Leventakis, C. Kontoes, V. Tsoukas, L. Dritsas and A. Pantelous, *Design Issues of an Operational Fire Detection System Integrated with Observation Sensors*, eds Masoumeh Karimi and Yuri Labrador *Advances in Satellite Communications*, In Tech Publications, July, 2011, ISBN 978-953-307-562-4.
- Georgios Leventakis, Kostas Anagnostopoulos, Nikitas Nikitakos, Vasilis Tsoukas *Intelligent Transportation Systems and Road Safety (The SERSCIS Approach)*, Road Safety. European Reality and Perspectives. 24<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> September, 2010

#### Υπό κρίση

- G. Leventakis, D. Kostopoulos, V. Tsoukas, and N. Nikitakos *Intelligent Dynamic Risk Assessment and Analysis for Resilient Critical Infrastructures in the Aviation Sector*,

submitted in The International Journal of Engineering Business Management, INTECH Publishers, Open-Access

- G. Leventakis, A. Sfetsos, N. Moustakidis, N. Nikitakos, Strategic Concept for the Protection of Regionally Interconnected Surface Transportation Networks, IJT Journal - Special Issue on: Security in Surface Transportation Planning and Operations (accepted for publication)

## 9 Βιβλιογραφία

- AASHTO, SAIC, A Guide to Highway Vulnerability Assessment for Critical Asset Identification and Protection, May 2002.
- Ajzen, I., From intentions to actions: A theory of planned behavior, Heidelberg, Springer, 1985.
- Alberts C.J., Dorofee A. J. , OCTAVE Method Implementation Guide Version 2.0, Carnegie Mellon University, June 2001.
- Bailes, A. J., “Business and Security Public–Private Sector Relationships in a New Security Environment”, Oxford University Press, 2004.
- Balducelli, C., Bologna, S., Di Pietro, A., Vicoli, G., Analysing interdependencies of critical infrastructures using agent discrete event simulation, International Journal of Emergency Management, 2 (4), pp. 306-318, 2005.
- Baron, J., J. C. Hershey and H. Kunreuther, Determinants of priority for risk reduction: the role of worry. Risk Analysis, 20(4): 413–427, 2000.
- Baron, J., J. C. Hershey, and H. Kunreuther, Determinants of priority for risk reduction: the role of worry. Risk Analysis, 20(4): 413–427, 2000.
- Basseville, M. & Nikiforov, I.V., Detection of Abrupt Changes: Theory and Application, Information and System Sciences Series, ISBN 0-13-126780-9, Englewood Cliffs, N.J., 1993.
- Berdica, K., An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done, Transport Policy, Volume 9, Issue 2, Pages 117-127, April 2002.
- Bloom S. Benjamin, Handbook on formative and summative evaluation of student learning, McGraw-Hill, 1971.
- Boehm, B. et al., Quantitative evaluation of software quality, International Conference on Software Engineering, Proceedings of the 2nd international conference on software engineering, 1976.
- Boris B. Volkov, Michelle E. Baron, Internal Evaluation in the 21st Century, John Wiley & Sons, 2011.
- Bourguignon F., Ferreira F. H. G., Leite P. G., Ex-ante evaluation of conditional cash transfer programs: the case of Bolsa Escola, Issue 2916 Policy research working papers, World Bank Publications, 2002.
- Butman, A. M. Responding to the mass casualty incident: A guide for EMS Personnel, Educational Direction, Incorporated, 1982.
- Carr M. J., Konda S. L., Monarch I., Ulrich F. C. and Walker C. F. Taxonomy-Based Risk Identification, SEI Technical Report SEI93TR006, Pittsburgh, PA: Software

Engineering Institute, 1993.

- Casalicchio, E., Galli, E., Tucci, S., Agent-based modelling of interdependent critical infrastructures, *International Journal of System of Systems Engineering*, 2 (1), pp. 60-75, 2010.
- Cen Nan, Irene Eusgeld, Adopting HLA standard for interdependency study, *Reliability Engineering and System Safety*., doi:10.1016/j.ress.2010.08.002, 2010.
- Chamberland J.F. & Veeravalli V.V., How Dense Should a Sensor Network Be for Detection with Correlated Observations?. *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 52, No.11, pp. 5099-5106, 2006.
- Chamberland, J.F. & Veeravalli, V.V., Wireless Sensors in Distributed Detection Applications, *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 16-25, 2007.
- Commission of the European Communities, Critical Infrastructure Protection in the fight against terrorism. Brussels, 2004.
- Commission of the European Communities, Green Paper on a European programme for critical infrastructure protection. Brussels, 2005.
- Commission of the European Communities, On a European programme for Critical Infrastructure. Green paper, Brussels, 2005.
- Council Of The European Union. EU Solidarity Programme on the Consequences of Terrorist Threats and Attacks. Brussels, 2004.
- COUNTERACT (EU-Funded Project – FP6), Deliverable 3 Generic Guidelines For Conducting Risk Assessment in Public Transport Networks, Final Report 4, 2009.
- CRAMM, Insight Consulting, CRAMM User Guide, Issue 5.1, United Kingdom, 2005
- Crespo F., Gomez M., Candau J., and Manas J.A., “MAGERIT - version 2, Methodology for Information Systems Risk Analysis and Management, Book II - Catalogue of Elements”, Ministerio de Administraciones Publicas, June 2006.
- Crespo F., Gomez M., Candau J., and Manas J.A., “MAGERIT - version 2, Methodology for Information Systems Risk Analysis and Management, Book III - Techniques”, Ministerio de Administraciones Publicas, June 2006.
- Crespo F., Gomez M., Candau J., and Manas J.A., “MAGERIT - version 2, Methodology for Information Systems Risk Analysis and Management, Books I - The Method”, Ministerio de Administraciones Publicas, June 2006.
- Criado R., Garcia del Amo A., New results on computable efficiency and its stability for complex networks, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 192 (1) 59–74, 2006.
- CRMES, Ranking of space shuttle FMEA/CIL items: The risk ranking and filtering (RRF) method, Center for Risk Management of Engineering Systems, University of

Virginia, Charlottesville, VA, 1991.

- Crucitti P., Latora V., Marchiori M., Rapisarda A., Efficiency of scale-free networks: error and attack tolerance, *Physica A* 320, 622–642, 2003.
- Cunha, L.J.; Alves, Q. & Koubaa, M. On IEEE 802.15.4/ZigBee to IEEE 802.11 gateway for the ART-WiSe architecture. *IEEE Proc. of Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, pp. 1388-1391, 2007.
- Da Silva Severino, R.A.R. On the Use of IEEE 802.15.4/ZiGBee for Time – Sensitive Wireless Sensor Network Applications. Report of the Instituto Superior De Engenharia Do Porto, 2008.
- Danida, Ministry of Foreign Affairs of Denmark, Evaluation Policy, 2006.
- Davis E. Lynn, LaTourrette Tom, Mosher E. David, Davis M. Lois, Howell R. David, Individual Preparedness and Response to Chemical, Radiological, Nuclear and Biological Terrorist Attacks, Rand Corporation, 2010.
- Davis, F. D., A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results, Doctoral dissertation, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 1986.
- Davis, F. D., Perceived Usefulness, Perceived ease of Use and User Acceptance of Information Technology, *MIS quarterly*, Carlson School of Management, University of Minnesota, 1989.
- Di Gangi, M. Transportation Network Vulnerability Indicators for Risk Evaluation and Exposure Reduction. Proceedings of the European Transport Conference (ETC 2005), Strasbourg, France, 2005.
- DNV Consulting, Study on the impacts of possible European legislation to improve transport security, 2005.
- Dombroski, M., A risk-based decision support methodology for operations other than war, Masters of Science Thesis, Department of Systems and Information Engineering, University of Virginia, 2001.
- Dombroski, M., Y. Y. Haimes, J. H. Lambert, K. Schlusser and M. Sulcoski, Risk-based methodology for the characterization and support for operations other than war. To appear in *Military Operations Research Journal*, 2002.
- Douglas J. Landoll, *The Security Risk Assessment Handbook: A Complete Guide for Performing Security Risk Assessments*, Auerbach Publications, 2005.
- European Space Agency, Internal documentation on Satellite Systems and Operations for Unmanned Aerial Systems ESA/JCB, Advanced Research on Telecom Systems (ARTES), 2008.
- European Space Agency. Internal documentation *ESA/JCB*. Advanced Research on

Telecom Systems (ARTES), 2009.

- European Space Agency. Telecommunications Long Term Plan (TLTP) (2009-2013), ESA/JCBc 47, rev. 7, 2008.
- European Union - Justice and Home Affairs Council. European Programme for Critical Infrastructure Protection (EPCIP). Brussels, Belgium, 2006.
- Eusgeld, I., Nan, C., Dietz, S., System-of-systems approach for interdependent critical infrastructures, *Reliability Engineering and System Safety*, 96 (6), pp. 679-686, 2011.
- Expression of Needs and Identification of Security Objectives PREMIER MINISTRE Secretariat general de la defense nationale Direction centrale de la securite des systemes d'information Sous-direction des operations Bureau conseil. Available at: [www.ssi.gouv.fr](http://www.ssi.gouv.fr) (accessed August 2012).
- Ezell, B., J. Farr, I. Wiese, Infrastructure Risk Analysis Model, *Int. Journal of Infrastructure Systems*, pp. 114–117, 2000.
- Federal Emergency Management Agency, United States Fire Administration, National Fire Academy, Incident command system for emergency medical services, 1995.
- Federal Energy Regulatory Commission of the United States of America, Ανάκτηση από Critical Energy Infrastructure Information (CEII) Regulations: <http://www.ferc.gov/>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, German Federal Water Legislation, 2007.
- Fellouris, G. & Moustakides, G.V. Asymptotically optimum tests for decentralized change detection. *Proc. of the International Workshop on Applied Probability, IWAP2008, Compiègne, France, 2008.*
- Fishbein, M. & Ajzen, I., *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*, Reading, MA: Addison-Wesley, 1975.
- Freudenthal, M., Domain Specific Languages in a Customs Information System, *Software, IEEE*, vol. PP, no. 99, pp. 1, 0, 2009.
- GITA: The Geospatial Dimensions of Critical Infrastructure and Emergency Response, White Paper Series, 2008.
- Gustaffson, F. *Adaptive Filtering and Change Detection*, John Wiley & Sons, ISBN 0471-49287-6, 2008.
- Haimes, Y.Y, *Risk Analysis in Interdependent Infrastructures*. NY: Springer, 2007.
- Haimes, Y.Y, *Risk Modeling, Assessment and Management*, Wiley, New York, 2004
- Haimes, Y.Y., Hierarchical holographic modelling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 11(9), 606 – 617, 1981.
- Haimes, Y. Y., N. C. Matalas, J. H. Lambert, B. A. Jackson, and J. F. R. Fellows, “Reducing the vulnerability of water supply systems to attack.” *Journal of Infrastructure*

Systems, American Society of Civil Engineers, 4(4): 164–177, 1997.

- Haimes, Y. Y., Risk modeling assessment, and management. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- Haimes, Y. Y., Total risk management. *Risk Analysis*, 11(2), 169–171, 1991.
- Haimes, Y., J. Santos, K. Crowther, M. Henry, C. Lian, and Z. Yan. Risk analysis in interdependent infrastructures. In E. Goetz and S. Sheno. *Critical Infrastructure Protection*. Springer, 2008.
- Haimes, Y.Y. and P. Jiang, Leontief-based model of risk in complex interconnected infrastructures, *Journal of Infrastructure Systems* 7, 1-12, 2001.
- Haimes, Y.Y., J.R. Santos and G.M. Williams. Assessing and Managing the Inoperability of Virginia’s Interdependent Transportation Systems, *International Journal of Risk Assessment and Management*, 7(6/7): 968–992, 2007.
- Haimes, Y.Y., Lambert, J.H., Kaplan, S., Pikus, I., and Leung, F, A Risk Assessment Methodology for Critical Transportation Infrastructure. Government report (FHWA A/VTRC 02-CR5), Virginia Transportation Research Council, Richmond, VA, 2002.
- Handy, Susan L. and Debbie A. Niemeier Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. *Environment and Planning A* 29 (7), 1175 – 1194, 1997.
- Harnser Group. (2010). A Reference Security Management Plan for Energy Infrastructure.
- Heightman, A. J. 20 Tips for MCI management. *JEMS*, pp.30-40, 2000.
- Henning Ronda et al., Proceedings of the Workshop on Information Security System Scoring and Ranking, Applied Computer Security Associates, Williamsburg, Virginia, May 21-23, 2001, <http://www.acsac.org/measurement/proceedings/wissr1-proceedings.pdf>.
- Henry, M. and Y. Haimes, A new dynamic risk assessment and management model for supervisory control and data acquisition networks, presented at the Society of Risk Analysis Annual Meeting, 2006.
- Henry, M., Mimimax Envelopes for Total Cyber Risk Management in Process Control Networks, Ph.D. Dissertation, Department of Systems and Information Engineering, University of Virginia, Charlottesville, Virginia, 2007.
- Huihui Ni, An Chen, Ning Chen, Some extensions on risk matrix approach, *Safety Science*, 2010.
- Imer, O.C. & Basar, T. Wireless Sensing with Power Constraints, Springer-Verlag Berlin Heidelberg: C. Bonivento et al. (Eds): *Adv. In Control Theory and Applications*, pp. 129-160, 2007.
- International Atomic Energy Agency, Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant

Siting, IAEA Safety Series, 50-SG-S3, 1980.

- ISO/IEC 27001:2005, Information technology — Security techniques — Information security management systems — Requirements.
- ISO/IEC 9126: Software engineering – Product quality.
- ITD, Transportation Incident Management Plan, 2008.
- Johansson, J., Hassel, H., An approach for modelling interdependent infrastructures in the context of vulnerability analysis, *Reliability Engineering and System Safety*, 95 (12), pp. 1335-1344. 2010
- K. G. Crowther, R. Y. Dicdican, M. F. Leung, C. Lian, G. M. Williams, Y. Y. Haines, J. H. Lambert, B. M. Horowitz, J. R. Santos, Assessing And Managing Risk Of Terrorism To Virginia’s Interdependent Transportation Systems, Virginia Transportation Research Council, VTRC 05-CR6, 2004.
- Kaplan, S. and B. J. Garrick, On the quantitative definition of risk. *Risk Analysis*, 1(1), 11–27, 1981.
- Kaplan, S., ‘Expert information’ vs. ‘expert opinion;’ another approach to the problem of eliciting/combining/using expert knowledge in PRA. *Journal of Reliability Engineering and System Safety* 35, 61–72, 1992.
- Kaplan, S., and B. J. Garrick, On the quantitative definition of risk. *Risk Analysis*, 1(1), 11–27, 1981.
- Kaplan, S., On inclusion of precursor and near miss events in quantitative risk assessments: A Bayesian point of view and a 396 Haines, Kaplan, and Lambert space shuttle example. *Journal of Reliability Engineering and System Safety*, 27, 103–115, 1990.
- Kaplan, S., S. Vishnepolschi, B. Zlotin, and A. Zusman, New tools for failure and risk analysis, anticipatory failure determination (AFD) and the theory of scenario structuring. Monograph published by Ideation International Inc., Southfield, Michigan, 1999.
- Kaplan, S., Y. Y. Haines and B. J. Garrick, Fitting hierarchical holographic modeling (HHM) into the theory of scenario structuring and a refinement to the quantitative definition of risk. *Risk Analysis*, 21(5), 807–819, 2001.
- Kröger, W. (2008). Critical infrastructures at risk: A need for a new conceptual approach and extended analytical tools. *Reliability Engineering and System Safety*, 1781-1787.
- Lambert, J. H., Y. Y. Haines, D. Li, R. Schooff, and V. Tulsiani, Identification, ranking, and management of risks in a major system acquisition. *Reliability Engineering and System Safety*, 72(3), 315–325, 2001.
- Lamm, G., Assessing and managing risks to information assurance: A methodological approach, Masters of Science Thesis, Department of Systems and Information



Engineering, University of Virginia, 2001.

- Linda G. Morra-Imas, Ray C. Rist (2009), *The road to results: designing and conducting effective development evaluations*, World Bank Publications
- Liolis, K.P.; Pantazis, S; Gennatos, V; Costicoglou, S; & Andrikopoulos, I. An Automated Fire Detection and Alerting Application based on Satellite and Wireless Communications, Proc. 5th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference (ASMS2010) & 11th Signal Processing for Space Communications Workshop (SPSC2010), Cagliari, Italy, 2010.
- Mahoney, B., Quantitative risk analysis of GPS as a critical infrastructure for civilian transportation applications, Masters of Science Thesis, Department of Systems and Information Engineering, University of Virginia, 2001.
- Marke, P. Cable tunnels - an integrated fire detection/suppression system for rapid extinguishment, *Fire Technology*, pp. 219-233, 1991.
- Markowski, Adam S., Sam Mannan, M., 2008. Fuzzy risk matrix. *Journal of Hazardous Materials* 159, 152–157, 2008.
- Matalas, N. C. and M. B Fiering, Water-resource system planning, in climate, climate change and water supply. In *Studies in geophysics*, pp. 99–109, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, DC, 1977.
- McCall, J. Et al., *Factors in Software Quality*, National Technical Information Service, 1977.
- McDougall Allan, Radvanovsky Robert, *Transportation Systems Security*, CRC Press, 2008.
- McFadden, L. and Green, C. Defining ‘vulnerability’: conflicts, complexities and implications for Coastal Zone Management. *Journal of Coastal Research*, SI 50 (Proceedings of the 9th International Coastal Symposium), 120 – 124. Gold Coast, Australia, ISSN 0749.0208, 2007.
- McNally R.K., Seok-Wonlee, Yavagal D., Xiang W-N., Learning the critical infrastructure interdependencies through an ontology-based information system, *Environment and Planning B. (EPB)*, vol.34, no.6, pp.1103-1124, 2007.
- Min, J., Brown, T., Son, Y., & Jones, A. Towards Modelling and Simulation of Critical National Infrastructure Interdependencies, *IIE Transactions*, 2007.
- Moore, G. C. & Benbasat, I., Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation, *Information System Research*, 1991.
- Morgan, M. G., B. Fischhoff, L. Lave, and P. Fischbeck, A proposal for risk ranking within federal agencies. In *Comparing environmental risks: Tools for setting government priorities*, J. Clarence Davies (Ed.), Resources for the Future, Washington, DC, 1999.

- Morgan, M. G., H. K. Florig, M. L. DeKay and P. Fischbeck, Categorizing risks for risk ranking. *Risk Analysis*, 20(1), 49, 2000.
- Mothershead, J. L. Introduction to disaster planning: The scope and nature of the problem, Feb. 2001.
- Mukherjee, A., Johnson, D., Jin, Y., Kieckhafer, R., Using situational simulations to support decision making in co-dependent infrastructure systems, *International Journal of Critical Infrastructures*, 6 (1), pp. 52-72, 2010.
- Murray-Tuite, P. M., A framework for evaluating risk to the transportation network from terrorism and security policies, *International Journal of Critical Infrastructures (IJCIS)*, Vol. 3, No. 3/4, 2007.
- Nationaal Adviescentrum Vitale Infrastructuur. Handreiking Risicoanalyse, 2008.
- National Observatory of Athens NOA. – Institute for Space Applications and Remote Sensing, RISK EOS, extension to Greece, 2007.
- National Science and technology Council (NSTAC), National Transportation Science and Transportation Strategy, A report by the Committee on Technology, Subcommittee on transportation Research and Development, Washington DC, 1999.
- NCEC, Dangerous Goods Emergency Action Code List, 2009
- Nicola V, Shahabuddin P and Nakayama M, Techniques for fast simulation of models of highly dependable systems, *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 50, pp. 246-264, 2001.
- OCTAVE Method Implementation Guide Version 2.0, Carnegie Mellon University, June 2001 <http://www.cert.org/octave> (accessed August 2012).
- OCTAVE, <http://www.gnu.org/software/octave> (accessed August 2012).
- Ouyang M., Hong L., Mao Z-J., Yu M-H., Qi F., A methodological approach to analyze vulnerability of interdependent infrastructures, *Simulation Modeling Practice and Theory*, vol.17, no.5, pp.817-828, 2009.
- Pant, R., Barker, K., Grant, F.H., Landers, T.L., Interdependent impacts of inoperability at multi-modal transportation container terminals, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47 (5), pp. 722-737, 2011.
- Panzieri S., Setola R., Ulivi G., An approach to model complex interdependent infrastructures, 16th IFAC World Congress, 2005.
- Pedrotti, D. Top-notch triage. *JEMS*, pp.79-80, 2000.
- Perimann M.R., Genetic algorithms for agent-based infrastructure interdependency modelling and analysis, Spring Simulation Multiconference archive, Proceedings of the spring simulation multiconference - Volume 2, 2007.
- President's Commission on Critical Infrastructure Protection, Critical Foundations Protecting America's Infrastructures. Washington, 1997.

- Primerano, F and Taylor, M A P. Towards a policy-sensitive accessibility measure. Papers of the 26th Australasian Transport Research Forum. October, Wellington. CD-ROM, Paper no 35. (Transit New Zealand: Wellington), 2003.
- Prins, E.M.; Schmetz, J.; Flynn, L.P.; Hillger, D.W. & Feltz, J.M. An Overview of Diurnal Active Fire Monitoring Using a Suite of International Geostationary Satellites. Global and Regional Vegetation Fire Monitoring from Space: Planning a Coordinated International Effort, edited by Ahern F.J., Goldammer J.G., Justice C.O., Hague, The Netherlands, 2001.
- Radvanovsky B., McDougall A., Critical Infrastructure: Homeland Security and Emergency Preparedness, Second Edition, CRC Press, 2006.
- Rauste, Y.; Sephton, A.J.; Kelhä, V.; Vainio, T.; Heikinheimo, M.; Soini, K.; Frauenberger, O. & San Miguel-Ayanz, J. Forest Fire Operational study: Requirements and Analysis Report RAR, VERSION 2.3 (AO/1-3468/98/I-DC). Report to the European Space Agency, 1999.
- Rinaldi S.M., Peerenboom, J.P., Kelly T.K., Identifying, understanding and analyzing Critical Infrastructure Interdependencies, IEEE Control Systems Magazine, 2001.
- Roberts, G.; Wooster, M.J. & Perry, G. Fire Radiative Energy: Ground and Satellite Observations. Geostationary Fire Monitoring Applications Workshop, EUMETSAT, 2004.
- Rogers, E., Diffusion of Innovation, Glencoe, Free Press, 1962.
- Rogers, E., Diffusion of Innovation, Glencoe, Free Press, 1962.
- Roland, H. E. and B. Moriarty, System safety engineering and management, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- Rosner, K., Critical Energy Infrastructure Protection in Europe & The Legitimate Economy. Business & Security: Public-Private Relationships in a New Security Environment (210-216). Oxford University Press, 2003.
- Rowsahn, S., Saunty, W.C., Wood, T.M., Churchill, B., Levine, Reducing Security Risk for Transportation Management Centres, Transportation Research Board 2005 Annual Meeting. Washington D.C., 2005.
- Samfunnsikkerhet: Is there a Nordic model for societal security and safety?, Oslo, 2008.
- Sandmann W, Rare Event Simulation Methodologies and Applications, SIMULATION, vol. 83, pp. 809-810, Dec. 2007.
- Security Risk Register: User Guide. QINETIQ/S&DU/TIM/TR051274, 2010.
- Seinfeld J.H. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution, Wiley Interscience, John Wiley & Sons Inc. London, 1986.
- Sifakis, N.; Iossifidis, C.; Kontoes, C. & Keramitsoglou, I. Wildfire detection and

monitoring over Greece using MSG-SEVIRI satellite data, 2009.

- Simmonds, WF; Whittaker, PD; Harrison, RD. Security Risk Register: User Guide. QINETIQ/S&DU/TIM/TR051274, 2010.
- Sokal, R. R. 'Classification: purposes, principles, progress, prospects. Science, 1974.
- Spinellis D, Notable design patterns for domain specific languages. Journal of Systems and Software, 56(1):91–99, 2001.
- Stonebumer G., Goguen A., Fringa A., Risk Management Guide for Information Technology Systems, Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, 2002.
- Streger, M. R. Pre-hospital triage. Emergency Medical Services, the Journal of Emergency Care, Rescue and Transportation. pp. 1-8, Jun. 1998
- Sultana S., Chen Z., Modeling flood induced interdependencies among hydroelectricity generating infrastructures, Journal of Environmental Management, vol.90, no.11, pp.3272-3282, 2009.
- Tartakovsky, A.G. & Veeravalli, V.V. Change -Point Detection in Multichannel and Distributed Systems with Applications, In: Applications of Sequential Methodologies (N. Mukhopadhyay, S. Datta and S. Chattopadhyay, Eds), Marcel Dekker, Inc. N.Y., pp. 331-363, 2004.
- Taylor, M. A. P. and D'Este, G.M.D. (2003b) Concepts of network vulnerability and applications to the identification of critical elements of transport infrastructure. Paper presented at the 26th Australasian Transport Research Forum, Wellington, New Zealand, 2003.
- Taylor, M. A. P. and D'Este, G.M.D. Network Vulnerability: An Approach to Reliability Analysis at the Level of National Strategic Transport Networks. In: The Network Reliability of Transport, eds. M.G.H. Bell and Y. Iida, Proceedings of the 1st International Symposium on Transportation Network Reliability, pp.23-44. Elsevier Science, Kidlington, 2003.
- The Council of the European Union. Council Directive 2008/124/EC. Brussels, Belgium, 2008.
- Tsitsiklis, J.N. Decentralized Detection. Advances in Statistical Signal Processing, Vol. 2, pp. 297-344, 1993.
- U.S. Department of Energy - Office of Energy Assurance. Vulnerability assessment - Electric power infrastructure. Draft, 2002.
- U.S. Department of Homeland Security. Energy Sector-Specific Plan: An Annex to the National Infrastructure Protection Plan, 2010.
- U.S. Department of Homeland Security. Transportation Systems: Critical Infrastructure

and Key Resources Sector-Specific Plan as input to the National Infrastructure Protection Plan, 2007.

- U.S. Department of Transportation, Guide to establishing an information system protection program, Washington DC, 1999.
- U.S. Department of Transportation, Surface Transportation Vulnerability Assessment (General Distribution version). Research and Special Programs Administration and Office of Intelligence and Security, Washington DC, 2001.
- U.S. Environmental Protection Agency (E.P.A.), Chemical Hazard Classification and Labeling: Comparison of Opp Requirements and the GHS, 2004
- Umamaheshwaran, R.; Bijker, W. & Stein, A. Image Mining for Modeling of Forest Fires From Meteosat Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45 , No. 1, pp. 246-253, 2007.
- US–Canada Power System Outage Task Force, Final Report on August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations, April 2004.
- Utne I.B., Hokstad P., Kjolle G., Vatn J., Tondel I.A., Bertelsen D., Fridheim H., Rostum J., Risk and Vulnerability Analysis of Critical Infrastructures – The DECRIS Approach, 2009.
- Utne, I.B., P. H. A method for risk modeling of interdependencies in critical infrastructures. Reliability Engineering and System Safety, 2010.
- Van den Bergh, F. & Frost, P.E. A Multitemporal Approach to Fire Detection, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> IEEE International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images, pp. 156- 160, 2005.
- Vaughan R, R Henning, and A Siraj. IA Measures & Metrics – State of Practice & Proposed Taxonomy. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences – HICSS, 2003.
- Veeravali, V.V.; Basar, T. & Poor, V.H. Decentralized Sequential Detection with a Fusion Center Performing the Sequential Test. IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 39, No. 2, pp. 433-442, 1993.
- Venkatesh, V. et al., User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, MIS Quarterly, 2003.
- Webler, T., H. Rakel, O. Renn, and B. Johnson, Eliciting and classifying concerns: A methodological critique. Risk Analysis, 15(3), 421, 1995.
- Weiss, J., Protecting Industrial Control Systems from Electronic Threats, Momentum Press, 2010.
- Woody, C. Applying OCTAVE: Practitioners Report, 2006.
- Yan, Z., Haimes Y.Y. and M. Waller, Hierarchical coordinated Bayesian model for risk

analysis with sparse data, presented at the Society of Risk Analysis, Annual Meeting, 2006.

- Yong Ge, Xiaotao Xing, Qiuming Cheng, Simulation and analysis of infrastructure interdependencies using a petri net simulation in a geographical information system, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, pp. 319-430, 2010.
- Zhang, P., Peeta, S., A generalized modeling framework to analyze interdependencies among infrastructure systems, Transportation Research Part B: Methodological, 45 (3), pp. 553-579, 2011.
- Zimmerman R., Decision-making and the vulnerability of interdependent critical infrastructure. In: Proceedings of the IEEE international conference on systems, man and cybernetics, 2004.
- Zimmerman R., Social implications of infrastructure network interactions, Journal of Urban Technology 8, pp. 97–119, 2001.

Από το διαδίκτυο

- [http://itd.idaho.gov/publications/detour/ITD%20TIM%20Plan\\_Final\\_2008.pdf](http://itd.idaho.gov/publications/detour/ITD%20TIM%20Plan_Final_2008.pdf)
- <http://the-ncec.com/the-dangerous-goods-emergency-action-codes-list-2009/>
- [http://www.bmu.de/english/water\\_management/doc/36846.php](http://www.bmu.de/english/water_management/doc/36846.php)
- [http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2005/Basisschutzkonzept\\_kritische\\_Infrastrukturen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2005/Basisschutzkonzept_kritische_Infrastrukturen.pdf?__blob=publicationFile) (Bundesministerium des Innern, Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept, 2005)
- <http://www.emsmagazine.com/articles/emsarts/mass.html>
- <http://www.emsmagazine.com/articles/emsarts/triage.html>
- <http://www.epa.gov/oppfead1/international/global/ghscriteria-summary.pdf>
- [www.gita.org/ciper/Infrastructure%20Interdependencies%20Final.pdf](http://www.gita.org/ciper/Infrastructure%20Interdependencies%20Final.pdf)
- [http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/index_en.htm)
- <http://www.emedicine.com/emerg/topic718.htm>
- <http://www.reports.energy.gov/BlackoutFinal-Web.pdf>
- <http://www.gammassl.co.uk/topics/hot5.html/> (A Practitioner’s View of CRAMM)
- [http://www.omg.org/technology/documents/formal/QoS\\_FT.htm](http://www.omg.org/technology/documents/formal/QoS_FT.htm) (CORAS UML profile)
- <http://www2.nr.no/coras/> (CORAS, Description)
- <http://coras.sourceforge.net/downloads.html> (last tool build June 13th 2007 CORAS, Diagram Editor)
- <http://sourceforge.net/projects/coras/> (CORAS)

- <http://heim.ifi.uio.no/~ketils/coras/index.htm> (CORAS, Index)
- <http://www.compservis.lt/cramm/index.php?Lang=5&ItemId=34618> (CRAMM history)
- <http://www.cramm.com/overview/profiles.htm> (CRAMM profiles)
- <http://www.cramm.com/> CRAMM
- <http://telecom.esa.int/telecom/www/object/index.cfm?fobjectid=29777> SFEDONA (n.d.)  
- ESA project

## 10 Σύντομο βιογραφικό σημείωμα

Ο Γεώργιος Λεβεντάκης είναι Ειδικός Σύμβουλος σε θέματα «Ασφάλειας και Προστασίας» με πολυετή επαγγελματική εμπειρία, στην Διαχείριση Έργων σε διάφορες Διοικητικές θέσεις υψηλής ευθύνης. Είναι εξειδικευμένος στον Τομέα της Διαχείρισης Κινδύνου στην Ασφάλεια Κρίσιμων Υποδομών και στην Οργάνωση και Διοίκηση Μεγάλων Αθλητικών και Κοινωνικών Γεγονότων (Mega Events).

Είναι απόφοιτος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και κατέχει Μεταπτυχιακό Τίτλο Σπουδών (MSc.) στην Οργάνωση και Διοίκηση του Αθλητισμού από το University Technology of Sydney/Faculty of Business και MBA μετ' επαίνων από το Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών-Τμήμα Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας.

Η ερευνητική του δραστηριότητα περιλαμβάνει τη μελέτη και ανάπτυξη μεθοδολογιών εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνων με τη συνδυαστική χρήση πιθανοθεωρητικών μοντέλων και ημι-εμπειρικών προσεγγίσεων.

Η επαγγελματική του εμπειρία περιλαμβάνει επιχειρησιακούς ρόλους σε δύο Οργανωτικές Επιτροπές Ολυμπιακών Αγώνων για περίοδο έξι ετών (ΣΙΔΝΕΪ 2000 και ΑΘΗΝΑ 2004), στον Τομέα Διαχείρισης Κινδύνων και Ασφάλειας, καθώς και εμπειρία σε ρόλους τεχνικού συμβούλου σε θέματα Διαχείρισης Κρίσεων και Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών, Επιχειρησιακής Συνέχειας, Ασφάλειας Κρίσιμων Υποδομών, Εσωτερικής Ασφάλειας, Επιχειρησιακού Σχεδιασμού και Αξιολόγηση Ολοκληρωμένων Συστημάτων Ασφάλειας καθώς και Ευρωπαϊκών Ερευνητικών Προγραμμάτων για οχτώ έτη στο Κέντρο Μελετών Ασφάλειας (KEMEA) του ερευνητικού και συμβουλευτικού φορέα του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης και Προστασίας του Πολίτη.

Από το 2007 έως και σήμερα συντονίζει τις δράσεις του KEMEA για την συμμετοχή του στα Ευρωπαϊκά φόρα καθώς και σε Ευρωπαϊκά Χρηματοδοτούμενα Προγράμματα για Έρευνα και Τεχνολογία στο ευρύτερο θεματικό τομέα της «Ασφάλειας και Προστασίας». Συγκεκριμένα είναι:

Υπεύθυνος για την Ανάπτυξη Στρατηγικής και της συμμετοχής του KEMEA στα Ευρωπαϊκά Δρώμενα για την Ευρωπαϊκή Πολιτική Ασφάλειας.

Υπεύθυνος για τα Ευρωπαϊκά και Εθνικά Χρηματοδοτούμενα Προγράμματα (7ο Πλαίσιο-ΕΣΠΑ) στον ευρύτερο τομέα της Ασφάλειας.



Επικεφαλής Υλοποίησης Ευρωπαϊκών Ερευνητικών Προγραμμάτων (συνολικού προϋπολογισμού 96 εκατ. €).

Από το 2007 έως το 2009 ήταν μέλος του «Ευρωπαϊκού Φόρουμ για την Έρευνα και την Καινοτομία στον Τομέα της Ασφάλειας – ESRIF» συμβουλευτικό όργανο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και εκπρόσωπος στον «Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια - EOS» (μέλος του Δ.Σ. και συντονιστής των υποομάδων Διαχείριση Κρίσεων - Πολιτική Προστασία και Ασφάλεια και Επιτήρηση Χερσαίων και Θαλάσσιων Συνόρων.

Παράλληλα, το 2006 συμμετείχε στο κλειστό συνέδριο του KEMEA στην Αθήνα για την Ασφάλεια Κρίσιμων Υποδομών ενώ το 2010 ήταν ομιλητής στο συμπόσιο για την Οδική Ασφάλεια που πραγματοποιήθηκε στη Χίο. Από το 2010 μέχρι και σήμερα συμμετέχει σε ετήσια βάση, ως ομιλητής στο διεθνές συνέδριο για την Ασφάλεια «EXPOSEC». Επιπλέον, το 2011 παρουσίασε στο 2ο διεθνές συνέδριο για την Ασφάλεια Δημοσίων Εγκαταστάσεων σε παγκόσμιο επίπεδο που διοργανώθηκε στο Abu Dhabi. Τέλος, το 2013 ήταν ομιλητής στο 2ο διεθνές συμπόσιο της Κυπριακής Πλατφόρμας Ασφάλειας για τις Ανθρωπογενείς Καταστροφές.

## Παραρτήματα

### Παράρτημα 1 Γλωσσάριο

Όρος	Ορισμός
<b>Αβεβαιότητα</b>	Έλλειψη (άγνωστη και μη αναγνωρισμένη) ή ανακριβής γνώση σχετικά με τις επιλογές των διεθνών κινδύνων.
<b>Αγαθό</b>	Ένα φυσικό προϊόν, που έχει τη δυνατότητα να παραδίδεται στον αγοραστή και να σχετίζεται με τη μεταβίβαση της ιδιοκτησίας από τον πωλητή προς τον πελάτη. Η παράδοση αγαθών δημιουργεί κυκλοφορία. Συνεπώς, η κυκλοφορία εμπορευμάτων ορίζεται ως η μεταφορά όλων των ειδών αγαθών σιδηροδρομικώς, οδικώς, αεροπορικώς ή διά θαλάσσης.
<b>Αεροσκάφος</b>	Ένα όχημα που έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί εντός της ατμόσφαιρας της Γης. Τα αεροσκάφη διακρίνονται κυρίως σε αυτά που είναι ελαφρύτερα του αέρα (στατική άντωση) και σε αυτά που είναι βαρύτερα του αέρα (δυναμική άντωση).
<b>Ακμή</b>	Ένα στοιχείο ενός συνόλου ακμών σε ένα γράφημα. Το σύνολο των ακμών περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται οι κόμβοι του γραφήματος. Μια διαδρομή (σχεδιασμένη σαν μια γραμμή) που συνδέει δύο κόμβους ενός γραφήματος ή ενός πολύγωνου.
<b>Ακμή αφετηρίας/προορισμού</b>	Μια ακμή που συνδέει δύο κόμβους ενός ενιαίου δικτύου μεταφοράς, όπου τουλάχιστον ένας από τους κόμβους αντιπροσωπεύει μια αφετηρία ή έναν προορισμό στο γράφημα.
<b>Ακμή σύνδεσης (διαδικτυακά)</b>	Σε αντίθεση με τις ακμές σύνδεσης εντός του δικτύου, η ακμή σύνδεσης που αντιπροσωπεύει μια ζεύξη δύο κόμβων διαφορετικών και εξαρτημένων δικτύων ονομάζεται διαδικτυακή.
<b>Ακμή σύνδεσης (ενδοδικτυακά)</b>	Συνδέει δύο κόμβους. Οι κόμβοι δεν αποτελούν την αφετηρία ή τον προορισμό του γραφήματος, Μια ενδοδικτυακή σύνδεση αντιπροσωπεύει μια ζεύξη των δύο κόμβων του ίδιου δικτύου.
<b>Αλληλεξάρτηση</b>	Μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ δύο υποδομών, μέσω της οποίας η κατάσταση κάθε υποδομής επηρεάζει ή σχετίζεται με την κατάσταση της άλλης υποδομής.
<b>Άμεσοι πόροι</b>	Στον παρόν κείμενο, οι άμεσοι πόροι του δικτύου μεταφοράς είναι οι πόροι που απαιτούνται για τη δημιουργία κυκλοφορίας. Η κυκλοφορία είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης τριών συνθηκών: Κίνητρο μεταφοράς, μεταφορικό μέσο και υποδομή μεταφοράς.

<b>Ανάλυση Απειλής</b>	Η συστηματική ανάλυση της λειτουργίας των υποδομών του συστήματος μεταφοράς που επιτελείται για να προσδιορίσει τις απειλές και τους κινδύνους, να εκτιμήσει τις πιθανότητες να συμβούν, καθώς και να υποβάλει συστάσεις για την εξάλειψη ή το μετριασμό τους.
<b>Ανάλυση κινδύνου</b>	Μια λεπτομερής εξέταση, συμπεριλαμβανομένης της εκτίμησης, της αξιολόγησης και των εναλλακτικών διαχείρισης κινδύνου, που διεξάγεται με σκοπό την κατανόηση της φύσης των ανεπιθύμητων, αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη ζωή, την υγεία, την περιουσία, ή το περιβάλλον. Μια αναλυτική διαδικασία για την παροχή πληροφοριών σχετικά με ανεπιθύμητα συμβάντα. Η διαδικασία ποσοτικοποίησης των πιθανοτήτων και των αναμενόμενων συνεπειών για τους εντοπισθέντες κινδύνους.
<b>Ανάλυση κόστους/οφέλους</b>	Μια διαδικασία του σχεδιασμού που σχετίζεται με την απόφαση δέσμευσης κεφαλαίων ή πόρων. Είναι μια συστηματική προσπάθεια να μετρηθεί ή να αναλυθεί η αξία όλων των οφελών που προκύπτουν από μια συγκεκριμένη δαπάνη.
<b>Ανθεκτικότητα</b>	Η δυνατότητα του συστήματος να επιστρέφει στην κανονική του λειτουργία κατόπιν παρεμβολής. Χρόνος για την αποκατάσταση της εξυπηρετικότητας.
<b>Ανθρωπογενής Απειλή</b>	Κάθε επαπειλούμενο ή εκδηλωμένο περιστατικό, συμβάν, γεγονός ή κατάσταση που προκαλείται από τον άνθρωπο, είτε εκούσια είτε ακούσια.
<b>Αξιολόγηση κινδύνου</b>	Η διαδικασία σύγκρισης του υπολογιζόμενου κινδύνου σε σχέση με τα κριτήρια κινδύνου που καθορίζουν τη σοβαρότητα του κινδύνου.
<b>Αξιοπιστία</b>	Η πιθανότητα να επιτελέσει επαρκώς μια συσκευή το σκοπό της για το χρονικό διάστημα που προορίζεται η χρήση της κάτω από δεδομένες συνθήκες λειτουργίας.
<b>Απειλή</b>	Μια πιθανή αιτία ενός ανεπιθύμητου συμβάντος που μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη συστήματος ή οργανισμού.
<b>Αποτροπή</b>	Τα αντίμετρα αποτροπής είναι αποτελεσματικά όταν αποτρέπεται μια πιθανή επίθεση σε έναν πόρο λόγω διαπιστωμένης αύξησης του κινδύνου ότι η επίθεση θα αποτύχει ή ότι θα συλληφθεί ο επιτιθέμενος.
<b>Ασύμμετρη Απειλή</b>	Είναι αυτή που προέρχεται από τη χρήση μη συμβατικών ή ανορθόδοξων μεθόδων και αποσκοπεί στην επιβολή καιρίου πλήγματος εναντίον του αντιπάλου, πλήττοντας ζωτικούς στόχους και επιδιώκοντας αποτελέσματα δυσανάλογα μεγάλα σε σχέση με την αρχικώς διατεθείσα δύναμη (ορισμός του NATO).

<b>Ασφάλεια (safety)</b>	Προστασία προσωπικού και επιβατών από κινδύνους υγιεινής και ασφάλειας εργασίας.
<b>Ασφάλεια (security)</b>	Προστασία εγκαταστάσεων, προσωπικού και επιβατικού κοινού από οποιοδήποτε σκόπιμο κίνδυνο, κυρίως από εξωτερικές απειλές.
<b>Γεγονός Ασφάλειας</b>	Κάθε γεγονός ή περιστατικό που μπορεί να προκαλέσει από μια μικρή απώλεια εισοδήματος έως και καταστροφικές συνέπειες και επιπτώσεις για την λειτουργία της εταιρείας και του συστήματος μεταφοράς επιβατών.
<b>Γεωχωρική αλληλεξάρτηση</b>	Μια σχέση που υπάρχει λόγω της φυσικής εγγύτητας των στοιχείων.
<b>Γλώσσα μοντελοποίησης</b>	Οποιαδήποτε τεχνητή γλώσσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκφράσει πληροφορίες, γνώσεις ή συστήματα σε μια δομή που ορίζεται από ένα σταθερό σύνολο κανόνων. Οι κανόνες χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία της σημασίας των στοιχείων στη δομή. Μια γλώσσα μοντελοποίησης μπορεί να είναι γραφική ή κειμενική.
<b>Δείκτης Απειλής</b>	Ποσοτικό μέτρο που διασυνδέει την αριθμητική πιθανότητα μιας απειλής με τη σοβαρότητα της απειλής.
<b>Διαδικασίες Ασφάλειας</b>	Καθιερωμένες και τεκμηριωμένες μέθοδοι για να εκπληρωθεί μια σειρά στόχων που αντιμετωπίζουν επαρκώς συγκεκριμένες ευπάθειες σε δεδομένη χρονική συγκυρία.
<b>Διαθεσιμότητα</b>	Η πιθανότητα να λειτουργεί ένα σύστημα μια δεδομένη στιγμή.
<b>Διασύνδεση</b>	Αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο σχετίζονται δύο στοιχεία. Αυτές οι σχέσεις μπορεί να είναι φυσικές αλλά και λειτουργικές.
<b>Διαχείριση Ασφάλειας Συστημάτων</b>	Στοιχείο της διαχείρισης που καθορίζει τις απαιτήσεις της ασφάλειας των συστημάτων και εξασφαλίζει το σχεδιασμό, την εφαρμογή, και την εκπλήρωση των στόχων και των δραστηριοτήτων της ασφάλειας των συστημάτων.
<b>Διαχείριση κινδύνου</b>	Η διαδικασία συντονισμού των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την καθοδήγηση και τον έλεγχο ενός οργανισμού αναφορικά με τον κίνδυνο.
<b>Δίκτυο δικτύων</b>	Διαφορετικά δίκτυα, διασυνδεδεμένα και αλληλεξαρτώμενα, που συλλογικά αποτελούν το δίκτυο των δικτύων.
<b>Δίκτυο μεταφοράς</b>	Ένα δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από κόμβους, ακμές και επικαλύψεις.
<b>Δολιοφθορά</b>	Σκόπιμη ενέργεια που αποσκοπεί στην αποδυνάμωση της επιχείρησης ή του συστήματος μεταφοράς με υπονόμηση, παρεμπόδιση ή διατάραξη της λειτουργίας ή καταστροφή των υποδομών.
<b>Δράστης απειλής</b>	Ένα άτομο ή μια ομάδα ατόμων που αποπειράται να εκμεταλλευτεί μια

	συγκεκριμένη σειρά μεθόδων συμβιβαστικών λύσεων.
<b>Δυνατότητα</b>	Η μετρηθείσα δυνατότητα εξαπόλυσης επίθεσης.
<b>Εγκατάσταση</b>	Ένα δημόσιο ίδρυμα, η χρήση του οποίου προορίζεται αποκλειστικά για μια συγκεκριμένη ομάδα ατόμων. Οι εγκαταστάσεις είναι επίσης σημεία ενδιαφέροντος όπου υπάρχει κυκλοφορία.
<b>Έγκλημα</b>	Κατά τον ορισμό (του άρθρου 14) του Ελληνικού Ποινικού Κώδικα είναι μια πράξη που είναι άδικη, καταλογιστή στο δράστη της και η οποία τιμωρείται από το νόμο. Τα στοιχεία της έννοιας του εγκλήματος είναι: Πράξη ή παράλειψη (ενέργεια), Άδικη (αντιτιθέμενη στο νόμο) και Καταλογιστή (ασύγγνωστη). Τα εγκλήματα διακρίνονται σε Κακουργήματα, Πλημμελήματα, Πταίσματα.
<b>Εγκληματική Οργάνωση</b>	Ομάδα που έχει επιχειρηματική δομή και κύριο αντικείμενο της είναι η πρόσκτηση οικονομικού οφέλους μέσα από παράνομες δραστηριότητες που ευδοκιμούν βασιζόμενες συχνά στο φόβο και στη διαφθορά (ορισμός της Ιντερπόλ).
<b>Έκτακτη Ανάγκη</b>	Ασυνήθιστη, απρόβλεπτη, και γρήγορα εναλλασσόμενη κατάσταση που απειλεί τη ζωή επιβατών, υπαλλήλων, ή άλλων πολιτών ή που προκαλεί ζημία σε οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο ή εγκατάσταση ή οδηγεί στη σημαντική βλάβη ή διακοπή των υπηρεσιών και μειώνει τη δυνατότητα του συστήματος να εκπληρώσει την αποστολή του.
<b>Εκτίμηση κινδύνου</b>	Η διαδικασία της εκτίμησης κινδύνου που σχετίζεται με την ασφάλεια από εσωτερικές και εξωτερικές απειλές σε μια οντότητα, την περιουσία ή το προσωπικό της.
<b>Εκτροπή κυκλοφορίας</b>	Σε περίπτωση σοβαρών περιστατικών, η εκτροπή κυκλοφορίας μπορεί να είναι σημαντική για την αποδοτικότητα του δικτύου και τη δημόσια ασφάλεια καθώς και για την προστασία του σημείου όπου έλαβε χώρα το περιστατικό αλλά και για την εξασφάλιση γρήγορου και ασφαλούς ελέγχου.
<b>Έμμεσοι πόροι</b>	Οι έμμεσοι πόροι μεταφοράς είναι εν μέρη σημαντικοί και εν μέρη πρόσθετοι πόροι του συστήματος μεταφοράς. Σημαντικοί είναι στις περιπτώσεις υποστήριξης και διατήρησης της λειτουργίας. Πρόσθετοι είναι στις περιπτώσεις βελτιστοποίησης της λειτουργίας του συστήματος μεταφοράς.
<b>Ενέργεια</b>	Στη Φυσική, ενέργεια είναι η δυνατότητα λειτουργίας ενός συστήματος. Η ενέργεια μπορεί να απορροφηθεί, να αποθηκευτεί και να αποδεδμευτεί από ένα σώμα. Ένα σώμα χρειάζεται ενέργεια για να επιταχυνθεί ή να μετακινηθεί.

<b>Εξάρτηση</b>	Μια ζεύξη ή μια σύνδεση μεταξύ δύο υποδομών, μέσω της οποίας η κατάσταση μιας υποδομής επηρεάζει ή σχετίζεται με την κατάσταση μιας άλλης υποδομής.
<b>Επακόλουθα</b>	Δευτερεύοντα αποτελέσματα που έπονται μιας πράξης ή μιας απόφασης. Από πλευράς ασφάλισης ή ασφάλειας, είναι το κόστος, η απώλεια ή ζημία πέραν της εμπορικής αξίας του πόρου που χάθηκε ή υπέστη βλάβη ενώ περιλαμβάνονται και άλλα έμμεσα έξοδα.
<b>Επιβάτης/επιβατικό κοινό</b>	Κάθε άτομο/άτομα που εισέρχεται/ εισέρχονται στο λειτουργικό σιδηροδρομικό δίκτυο, εκτός από το εξουσιοδοτημένο προσωπικό και κάθε άτομο που κατέχει ειδική άδεια από την εταιρεία εκμετάλλευσης για συγκεκριμένους λόγους.
<b>Επιβιωσιμότητα</b>	Η δυνατότητα του συστήματος να εκπληρώσει την αποστολή του παρουσία σκόπιμων κινδύνων.
<b>Επικάλυψη</b>	Συγκεκριμένα μέρη ή ακμές όπου διάφορα δίκτυα μεταφοράς συναντούν άλλα μέσα μεταφοράς. Οι επικαλύψεις δεν ισοδυναμούν με κόμβους ζεύξης και δεν λειτουργούν ως ανισόπεδοι κόμβοι.
<b>Επικοινωνία</b>	Η διαδικασία διαβίβασης πληροφοριών από μια οντότητα σε μια άλλη. Σύστημα επικοινωνίας είναι μια εγκατάσταση ή μια υποδομή για τη μετάδοση ή την ανταλλαγή πληροφοριών. Στις μεταφορές, το σύστημα επικοινωνίας απαιτείται για την εποπτεία ή τη βελτιστοποίηση των υφιστάμενων διαδικασιών κυκλοφορίας.
<b>Επίπεδο κινδύνου</b>	Το προϊόν της πιθανότητας εμφάνισης ενός περιστατικού και της σοβαρότητας των επιπτώσεών του.
<b>Επίπτωση</b>	Το επακόλουθο της πραγματοποίησης μιας απειλής, που έχει ως αποτέλεσμα σωματική βλάβη /τραυματισμό, απώλεια, ζημία σε περιουσίες ή απολαβές, με αποτέλεσμα τη διακοπή ή διατάραξη της κανονικής λειτουργίας, τη βλάβη στη φήμη, την αξιοπιστία και το κύρος της εταιρείας και του συστήματος μεταφοράς.
<b>Επιχειρηματικές επιπτώσεις</b>	Το αποτέλεσμα ενός περιστατικού που συνέβη και προκάλεσε διακοπή των επιχειρηματικών λειτουργιών και οι επιπτώσεις αυτής της διακοπής.
<b>Ευπάθεια</b>	Μια αξιοποιήσιμη δυνατότητα, μια αξιοποιήσιμη αδυναμία ή έλλειψη στην ασφάλεια μιας εγκατάστασης, μιας οντότητας, ενός χώρου ή ενός ατόμου.  Ένας πόρος είναι ευπαθής σε περίπτωση που επηρεαστεί από μια παρεμβολή. Τότε αυτός ο πόρος επηρεάζει το δίκτυο ή το «δίκτυο των δικτύων».

<b>Εφεδρεία</b>	Η πιστή αντιγραφή (duplication) των στοιχείων ενός συστήματος ώστε να μπορεί να συνεχιστεί η λειτουργία του ακόμα κι αν προκληθεί βλάβη σε ένα μέρος του εξοπλισμού.
<b>Ζήτηση μεταφοράς</b>	Η ζήτηση μεταφοράς μπορεί να προκύψει από εγκαταστάσεις, ανθρώπους και αγαθά.
<b>Θαλάσσιο σκάφος</b>	Θαλάσσιο σκάφος είναι ένα όχημα σχεδιασμένο να λειτουργεί στο νερό ή μέσα σε αυτό με βάση την αρχή του Αρχιμήδη.
<b>Καταστροφή</b>	Κατάσταση ή ένα συμβάν, που προκαλεί απώλειες ανθρώπινων ζωών και μεγάλες υλικές καταστροφές, με επιπτώσεις στη βιωσιμότητα, το κύρος και τη φήμη της Εταιρείας Εκμετάλλευσης και του Συστήματος Μεταφοράς, και η αντιμετώπιση της οποίας υπερβαίνει την ικανότητα της εταιρείας να τη διαχειρισθεί. Η καταστροφή εκτιμάται συνήθως με ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια και μπορεί να προκληθεί είτε από τον άνθρωπο είτε από τη φύση. Το μέγεθος της καταστροφής συναρτάται με την έκταση και την ένταση του εκδηλωμένου κινδύνου, με την τρωτότητα / ευπάθεια της περιοχής που εκδηλώνεται, καθώς και με την ικανότητα να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις της καταστροφής.
<b>Κίνδυνος</b>	Είναι η αξιολογημένη πιθανότητα εκδήλωσης μιας απειλής που έχει συνδυαστικά εκτιμηθεί το ενδεχόμενο εκδήλωσης της και οι συνέπειες από την υλοποίησή της. Δηλαδή να συμβεί ένα γεγονός που θα έχει επιπτώσεις στις υποδομές, στη λειτουργία και τους στόχους της εταιρείας.
<b>Κίνητρα</b>	Η μετρηθείσα επιθυμία να εξαπολυθεί μια επίθεση. Εξαρτάται από παράγοντες όπως η ιδεολογία, ο εξαναγκασμός ή η δυσφορία.
<b>Κλιμάκωση</b>	Προκύπτει όταν κάποιο περιστατικό (διακοπή) σε μια υποδομή προκαλεί βλάβη σε μια δεύτερη υποδομή, η οποία με τη σειρά της προκαλεί διακοπή στη δεύτερη υποδομή.
<b>Κόμβος εισόδου/εξόδου</b>	Κόμβος όπου οι χρήστες των οδών και των μέσων μεταφοράς μπορούν να εισέλθουν σε ένα δίκτυο μεταφοράς ή να εξέλθουν από αυτό. Οι κόμβοι εισόδου/εξόδου είναι ενδο-δικτυακοί κόμβοι που δεν προσφέρουν τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ διαφορετικών μέσων μεταφοράς ή δικτύων μεταφοράς. Γενικά, οι χρήστες των οδών και των μέσων μεταφοράς είναι σε θέση να αλλάζουν κατεύθυνση μόνο εντός του εν λόγω δικτύου (στάση δημόσιας συγκοινωνίας προς κάθε κατεύθυνση).
<b>Κόμβος ζεύξης (ενδοδικτυακά)</b>	Οι κόμβοι ζεύξης εντός δικτύου είναι σημεία συνάντησης πολλαπλών διαδρομών μεταφοράς σε ένα και μόνο δίκτυο (μονοτροπικό). Σε αντίθεση με τους κόμβους εισόδου/εξόδου, οι χρήστες των οδών και των μέσων μεταφοράς έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν όχημα μεταφοράς

	εντός του ενδοδικτυακού κόμβου ζεύξης. Είναι πιθανή όμως μόνο η μεταφορά μεταξύ οχημάτων στο ίδιο δίκτυο καθώς και η αλλαγή κατεύθυνσης.
<b>Κόμβος φύλαξης</b>	Χώροι μέσα σε ένα δίκτυο μεταφοράς, όπου μπορούν να φυλαχθούν τα οχήματα για κάποιο χρονικό διάστημα λόγω επιχειρησιακών σκοπών. Είναι εγκαταστάσεις στάσιμης κυκλοφορίας.
<b>Κρίση</b>	Για τις επιχειρήσεις, εσωτερικές κρίσεις θεωρούνται εκείνα τα περιστατικά, γεγονότα ή συμβάντα που εξελίσσονται απρόβλεπτα, με ταχύτητα, σε κλίμα έντασης και αμφισβήτησης που απειλούν να διαταράξουν ή διαταράσσουν το περιβάλλον ασφάλειας της επιχείρησης και που λαμβάνουν χώρα στις φυσικές εγκαταστάσεις, στις εγκαταστάσεις τεχνολογίας πληροφοριών, στα δίκτυα, στις υπηρεσίες ή/και στα στοιχεία ενεργητικού, η διακοπή, η τρώση ή η καταστροφή των οποίων, θα μπορούσε να έχει σημαντικές ή/και καταστροφικές συνέπειες ή/και επιπτώσεις στην υγεία και την ασφάλεια του προσωπικού και των πολιτών, στην αποτελεσματική λειτουργία, στην οικονομική ευημερία, στη φήμη και στο κύρος της επιχείρησης.
<b>Κρίσιμες υποδομές (κρίσιμα στοιχεία)</b>	Οι κρίσιμες φυσικές εγκαταστάσεις, οι βοηθητικές παροχές και τα στοιχεία υποδομής άμυνας, τα κρίσιμα στοιχεία της αγοράς και της αλυσίδας προσφοράς, καθώς και το ανθρώπινο δυναμικό, η τεχνολογία και τα δίκτυα επικοινωνιών και κρίσιμων πληροφοριών, των οποίων η καταστροφή, η υποβάθμιση ή η μη διαθεσιμότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα, επιδρά σημαντικά στην κοινωνικοοικονομική ευημερία ενός κράτους ή επηρεάζει τη δυνατότητα μιας χώρας να απολαμβάνει εθνική ασφάλεια και προστασία.
<b>Κρισιμότητα</b>	Οι επιπτώσεις ενός συμβάντος απώλειας, υπολογισμένες συνήθως ως το καθαρό κόστος του συμβάντος. Οι επιπτώσεις ενδέχεται να ποικίλουν από ολέθριες, που οδηγούν σε γενική ανακεφαλαιοποίηση, εγκατάλειψη ή μακροπρόθεσμη διακοπή της λειτουργίας μια επιχείρησης έως και σχετικά ασήμαντες.
<b>Μείωση κινδύνου</b>	Τα μέτρα που λαμβάνονται για να μειωθεί η πιθανότητα κινδύνου, οι αρνητικές συνέπειες αυτού, ή και τα δύο.
<b>Μελέτη Επικινδυνότητας</b>	Περιλαμβάνει την αναγνώριση των κινδύνων, την αξιολόγηση και την κατάταξη αυτών σε επίπεδα, με βάση ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια που αφορούν τις πιθανότητες ( ενδεχόμενο εκδήλωσης), τη συχνότητα και τις επιπτώσεις από την εκδήλωσή τους.
<b>Μελέτη Τρωτότητας</b>	Περιλαμβάνει τις ενέργειες και τα μέτρα που λαμβάνονται ή τα φυσικά πλεονεκτήματα που χρησιμοποιούνται για τη μείωση ή την



	ελαχιστοποίηση ή ακόμα και την εξάλειψη των αδυναμιών και κινδύνων, με τη σύσταση αντιμέτρων με τα οποία μειώνεται ο κίνδυνος σε αποδεκτό επίπεδο, με βάση τη σχέση προσδοκώμενης ωφέλειας σχετικού κόστους.
<b>Μέσα μεταφοράς</b>	Κινούμενα στοιχεία του δικτύου μεταφοράς. Για να υπάρξει διαχωρισμός των μέσων μεταφοράς, λαμβάνεται υπόψη το χρησιμοποιούμενο είδος υποδομής μεταφοράς: οδικά οχήματα, σιδηροδρομικά οχήματα, αεροσκάφη και θαλάσσια σκάφη.
<b>Μητρώο κινδύνων</b>	Λεπτομερές αρχείο με τους κινδύνους που εντόπισε η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου. Θα πρέπει να εκχωρηθεί ένας ιδιοκτήτης για κάθε κίνδυνο.
<b>Νομοθετικά πλαίσια</b>	Ένα σύνολο νομικών εγγράφων που σχετίζονται με την προστασία της κρίσιμης υποδομής μεταφορών.
<b>Οδικό όχημα</b>	Ένα χερσαίο όχημα που έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί εντός των οδικών δικτύων. Είναι χαρακτηριστικό ότι η κατεύθυνση των οδικών οχημάτων διατηρείται ή αλλάζει αξιοποιώντας τη στατική τριβή χωρίς τη χρήση ιχνών/τροχιών.
<b>Οργανωμένο Έγκλημα</b>	Παράνομες δραστηριότητες ή επιχειρήσεις που κατευθύνονται από εγκληματικές ομάδες ή οργανώσεις, των οποίων το κίνητρο πηγάζει από το οικονομικό κέρδος.
<b>Παραβίαση Ασφάλειας</b>	Ένα απρόβλεπτο γεγονός ή ένα περιστατικό που θέτει σε κίνδυνο τη ζωή ή την ιδιοκτησία και μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια υπηρεσιών ή εξοπλισμού συστημάτων.
<b>Περιστατικό</b>	Συμβάν ή περιστατικό εκτάκτου ανάγκης που όταν λάβει χώρα απαιτεί την ανάπτυξη ή επέμβαση του προσωπικού ασφάλειας της εγκατάστασης. Συνεπώς, το περιστατικό (που επίκειται ή έχει ήδη λάβει χώρα) είναι σοβαρό, μπορεί να αποτελεί απειλή για την ασφάλεια της Εγκατάστασης, να προκαλέσει απώλεια ζωής, σωματική βλάβη, σημαντική διαρθρωτική ή περιβαλλοντική καταστροφή, και για το οποίο απαιτείται συντονισμένη επέμβαση του Υπευθύνου Ασφάλειας και του Υπευθύνου της Εγκατάστασης.
<b>Πιθανότητα</b>	Το ενδεχόμενο, ή σε μερικές περιπτώσεις, η μαθηματική βεβαιότητα ότι θα προκύψει ένα δεδομένο συμβάν. Ο λόγος του αριθμού των εκβάσεων σε ένα διεξοδικό σύνολο ισοδύναμα πιθανών εκβάσεων που προκαλούν ένα δεδομένο συμβάν προς τον συνολικό αριθμό των πιθανών εκβάσεων.
<b>Ποιοτικός</b>	Σχετίζεται με αυτό που είναι χαρακτηριστικό κάποιου στοιχείου και που το ορίζει.
<b>Πολλαπλά συστήματα</b>	Διασυνδεδεμένα συστήματα υποδομής που συνδέονται σε πολλαπλά

<b>υποδομής</b>	σημεία μέσω μιας ευρείας ποικιλίας μηχανισμών.
<b>Ποσοτικός</b>	Σχετίζεται, αφορά ή βασίζεται στην ποσότητα ή τον αριθμό κάποιου στοιχείου, ικανό να μετρηθεί ή να εκφραστεί με αριθμητικούς όρους.
<b>Πρόγραμμα Ασφάλειας</b>	Η ανάλυση της ασφάλειας, οι συνδυασμένοι στόχοι και οι δραστηριότητες της διαχείρισης της ασφάλειας που ενισχύουν τη λειτουργική αποτελεσματικότητα του συστήματος μεταφοράς με την ικανοποίηση των απαιτήσεων ασφάλειας κατά τρόπο έγκαιρο και οικονομικώς αποδοτικό, μέσω όλων των φάσεων του κύκλου ζωής του.
<b>Σενάριο</b>	Η περιγραφή ενός γεγονότος ή μιας σειράς πράξεων και συμβάντων.
<b>Σιδηροδρομικό όχημα</b>	Ένα χερσαίο όχημα που κινείται επάνω στις ράγες ενός σιδηροδρομικού δικτύου.
<b>Στατιστικά στοιχεία</b>	Στην ασφάλεια, αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει μια συλλογή ποσοτικών δεδομένων, όπως συμβάντα ασφαλείας, εγκληματολογικές εκθέσεις και σχετικές πληροφορίες οι οποίες, μαζί με άλλα παρόμοια δεδομένα, χρησιμεύουν ως στατιστικά στοιχεία για την ασφάλεια και χρησιμοποιούνται σε μια σειρά εφαρμογών, όπως οι αξιολογήσεις κινδύνου και ευπάθειας.
<b>Στοιχείο</b>	Στοιχείο ή μέρος οποιουδήποτε ενιαίου δικτύου μεταφοράς που έχει αξία για το δίκτυο, το φορέα εκμετάλλευσης, τις επιχειρηματικές του λειτουργίες και τη συνέχισή του.
<b>Συμβάν</b>	Κάτι που συμβαίνει. Ένα αξιοσημείωτο γεγονός. Στα πλαίσια της ασφάλειας, αυτό συνήθως αντιπροσωπεύει ένα γεγονός όπως π.χ. ένα περιστατικό ασφαλείας, ένα συναγερμό, μια επείγουσα ιατρική περίπτωση ή ένα σχετικό επεισόδιο ή γεγονός.
<b>Συμβάν απώλειας</b>	Ένα γεγονός που προκαλεί οικονομική απώλεια ή που επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στους πόρους. Παραδείγματα περιλαμβάνουν περιστατικά ασφαλείας, ποινικά αδικήματα, πόλεμοι, φυσικοί κίνδυνοι ή φυσικές καταστροφές.
<b>Συνδεσιμότητα</b>	Η πιθανότητα διαδρομής σε μια αφετηρία/προορισμό χωρίς να προκύψει συμφόρηση πέρα από κάποιο συγκεκριμένο επίπεδο. Η υπέρβαση αυτού του επιπέδου οδηγεί σε διακοπή συνδέσμου. Για πολλαπλές πορείες που θεωρούνται παράλληλες, αυτό το μέτρο πρέπει να υπολογιστεί αόφτου ληφθούν υπόψη όλες οι πορείες. Έτσι, η συνδεσιμότητα θα είναι η πιθανότητα εύρεσης τουλάχιστον μίας πορείας χωρίς μη αποδεκτή συμφόρηση μεταξύ αφετηρίας και προορισμού.
<b>Σύστημα</b>	Ένα σύνολο ανθρώπων (υπάλληλοι, επιβάτες, άλλοι), ιδιοκτησίας (εγκαταστάσεις και εξοπλισμός), περιβάλλοντος (φυσικό, κοινωνικό, θεσμικό), και διαδικασιών (τυποποιημένη λειτουργία, λειτουργική

	έκτακτη ανάγκη, και εκπαίδευση) που είναι ενοποιημένο για να εκτελέσει μια συγκεκριμένη επιχειρησιακή λειτουργία σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον.
<b>Συστήματα ασφαλείας</b>	Συστήματα για την προστασία από ζημιές/βλάβες που προκαλούνται από την τεχνολογία, από ανθρώπινη αμέλεια ή από κρίσιμες περιβαλλοντικές καταστάσεις.
<b>Συστήματα ελέγχου</b>	Βοηθούν στη λειτουργία των συστημάτων μεταφοράς με βελτιστοποιημένο (από πλευράς δυνατότητας δικτύου) και ασφαλή (από πλευράς κανόνων και οδηγιών κυκλοφορίας) τρόπο.
<b>Συστήματα πληροφοριών</b>	Τα συστήματα πληροφοριών στον τομέα των μεταφορών μπορούν να χωριστούν σε συστήματα επικοινωνιών, συστήματα ασφάλειας/ελέγχου και συστήματα προστασίας.
<b>Συστήματα προστασίας</b>	Τα συστήματα που προστατεύουν από ζημιές/βλάβες που προκαλούνται λόγω σκόπιμων ανθρώπινων ενεργειών.
<b>Σχέδιο έκτακτης ανάγκης</b>	Ένα σχέδιο για απόκριση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, για δημιουργία εφεδρικών λειτουργιών και για ανάκτηση μετά την καταστροφή, το οποίο εφαρμόζεται από μια δραστηριότητα ως μέρος του προγράμματος ασφαλείας, διευκολύνοντας τη συνέχιση των λειτουργιών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και διασφαλίζοντας τη διαθεσιμότητα των κρίσιμων πόρων. Απαιτείται για να βοηθήσουν στην αποκατάσταση μετά από σοβαρά περιστατικά σε ελάχιστο χρόνο, με ελάχιστο κόστος και τη μικρότερη χρονικά δυνατή διακοπή εργασιών.
<b>Ταχύτητα ανάκτησης</b>	Η ταχύτητα με την οποία μπορεί ένα σύστημα να ανακτήσει τη λειτουργία του μετά από παρεμβολή.
<b>Τεχνολογικό Ατύχημα</b>	Η διαρροή, πυρκαγιά ή έκρηξη, η οποία προκύπτει από ανεξέλεγκτες καταστάσεις κατά τη λειτουργία οποιασδήποτε εγκατάστασης και προκαλεί κινδύνους, άμεσους ή αργότερους, εντός ή εκτός της εγκατάστασης για την ανθρώπινη υγεία ή/και το περιβάλλον και σχετίζεται με μια ή περισσότερες επικίνδυνες ουσίες.
<b>Τρομοκρατία</b>	Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει παγκόσμια αποδεκτός ορισμός, ούτε και η ΕΕ έχει καταλήξει σε κάποιον κοινό αποδεκτό ορισμό. Γενικά, αποτελεί τη συστηματική χρήση ή την απειλή χρήσης βίας, ως αντίδραση ή άσκηση πίεσης, από οργανωμένες ομάδες με πολιτικά, θρησκευτικά ή άλλα ιδεολογικά κίνητρα (ως υπόβαθρο/βάση), εναντίον ατόμων, ομάδων ή περιουσιών, με τρόπο ή σε έκταση ή κάτω από συνθήκες που μπορούν να προκαλέσουν σημαντική βλάβη σε μια χώρα ή έναν μεγάλο διεθνή οργανισμό και στοχεύουν στην πρόκληση μεγάλου φόβου στον πληθυσμό ή σε παράνομο εξαναγκασμό μιας δημόσιας αρχής, μιας

	Κυβέρνησης ή ενός διεθνή οργανισμού, από τις οποίες προσδοκούν κάποια πολιτικά οφέλη/κέρδη. Βασικό χαρακτηριστικό της τρομοκρατίας είναι η ανωνυμία και η μυστικότητα των μελών όχι όμως και των οργανώσεων που τις συνθέτουν.
<b>Τρωτότητα</b>	Η φυσική, τεχνική, τεχνολογική ή άλλη αδυναμία ή ευπάθεια που σχετίζεται με τον τομέα της ασφάλειας, ή την ίδια την εγκατάσταση (εν μέρει ή εν όλο) ή την ευρύτερη περιοχή και δίνει τη δυνατότητα ή το πλεονέκτημα στον φορέα απειλής να δράσει, προκαλώντας ανεπιθύμητα γεγονότα και αποτελέσματα.
<b>Υποδομή</b>	Οι φυσικοί πόροι που έχουν τη δυνατότητα να παραδίδουν την προοριζόμενη εξυπηρέτηση και που αποτελούνται από άκαμπτους πόρους, από πόρους που σχετίζονται με κοινωφελείς υπηρεσίες και από ευέλικτους πόρους περιλαμβανομένων συστημάτων, μηχανημάτων και υλισμικού υπολογιστών (hardware).
<b>Φήμη και πελατεία</b>	Η αξία μιας επιχείρησης που έχει συσσωρευτεί μέσω της φήμης που ισχύει για τις δραστηριότητες και τους ιδιοκτήτες της.
<b>Φυσική Καταστροφή</b>	Η συνέπεια ενός φυσικού κινδύνου (π.χ. ενός σεισμού ή μιας κατολίσθησης) η οποία περνάει από το στάδιο της πιθανότητας σε μία ενεργή φάση και κατά συνέπεια έχει επιπτώσεις στις ανθρώπινες δραστηριότητες ή/και στο περιβάλλον. Η ανθρώπινη αδυναμία μπροστά στις φυσικές καταστροφές, που επιδεινώνεται από την έλλειψη προγραμματισμού ή την έλλειψη κατάλληλου συστήματος διαχείρισης εκτάκτων αναγκών, οδηγεί σε οικονομικές, δομικές και ανθρώπινες απώλειες. Το μέγεθος της απώλειας εξαρτάται από την ικανότητα του πληθυσμού να υποστηρίξει ή να αντισταθεί στην καταστροφή, την ανθεκτικότητά του, καθώς και την επάρκειά του σε κατάλληλο εξοπλισμό και είδη πρώτης ανάγκης.
<b>Φυσικός Κίνδυνος ή Κίνδυνος από Φυσικά Αίτια</b>	Απειλή ή μια κατάσταση που έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει ένα γεγονός το οποίο έχει αρνητική επίδραση σε ανθρώπους ή/και το περιβάλλον. Ο φυσικός κίνδυνος προκύπτει από τις φυσικές διαδικασίες του περιβάλλοντος. Σχετίζεται με πιθανολογούμενο - μελλοντικό συμβάν, ενώ οι φυσικές καταστροφές με παρελθόντα ή τωρινά συμβάντα.
<b>Χώρος</b>	Μια χωρική τοποθεσία που μπορεί να προσδιοριστεί με τη χρήση συντεταγμένων γεωγραφικού μήκους και πλάτους

## **Παράρτημα 2 Λεπτομερής ιεραρχική ανάλυση δομής των δικτύων μεταφοράς**

### **1 Άμεσοι πόροι**

#### **1.1 Δικτύου μεταφορών**

##### **1.1.1 Ακμή**

###### **1.1.1.1 Ακμή σύνδεσης**

###### **1.1.1.1.1 Ενδοδικτυακά**

*1.1.1.1.1.1 Αστική οδική σύνδεση (μεταξύ 2 διασταυρώσεων)*

*1.1.1.1.1.2 Σύνδεση εθνικής οδού (μεταξύ 2 ανισόπεδων κόμβων)*

*1.1.1.1.1.3 Σιδηροδρομική σύνδεση (μεταξύ 2 σταθμών)*

*1.1.1.1.1.4 Σύνδεση τηλεφερική (μεταξύ 2 σταθμών)*

*1.1.1.1.1.5 Σύνδεση από αέρος (μεταξύ 2 αεροδρομίων)*

###### **1.1.1.1.2 Διαδικτυακά**

*1.1.1.1.2.1 Μονοπάτι πρόσβασης*

*1.1.1.1.2.2 Σταθμός P+R*

*1.1.1.1.2.3 Γραμμή τροφοδοσίας αεροδρομίου*

*1.1.1.1.2.4 Ειδική διαδρομή πρόσβασης/διάσωσης/έκτακτης ανάγκης*

###### **1.1.1.2 Ακμή αφετηρίας/προορισμού**

**1.1.1.2.1** Πορεία λεωφορείου με αφετηρία/στάση επιβίβασης-αποβίβασης/αμαξοστασίου

**1.1.1.2.2** Αστική οδός με υπαίθριο χώρο στάθμευσης, αδιέξοδο

**1.1.1.2.3** Σιδηροδρομική γραμμή με αφετηρία/στάση επιβίβασης-αποβίβασης/αμαξοστασίου

**1.1.1.2.4** Γραμμή τηλεφερική με αφετηρία/στάση επιβίβασης-αποβίβασης/αμαξοστασίου

**1.1.1.2.5** Αεροδιάδρομοι από/προς αεροδρόμια

**1.1.1.2.6** Πλωτές οδοί από/προς λιμένες

##### **1.1.2 Κόμβος**

###### **1.1.2.1 Κόμβος εισόδου/εξόδου**

**1.1.2.1.1** Απλή στάση λεωφορείου (χωρίς σύνδεση)

**1.1.2.1.2** Απλή στάση σιδηροδρομικής γραμμής (χωρίς σύνδεση)

1.1.2.1.3 Απλή στάση γραμμής τηλεφερική (χωρίς σύνδεση)

1.1.2.1.4 Χώρος αναμονής ταξί

### **1.1.2.2 Κόμβος ζεύξης**

1.1.2.2.1 Ενδοδικτυακά

*1.1.2.2.1.1 Διασταύρωση οδικού δικτύου (ίδιος τύπος δρόμου)*

*1.1.2.2.1.2 Διασταύρωση εθνικής οδού*

*1.1.2.2.1.3 Σταθμός μετεπιβίβασης δημόσιας συγκοινωνίας (ίδιο δίκτυο)*

1.1.2.2.2 Διαδικτυακά

*1.1.2.2.2.1 Διασταύρωση οδικού δικτύου (διαφορετικοί τύποι δρόμων)*

*1.1.2.2.2.2 Κόμβοι οδικού δικτύου με εισόδους/εξόδους*

*1.1.2.2.2.3 Σταθμός P+R*

*1.1.2.2.2.4 Σιδηροδρομικός σταθμός που συνδέει περιφερειακή και αστική κυκλοφορία*

*1.1.2.2.2.5 Σταθμός μετεπιβίβασης δημόσιας συγκοινωνίας (διαφορετικά δίκτυα/μέσα μεταφοράς)*

### **1.1.2.3 Κόμβος φύλαξης**

1.1.2.3.1 Αμαξοστάσιο δημόσιας συγκοινωνίας

1.1.2.3.2 Χώρος στάθμευσης

1.1.2.3.3 Αφιετηρία/τέρμα δημόσιας συγκοινωνίας

1.1.2.3.4 Χώρος στάθμευσης αεροσκαφών (χώρος φορτοεκφόρτωσης)

## **1.1.3 Επικάλυψη**

### **1.1.3.1 Επίπεδη**

1.1.3.1.1 Σιδηροδρομική διάβαση

1.1.3.1.2 Παράλληλα/Εφαπτόμενα δίκτυα (π.χ. σιδηροδρομικά/οδικά)

### **1.1.3.2 Μη επίπεδη**

1.1.3.2.1 Σιδηροδρομική γέφυρα

1.1.3.2.2 Γέφυρα αυτοκινητόδρομου

1.1.3.2.3 Γέφυρα ποταμού (σιδηροδρομική, αυτοκινητόδρομου)

1.1.3.2.4 Υδάτινη πύλη

1.1.3.2.5 Σήραγγα μετρό

1.1.3.2.6 Δίκτυο τηλεφερική

1.1.3.2.7 Αεροδιάδρομος επάνω από δίκτυο μεταφοράς

## **1.2 Μέσα μεταφοράς**

### **1.2.1 Οδικό όχημα**

#### *1.2.1.1 Αυτοκίνητο*

#### *1.2.1.2 Λεωφορείο (δημόσια/ιδιωτική συγκοινωνία)*

#### *1.2.1.3 Φορτηγό*

#### *1.2.1.4 Ημιφορτηγό*

#### *1.2.1.5 Όχημα έκτακτης ανάγκης*

### **1.2.2 Σιδηροδρομικό όχημα**

#### *1.2.2.1 Περιφερειακός σιδηρόδρομος*

#### *1.2.2.2 Αστικός/Προαστιακός σιδηρόδρομος*

#### *1.2.2.3 Αυτοματοποιημένο σύστημα διέλευσης οχημάτων*

#### *1.2.2.4 Μετρό*

#### *1.2.2.5 Τραμ*

### **1.2.3 Αεροσκάφος**

#### *1.2.1.2 Αεροπλάνο (δημόσια/ιδιωτική συγκοινωνία)*

#### *1.2.3.2 Υδροπλάνο*

#### *1.2.3.3 Όχημα επίδρασης επιφανείας (Hovercraft)*

#### *1.2.3.4 Ελικόπτερο*

### **1.2.4 Θαλάσσιο σκάφος**

#### *1.2.4.1 Λέμβος*

#### *1.2.4.2 Οχηματαγωγό πλοίο*

#### *1.2.4.3 Πλοίο*

## **1.3 Ζήτηση για μεταφορά**

### **1.3.1 Εγκαταστάσεις**

#### *1.3.1.1 Αεροδρόμιο*

#### *1.3.1.2 Νοσοκομείο (Κέντρο συντονισμού διάσωσης)*

#### *1.3.1.3 Κέντρο διοίκησης αστυνομίας*

*1.3.1.4 Κέντρο πυροσβεστικής*

*1.3.1.5 Εμπορικό κέντρο*

*1.3.1.6 Αξιοθέατα*

*1.3.1.7 Αθλητικές εγκαταστάσεις*

*1.3.1.8 Αίθουσα συναυλιών*

*1.3.1.9 Εκπαιδευτικό ίδρυμα*

### **1.3.2 Άνθρωποι**

*1.3.2.1 Κυκλοφορία εργαζόμενων*

*1.3.2.2 Κυκλοφορία επιβατών με ΜΜΜ*

*1.3.2.3 Κυκλοφορία καταναλωτών*

*1.3.2.4 Κυκλοφορία κατά τη διάρκεια διακοπών*

*1.3.2.5 Κυκλοφορία έκτακτης ανάγκης*

### **1.3.3 Αγαθά**

*1.3.3.1 Εμπορεύματα (εξαρτήματα)*

*1.3.3.2 Καταναλωτικά (τρόφιμα)*

*1.3.3.3 Διαρκή αγαθά παραγωγών (μηχανές)*

*1.3.3.4 Αναλώσιμα αγαθά παραγωγών (λάδια, βερνίκια)*

*1.3.3.5 Ταχυδρομικά δέματα*

*1.3.3.6 Επικίνδυνα αγαθά*

## **2 Άμεσοι πόροι**

### **2.1 Ενέργεια**

**2.1.1 Σύστημα καυσίμων**

**2.1.2 Οχήματα ανεφοδιασμού καυσίμων**

**2.1.3 Εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού**

**2.1.4 Υποσταθμοί μετασχηματιστών**

**2.1.5 Καλώδια επαφής**

**2.1.6 Αγωγός εκκίνησης**



### **2.1.7 Καλώδια**

## **2.2 Πληροφορίες**

### **2.2.1 Επικοινωνία**

#### **2.2.1.1 Ναυτιλία**

2.2.1.1.1 Ασύρματη τηλεγραφία θαλάσσης

2.2.1.1.2 Αναγνώριση

2.2.1.1.2.1 *AIS*

2.2.1.1.3 Πληροφορίες

2.2.1.1.3.1 *RIS*

2.2.1.1.4 Πλοήγηση

2.2.1.1.4.1 *ARGO*

2.2.1.1.5 Ασφάλεια

2.2.1.1.5.1 *GMDSS*

#### **2.2.1.2 Οδική κυκλοφορία**

2.2.1.2.1 Έλεγχος

2.2.1.2.1.1 *ITCS*

2.2.1.2.2 Επικοινωνία

2.2.1.2.2.1 *GSM*

2.2.1.2.3 Πληροφορίες

2.2.1.2.3.1 *TMC*

2.2.1.2.3.2 *DAB*

2.2.1.2.4 Συστήματα κλήσης έκτακτης ανάγκης

#### **2.2.1.3 Κυκλοφορία σιδηροδρομικών γραμμών**

2.2.1.3.1 Έλεγχος

2.2.1.3.1.1 *ETCS*

2.2.1.3.1.2 *GSM-Railway*

2.2.1.3.2 Αναμεταδότης τοποθεσίας

#### **2.2.1.4 Εναέρια κυκλοφορία**

2.2.1.4.1 Εναέριος ραδιοσταθμός

2.2.1.4.2 Πλοήγηση

2.2.1.4.2.1 *DME*

2.2.1.4.2.2 *VOR*

2.2.1.4.2.3 *NDB*

2.2.1.4.2.4 *TACAN*

2.2.1.4.2.5 *DECCA*

2.2.1.4.2.6 *OMEGA*

2.2.1.4.2.7 *ILS*

2.2.1.4.2.8 *MLS*

2.2.1.4.3 Πληροφορίες

2.2.1.4.3.1 *ATIS*

2.2.1.4.4 Έκτακτης ανάγκης

2.2.1.4.4.1 *EPIRB*

**2.2.2 Ασφάλεια/Έλεγχος**

**2.2.2.1 Κεντρική διοίκηση**

2.2.2.1.1 Κέντρο Συντονισμού Διάσωσης

2.2.2.1.2 Κέντρο Ελέγχου Κυκλοφορίας

2.2.2.1.3 Κέντρο Πυροσβεστικής

**2.2.2.2 Έλεγχος οδικής κυκλοφορίας**

2.2.2.2.1 On-board

2.2.2.2.1.1 Σύστημα εντοπισμού θέσης (*GNSS*, π.χ. *GPS*, *GLONASS*, *GALILEO*)

2.2.2.2.1.2 Σύστημα ελέγχου (*ITCS*)

2.2.2.2.1.3 Σύστημα πλοήγησης

2.2.2.2.1.4 Σύστημα αιτήματος διακοπής

2.2.2.2.1.5 Σύστημα πληροφοριών/οθόνης

2.2.2.2.1.6 Μηχανή έκδοσης εισιτηρίων

2.2.2.2.2 Ανιχνευτής γραμμής

2.2.2.2.2.1 Στατικές/δυναμικές πινακίδες κυκλοφορίας

2.2.2.2.2.2 Οπτικές/ηχητικές ενδείξεις

2.2.2.2.2.3 Φωτεινοί σηματοδότες

2.2.2.2.2.4 Φωτεινός πίνακας σήμανσης

2.2.2.2.2.5 Μηχανή έκδοσης εισιτηρίων

2.2.2.2.2.6 Σύστημα δρομολόγησης

2.2.2.2.2.7 Μονάδες συλλογής δεδομένων κυκλοφορίας

2.2.2.2.2.8 Σταθμό/πύλη διοδίων

### **2.2.2.3 Σιδηροδρομικός έλεγχος**

#### 2.2.2.3.1 On-board

2.2.2.3.1.1 Σύστημα εντοπισμού θέσης (ανιχνευτές, GNSS, π.χ. το GPS, GLONASS, GALILEO)

2.2.2.3.1.2 Σύστημα ελέγχου αμαξοστοιχιών (ETCS)

2.2.2.3.1.3 Σύστημα αιτήματος διακοπής

2.2.2.3.1.4 Σύστημα πληροφοριών/οθόνης

#### 2.2.2.3.2 Ανιχνευτής γραμμής

2.2.2.3.2.1 Στατικές/δυναμικές πινακίδες κυκλοφορίας

2.2.2.3.2.2 Οπτικές/ηχητικές ενδείξεις

2.2.2.3.2.3 Φωτεινοί σηματοδότες

2.2.2.3.2.4 Μηχανή έκδοσης εισιτηρίων

2.2.2.3.2.5 Διακόπτης αλλαγής πορείας (Switch)

2.2.2.3.2.6 Ανίχνευση ελεύθερης διέλευσης σε ράγες (ανιχνευτής άξονα, κύκλωμα καταμέτρησης άξονα, κύκλωμα γραμμής, αναμεταδότης, σημαντήρας, φάρος)

### **2.2.2.4 Έλεγχος ναυσιπλοΐας**

#### 2.2.2.4.1 On-board

2.2.2.4.1.1 Σύστημα εντοπισμού θέσης (GNSS, π.χ. το GPS, GLONASS, GALILEO)

2.2.2.4.1.2 Σύστημα πλοήγησης (ARGO)

#### 2.2.2.4.2 Ανιχνευτής γραμμής

2.2.2.4.2.1 Σημαντήρας

2.2.2.4.2.2 Φάρος

2.2.2.4.2.3 Στατική πινακίδα κυκλοφορίας

2.2.2.4.2.4 Υδάτινη πύλη

### **2.2.2.5 Έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας**

#### 2.2.2.5.1 On-board

2.2.2.5.1.1 Σύστημα εντοπισμού θέσης (ραδιογωνιόμετρο, ραντάρ)

2.2.2.5.1.2 Πλοήγηση εναέριας πορείας (DME, VOR, TACAN, LORAN, DECCA, OMEGA)

2.2.2.5.1.3 Σύστημα πληροφοριών/οθόνης

2.2.2.5.2 Ground-facing

2.2.2.5.2.1 Στατικές/δυναμικές πινακίδες κυκλοφορίας

2.2.2.5.2.2 Οπτικές/ηχητικές ενδείξεις

2.2.2.5.2.3 Φωτεινοί σηματοδότες

#### **2.2.2.6 Ασφάλεια οδικών μεταφορών**

2.2.2.6.1 On-board

2.2.2.6.1.1 Πέδηση με σύστημα αντιεμπλοκής

2.2.2.6.1.2 Πρόγραμμα ηλεκτρονικής σταθερότητας (ESP)

2.2.2.6.1.3 Αερόσακος

2.2.2.6.1.4 Ζώνη ασφαλείας

2.2.2.6.2 Ανιχνευτής γραμμής

2.2.2.6.2.1 Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης

2.2.2.6.2.2 Σύστημα κλήσης έκτακτης ανάγκης

2.2.2.6.2.3 Κρουνοί υδροληψίας

2.2.2.6.2.4 Στηθαίο δέσμης (beam barrier)

#### **2.2.2.7 Ασφάλεια σιδηροδρόμων**

2.2.2.7.1 On-board

2.2.2.7.1.1 Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης

2.2.2.7.1.2 Πέδηση έκτακτης ανάγκης

2.2.2.7.2 Ανιχνευτής γραμμής

2.2.2.7.2.1 Σύστημα προστασίας πλατφόρμας (αισθητήρας επαφής, φώτα, ραντάρ, λέιζερ, παρακολούθηση με βίντεο, θύρα/πύλη πλατφόρμας)

2.2.2.7.2.2 Κλειδαριά ασφαλείας

#### **2.2.2.8 Ασφάλεια ναυσιπλοΐας**

2.2.2.8.1 On-board

2.2.2.8.1.1 Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης

2.2.2.8.1.2 Σωσίβια

2.2.2.8.1.3 Σύστημα ασφαλείας (GMDSS)

#### **2.2.2.9 Ασφάλεια εναέριας κυκλοφορίας**

2.2.2.9.1 On-board

*2.2.2.9.1.1 Ζώνες ασφαλείας*

*2.2.2.9.1.2 Σωσίβια*

*2.2.2.9.1.3 Σύστημα προσέγγισης πλοήγησης (ILS, MLS)*

*2.2.2.9.1.4 Σύστημα έκτακτης ανάγκης (EPIRB)*

*2.2.2.9.2 Ground-facing*

*2.2.2.9.2.1 Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης*

*2.2.2.9.2.2 Σύστημα κλήσεων έκτακτης ανάγκης*

### **2.2.3 Ασφάλεια**

*2.2.3.1 Κέντρο διοίκησης αστυνομίας*

*2.2.3.2 Σύστημα παρακολούθησης βίντεο*

*2.2.3.3 Συσκευή συναγερμού*

*2.2.3.4 Κλειδαριά ασφαλείας*

*2.2.3.5 Προσωπικό ασφαλείας*

*2.2.3.6 Κωδικοποίηση ηλεκτρονικών πληροφοριών, τείχος προστασίας, anti-hacking*

### Παράρτημα 3. Υπολογισμός πιθανών συνεπειών από κάποιο περιστατικό

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ		Απειλή	Τρομοκρατία (εσωτερική και διεθνής)																	
Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Περιστατικό	Βομβιστικές επιθέσεις / εκρηκτικές δόλες με υψηλή ισχύ	Βόμβες σε εγκαταλελειμμένα αντικείμενα	Απόπειρα ανθρωποκτονίας ή ανθρωποκτονία	Εκτόξευση αντιαρματικών ή άλλου τύπου πυραύλων	Ενοπλη ληστεία ή κλοπή οχήματος	Ενοπλη ληστεία ή κλοπή χρημάτων	Ενοπλη ληστεία ή κλοπή σε περιοχή αποθήκευσης ή καταμέτρησης	Βόμβα σε όχημα	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρείας ή/και επιβατών	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	Εμπρησμός	Σαμποτάζ	Επιστολές με μολυσματικό ή εκρηκτικό υλικό	Ηλεκτρονική επίθεση/έγκλημα στον κυβερνοχώρο (hacking, cracking, ηλεκτρονικό ψάρεμα)	Βρόμικες βόμβες (XBPM)	Καταδρομικές επιθέσεις αυτοκτονίας	Καταδρομικά οχήματα-βόμβες ή τηλεχειριζόμενα οχήματα-βόμβες	Μη συμβατικά όπλα (XBAP) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/εναέρια συστήματα διαχείρισης
Απώλειες	Θάνατοι		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Τραυματισμοί		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Οικονομικές απώλειες	Χρηματική απόλεια φορέα εκμετάλλευσης		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Γενική χρηματική απόλεια		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Περιβάλλον	Περιοχή που επηρεάστηκε		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Χρόνος αποκατάστασης		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Επιπτώσεις στον φυσικό πληθυσμό και στη βιοποικιλότητα		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Χημική επικινδυνότητα		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Απόκριση	Ομάδες έκτακτης ανάγκης		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Εκκένωση		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Προσπελασιμότητα δικτύου		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Περίμετροι ασφαλείας		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΘΑΝΟ		Απειλή	Τρομοκρατία (εσωτερική και διεθνής)																
			Βομβιστικές επιθέσεις / εκρηκτικές όπια με υψηλή ισχύ	Βόμβες σε εγκαταλελειμμένα αντικείμενα	Απόπειρα ανθρωποκτονίας ή ανθρωποκτονία	Εκτόξευση αντιαρματικών ή άλλου τύπου πυραύλων	Ενοπλη ληστεία ή κλοπή οχήματος	Ενοπλη ληστεία ή κλοπή καταμέτρησης χρημάτων	Βόμβα σε βήμα	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού ή/και επιβατών	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	Εμπρησμός	Σαμποτάζ	Επιστολές με μολυσματικό ή εκρηκτικό υλικό	Ηλεκτρονική επίθεση/έγκλημα στον κυβερνοχώρο (hacking, cracking, ηλεκτρονικό ψάρεμα)	Βρόμικες βόμβες (ΧΒΠΠ)	Καταδρομικές επιθέσεις αυτοκτονίας	Καταδρομικά οχήματα-βόμβες αυτοκτονίας ή τηλεχειριζόμενα οχήματα-βόμβες	Μη συμβατικά όπλα (ΧΒΑΠ) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/εναέρια συστήματα διαχείρισης
Κλιμακωτό συμβάν	Δίκτυο μεταφοράς	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Αστικό περιβάλλον	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
	Βιομηχανία	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
	Φυσικός κίνδυνος	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
Κοινωνικά/Ψυχολογικά	Άτομα που επηρεάστηκαν	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
	Αλλαγή ημερήσιου προγράμματος	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
	Φήμη δικτύου μεταφοράς	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Υπάλληλοι που επηρεάστηκαν	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Αδιάλειπτη λειτουργία κρατικού μηχανισμού	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
Αδιάλειπτη λειτουργία	Λειτουργικότητα πόρου	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Απόλεια υπηρεσίας εν καιρώ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Δίκτυο εκτός λειτουργίας ολικώς/μερικώς	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Χρόνος αποκατάστασης υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Αντικατάσταση υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΘΑΝΟ		Απειλή	Τρομοκρατία (εσωτερική και διεθνής)																
			Βομβιστικές επιθέσεις / εκρηκτικές όπια με υψηλή ισχύ	Βόμβες σε εγκαταλελειμμένα αντικείμενα	Απόπειρα ανθρωποκτονίας ή ανθρωποκτονία	Εκτόξευση αντιαρματικών ή άλλου τύπου πυραύλων	Ενοπλη ληστεία ή κλοπή οχήματος	Ενοπλη ληστεία ή κλοπή καταμέτρησης χρημάτων	Βόμβα σε όχημα	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρείας ή/και επιβατών	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	Εμπρησμός	Σαμποτάζ	Επιστολές με μολυσματικό ή εκρηκτικό υλικό	Ηλεκτρονική επίθεση/έγκλημα στον κυβερνοχώρο (hacking, cracking, ηλεκτρονικό ψάρεμα)	Βρόμικες βόμβες (XBPII)	Καταδρομικές επιθέσεις αυτοκτονίας	Καταδρομικά οχήματα-βόμβες ή τηλεχειριζόμενα οχήματα-βόμβες	Μη συμβατικά όπλα (XBAP) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/εναέρια συστήματα διαχείρισης
	Διαθεσιμότητα αντικατάσταση υπηρεσίας		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Υπηρεσία εφεδρικής λειτουργίας πόρου		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Προσωπικό που δεν μπορεί να εργαστεί		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιβάτες που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιβάτες προς μεταφορά με εναλλακτικά μέσα		1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αναδρομολόγηση στόλου		1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιπτώσεις στον διασυνδεδεμένο πόρο		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Γεωγραφικές επιπτώσεις		1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1



Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΘΑΝΟ		Απειλή	Αναρχισμός							Οργανωμένο και μη έγκλημα								
Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Περιστατικό	Αυτοσχέδιοι εμπρηστικοί μηχανισμοί	Αυτοσχέδιες βόμβες μικρής ισχύος	Ενοπλες επιθέσεις/κλόπες σε οχήματα ή χώρους αποθήκευσης ή μέτρησης χρημάτων	Ξαμποτάζ	Αναταραχές	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρείας ή/και επιβατών	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	Παραμπόδιση λειτουργίας μεταφοράς	Απαγωγή στελέχους εταιρείας	Κατάσχεση οχήματος/ομηρεία επιβατών μετά από καταδίωξη της αστυνομίας	Ανθρωποκτονία	Κλοπή/Ληστεία	Λαθρεμπόριο	Διαπληκτισμοί συμμοριών	Γραμματισμοί	Δολιοφθορά/εμπρησμός
Απώλειες	Θάνατοι		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	Γραμματισμοί		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Οικονομικές απώλειες	Χρηματική απώλεια φορέα εκμετάλλευσης		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Γενική χρηματική απώλεια		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Περιβάλλον	Περιοχή που επηρεάστηκε		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Χρόνος αποκατάστασης		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Επιπτώσεις στον φυσικό πληθυσμό και στη βιοποικιλότητα		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Χημική επικινδυνότητα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Απόκριση	Ομάδες έκτακτης ανάγκης		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Εκκένωση		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	Προσπελασιμότητα δικτύου		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Περίμετροι ασφαλείας		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Κλιμακωτό συμβάν	Δίκτυο μεταφοράς		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αστικό περιβάλλον		1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Βιομηχανία		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Φυσικός κίνδυνος		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΠΘΑΝΟ	Απειλή	Αναρχισμός								Οργανωμένο και μη έγκλημα							
		Αυτοσχέδιοι εμπρηστικοί μηχανισμοί	Αυτοσχέδιες βόμβες μικρής ισχύος	Ενοπλες επιθέσεις/κλόπες σε οχήματα ή χώρους αποθήκευσης ή μέτρησης χρημάτων	Σαμποτάζ	Αναταραχές	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρείας ή/και επιβατών	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	Παραμπόδιση λειτουργίας μεταφοράς	Απαγωγή στελέχους εταιρείας	Κατάσχεση οχήματος/ομηρεία επιβατών μετά από καταδίωξη της αστυνομίας	Ανθρωποκτονία	Κλοπή/Ληστεία	Λαθρεμπόριο	Διαπληκτισμοί συμμοριών	Γραμματισμοί	Δολιοφθορά/εμπρησμός
Κοινωνικά/Ψυχολογικά	Ατομα που επηρεάστηκαν	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αλλαγή ημερήσιου προγράμματος	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Φήμη δικτύου μεταφοράς	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Υπάλληλοι που επηρεάστηκαν	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αδιάλειπτη λειτουργία κρατικού μηχανισμού	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αδιάλειπτη λειτουργία	Λειτουργικότητα πόρου	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Απώλεια υπηρεσίας εν καιρώ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Δίκτυο εκτός λειτουργίας ολικώς/μερικώς	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Χρόνος αποκατάστασης υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αντικατάσταση υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Διαθεσιμότητα αντικατάσταση υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Υπηρεσία εφεδρικής λειτουργίας πόρου	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Προσωπικό που δεν μπορεί να εργαστεί	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιβάτες που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Αναρχισμός								Οργανωμένο και μη έγκλημα							
	Περιστατικό	Αυτοσχέδιοι εμπρηστικοί μηχανισμοί	Αυτοσχέδιες βόμβες μικρής ισχύος	Ενοπλες επιθέσεις/κλόπες σε οχήματα ή χώρους αποθήκευσης ή μέτρησης χρημάτων	Σαμποτάζ	Αναταραχές	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρείας ή/και επιβατών	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	Παραμπόση λειτουργίας μεταφοράς	Απαγωγή στελέχους εταιρείας	Κατάσχεση οχήματος/ομηρεία επιβατών μετά από καταδίωξη της αστυνομίας	Ανθρωποκτονία	Κλοπή/Ληστεία	Λαθρεμπόριο	Αιπαληκτισμοί συμμοριών	Γραμματισμοί	Αολιοφθορά/εμπρησμός
Επιβάτες προς μεταφορά με εναλλακτικά μέσα		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Αναδρομολόγηση στόλου		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Επιπτώσεις στον διασυνδεδεμένο πόρο		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Γεωγραφικές επιπτώσεις		1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Αντικοινωνική συμπεριφορά					Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες				Περιβαλλοντικά ατυχήματα		Γεωλογικά ατυχήματα				Ατυχήματα μέσω μεταφοράς		
	Περιστατικό	Φθορά ξένης περιουσίας	Βανδαλισμός	Αυτοκτονία	Συμπλοκή οπαδών μολητικών ή άλλων ομάδων	Απατές - Απειλές	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κινήτων περιουσιακών στοιχείων	Παραμπόση πρόσβασης	Αολιοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός	Ατμοσφαιρική ρύπανση	Ρύπανση εδάφους	Πορκαγιές μεγάλης κλίμακας σε αστικές περιοχές	Βλάβη σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικού ενέργειας	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης	Σειδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση	Πτώση αεροσκάφους	Ατυχήματα στο μετρό	
Επίπεδο 1	Επίπεδο 2																		

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Αντικοινωνική συμπεριφορά					Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες			Περιβαλλοντικά ατυχήματα			Γεωλογικά ατυχήματα					Ατυχήματα μέσων μεταφοράς		
		Φθορά ξένης περιουσίας	Βανδαλισμός	Αυτοκτονία	Συμπλοκή οπαδών αθλητικών ή άλλων ομάδων	Απατές - Απειλές	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κτινητών περιουσιακών στοιχείων	Παραπέδοσι ή πρόσβασης	Αολιοφθορά /βανδαλισμός/εμπρησμός	Ατμοσφαιρική ρύπανση	Ρύπανση εδάφους	Πορκαγιές μεγάλης κλίμακας παραγωγικές περιοχές	Βλάβη σε εργοστάσιο	Βλάβη σε ηλεκτρικό δίκτυο ενέργειας	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης	Ειδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση	Πτώση αεροσκάφους	Ατυχήματα στο μετρό	
Απώλειες	Θάνατοι	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	Γραμματισμοί	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
Οικονομικές απώλειες	Χρηματική απώλεια φορέα εκμετάλλευσης	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Γενική χρηματική απώλεια	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Περιβάλλον	Περιοχή που επηρεάστηκε	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	Χρόνος αποκατάστασης	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	Επιπτώσεις στον φυσικό πληθυσμό και στη βιοποικιλότητα	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	Χημική επικινδυνότητα	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	
Απόκριση	Ομάδες έκτακτης ανάγκης	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	Εκκένωση	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	Προσπελασιμότητα δικτύου	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
	Περίμετροι ασφαλείας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	
Κλιμακωτό συμβάν	Δίκτυο μεταφοράς	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
	Αστικό περιβάλλον	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	Βιομηχανία	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Αντικοινωνική συμπεριφορά					Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες			Περιβαλλοντικά ατυχήματα		Τεχνολογικά ατυχήματα					Ατυχήματα μέσω μεταφοράς		
		Φθορά ξένης περιουσίας	Βανδαλισμός	Αυτοκτονία	Συμπλοκή οπαδών αθλητικών ή άλλων ομάδων	Απατές - Απειλές	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κτινητών περιουσιακών στοιχείων	Παραποδοί ή πρόσβασης	Λοιμοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός	Ατμοσφαιρική ρύπανση	Ρύπανση εδάφους	Παράγεται μεγάλη κλίμακας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών	Βλάβη σε δίκτυο ύδρευσης	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης	Ειδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση	Πτώση αεροσκάφους	Ατυχήματα στο μετρό	
Φυσικός κίνδυνος		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Κοινωνικά/Ψυχολογικά	Άτομα που επηρεάστηκαν	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
	Αλλαγή ημερήσιου προγράμματος	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Φήμη δικτύου μεταφοράς	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Υπάλληλοι που επηρεάστηκαν	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αδιάλειπτη λειτουργία κρατικού μηχανισμού	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Αδιάλειπτη λειτουργία	Λειτουργικότητα πόρου	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Απώλεια υπηρεσίας εν καιρώ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Δίκτυο εκτός λειτουργίας ολικός/μερικός	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Χρόνος αποκατάστασης υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αντικατάσταση υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Διαθεσιμότητα αντικατάσταση υπηρεσίας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Υπηρεσία εφεδρικής λειτουργίας πόρου	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Προσωπικό που δεν μπορεί να εργαστεί	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Αντικοινωνική συμπεριφορά					Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες			Περιβαλλοντικά ατυχήματα		Τεχνολογικά ατυχήματα					Ατυχήματα μέσω μεταφοράς		
	Περιστατικό	Φθορά ξένης περιουσίας	Βανδαλισμός	Αυτοκτονία	Συμπλοκή οπαδών αθλητικών ή άλλων ομάδων	Απατές - Απειλές	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κτινητών περιουσιακών στοιχείων	Παραμπόδιση πρόσβασης	Λοιμοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός	Ατμοσφαιρική ρύπανση	Ρύπανση εδάφους	Πυρκαγιάς μεγάλης κλίμακας σε αστικές περιοχές	Βλάβη σε ηλεκτρικό δίκτυο ενέργειας	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης	Ειδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση	Πτώση αεροσκάφους	Ατυχήματα στο μετρό	
Επιβάτες που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Επιβάτες προς μεταφορά με εναλλακτικά μέσα		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1		
Αναδρομολόγηση στόλου		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1		
Επιπτώσεις στον διασυνδεδεμένο πόρο		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1		
Γεωγραφικές επιπτώσεις		0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1		

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Κατάρρευση υποδομής λόγω:						Τεχνολογική επίθεση								Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα ολικά)
	Περιστατικό	Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς	Κατασκευαστικού λάθους	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας	Ανεπαρκής ή ακατάλληλη υποδομή	Ανθρώπινου λάθους	Σκόπιμης βλάβης	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων	Παρακολούθηση των επικοινωνιών	Παραμβολές στις επικοινωνίες	Τεχνολογικοί	Βλάβη δικτύου	Λιακοπή ρεύματος			
Επίπεδο 1	Επίπεδο 2																
Απώλειες	Θάνατοι	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Τραυματισμοί	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	

Επεξήγηση		Απειλή	Κατάρρευση υποδομής λόγω:					Γεωλογική επίθεση								Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (σνήθη)	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)
			Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς	Κατασκευαστικού λάθους	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας	Ανεπαρκής ή ακατάλληλη υποδομή	Ανθρώπινου λάθους	Σκόπιμης βλάβης	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων	Παρακολούθησης των επικοινωνιών	Παραμβολές στις επικοινωνίες	Γεωλογικοί	Βλάβη δικτύου	Λιακοπή ρεύματος		
0: ΑΠΘΑΝΟ	1: ΠΘΑΝΟ	Περιστατικό															
Οικονομικές απώλειες	Χρηματική απώλεια φορέα εκμετάλλευσης		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Γενική χρηματική απώλεια		1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
Περιβάλλον	Περιοχή που επηρεάστηκε		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Χρόνος αποκατάστασης		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Επιπτώσεις στον φυσικό πληθυσμό και στη βιοποικιλότητα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Χημική επικινδυνότητα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Απόκριση	Ομάδες έκτακτης ανάγκης		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	Εκκένωση		1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
	Προσπελασιμότητα δικτύου		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	Περιμετροί ασφαλείας		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Κλιμακωτό συμβάν	Δίκτυο μεταφοράς		1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	
	Αστικό περιβάλλον		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Βιομηχανία		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Φυσικός κίνδυνος		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	

Επεξήγηση		Απειλή	Κατάρρευση υποδομής λόγω:					Γεωλογική επίθεση								Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)	
			Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς	Κατασκευαστικού λάθους	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας	Ανεπαρκής ή ακατάλληλη υποδομή	Ανθρώπινου λάθους	Σκόπιμης βλάβης	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων	Παρακολούθησης των επικοινωνιών	Παραμβολές στις επικοινωνίες	Γεωλογικοί	Βλάβη δικτύου	Λιακή ρεύματος			
0: ΑΠΘΑΝΟ	1: ΠΘΑΝΟ	Περιστατικό																
Κοινωνικά/Ψυχολογικά	Άτομα που επηρεάστηκαν		1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Αλλαγή ημερήσιου προγράμματος		1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Φήμη δικτύου μεταφοράς		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Υπάλληλοι που επηρεάστηκαν		1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Αδιάλειπτη λειτουργία κρατικού μηχανισμού		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αδιάλειπτη λειτουργία	Λειτουργικότητα πόρου		1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1
	Απόλεια υπηρεσίας εν καιρώ		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Δίκτυο εκτός λειτουργίας ολικώς/μερικώς		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Χρόνος αποκατάστασης υπηρεσίας		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αντικατάσταση υπηρεσίας		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Διαθεσιμότητα αντικατάσταση υπηρεσίας		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Υπηρεσία εφεδρικής λειτουργίας πόρου	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Προσωπικό που δεν μπορεί να εργαστεί	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



Επεξήγηση		Απειλή	Κατάρρευση υποδομής λόγω:					Γεωλογική επίθεση							Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)	
			Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς	Κατασκευαστικού λάθους	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας	Ανεπαρκής ή ακατάλληλη υποδομή	Ανθρώπινου λάθους	Σκόπιμης βλάβης	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων	Παρακολούθησης των επικοινωνιών	Παραμβολές στις επικοινωνίες	Γεωλογικοί	Βλάβη δικτύου			Λιακοπή ρεύματος
0: ΑΠΘΑΝΟ	1: ΠΘΑΝΟ	Περιστατικό	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Επιβάτες που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο		1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Επιβάτες προς μεταφορά με εναλλακτικά μέσα		1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Αναδρομολόγηση στόλου		1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Επιπτώσεις στον διασυνδεδεμένο πόρο		1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Γεωγραφικές επιπτώσεις	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Επεξήγηση		Απειλή	Άλλο				Πανικός χωρίς σημαντική αιτία	Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης	Φυσικές καταστροφές				Πυρκαγιές					Μεγάλη πυρκαγιά
			Απουσία προσωπικό	Κόπωση/ασθένεια προσωπικό	Βλάβη εξοπλισμού	Ανεπαρκείς πόροι			Ακραία καιρικά φαινόμενα	Γεωλογικά φαινόμενα: σεισμοί, κατολισθήσεις	Υδρογεωλογικά φαινόμενα	Βιολογικά: Βιολογικά: επιδημία, εισβολή εντόμων ή/και τρωκτικών	Σε κτίρια διοίκησης	Σε κινητούς πόρους	Σε σταθμούς	Σε αποθήκες	Σε χώρους στάθμευσης	
0: ΑΠΘΑΝΟ	1: ΠΘΑΝΟ	Περιστατικό	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Επίπεδο 1	Επίπεδο 2		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Απώλειες	Θάνατοι		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Γραμματισμοί		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΘΑΝΟ		Απειλή	Άλλο				Πανικός χωρίς σημαντική αιτία	Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης	Φυσικές καταστροφές				Πυρκαγιές					Μεγάλη πυρκαγιά		
			Απουσία προσωπικού	Κόπωση/ασθένεια προσωπικού	Βλάβη εξοπλισμού	Ανεπαρκείς πόροι			Ακραία καιρικά φαινόμενα	Γεωλογικά φαινόμενα: σεισμοί, κατολισθήσεις	Υδρογεωλογικά φαινόμενα	Βιολογικά: επιδημία, εισβολή εντόμων ή/και τρωκτικών	Σε κτίρια διοίκησης	Σε κινητούς πόρους	Σε σταθμούς	Σε αποθήκες	Σε χώρους στάθμευσης		Στον περίγυρο σταθμών	
Οικονομικές απώλειες	Χρηματική απώλεια φορέα εκμετάλλευσης	Περιστατικό	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Γενική χρηματική απώλεια		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Περιβάλλον	Περιοχή που επηρεάστηκε		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Χρόνος αποκατάστασης		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιπτώσεις στον φυσικό πληθυσμό και στη βιοποικιλότητα		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Χημική επικινδυνότητα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Απόκριση	Ομάδες έκτακτης ανάγκης		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Εκκένωση		0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Προσπελασιμότητα δικτύου		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Περίμετροι ασφαλείας		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Κλιμακωτό συμβάν	Δίκτυο μεταφοράς		0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αστικό περιβάλλον		0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Βιομηχανία		0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Φυσικός κίνδυνος		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Κοινωνικά/Ψυχολογικά	Άτομα που επηρεάστηκαν		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Αλλαγή ημερήσιου προγράμματος	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
	Φήμη δικτύου μεταφοράς	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
	Υπάλληλοι που επηρεάστηκαν	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Άλλο				Πανικός χωρίς σημαντική αιτία	Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης	Φυσικές καταστροφές				Πυρκαγιές				Μεγάλη πυρκαγιά		
	Περιστατικό	Απουσία προσωπικού	Κόπωση/ασθένεια προσωπικού	Βλάβη εξοπλισμού	Ανεπαρκείς πόροι			Ακραία καιρικά φαινόμενα	Γεωλογικά φαινόμενα: σεισμοί, κατολισθήσεις	Υδρογεωλογικά φαινόμενα	Βιολογικά: επιδημία, εισβολή εντόμων ή/και τρωκτικών	Σε κτίρια διοίκησης	Σε κινητούς πόρους	Σε σταθμούς	Σε αποθήκες	Σε χώρους στάθμευσης	Στον περίγυρο σταθμών	
	Αδιάλειπτη λειτουργία κρατικού μηχανισμού	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αδιάλειπτη λειτουργία	Λειτουργικότητα πόρου	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Απόλεια υπηρεσίας εν καιρώ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Δίκτυο εκτός λειτουργίας ολικό/μερικό	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	Χρόνος αποκατάστασης υπηρεσίας	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αντικατάσταση υπηρεσίας	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Διαθεσιμότητα αντικατάσταση υπηρεσίας	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Υπηρεσία εφεδρικής λειτουργίας πόρου	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Προσωπικό που δεν μπορεί να εργαστεί	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιβάτες που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιβάτες προς μεταφορά με εναλλακτικά μέσα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Αναδρομολόγηση στόλου	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Επιπτώσεις στον διασυνδεδεμένο πόρο	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Επεξήγηση 0: ΑΠΘΑΝΟ 1: ΠΙΘΑΝΟ	Απειλή	Άλλο				Πανικός χωρίς σημαντική αιτία	Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης	Φυσικές καταστροφές				Πυρκαγιές					Μεγάλη πυρκαγιά	
	Περιστατικό	Απουσία προσωπικό	Κόπωση/ασθένεια προσωπικό	Βλάβη εξοπλισμού	Ανεπαρκείς πόροι			Ακραία καιρικά φαινόμενα	Γεωλογικά φαινόμενα: σεισμοί, κατολισθήσεις	Υδρογεωλογικά φαινόμενα	Βιολογικά: επιδημία, εισβολή ή/και τροφικών	Σε κτίρια διοίκησης	Σε κινητούς πόρους	Σε σταθμούς	Σε αποθήκες	Σε χώρους στάθμευσης	Στον περίγυρο σταθμών	
Γεωγραφικές επιπτώσεις		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

#### Παράρτημα 4. Πίνακας IPM για επιλεγμένο τύπο διασύνδεσης πόρων

P=Physical (Φυσική), S=Systemic (Συστημική), G=Geographic (Γεωγραφική), L=Logical (Λογική)

Απειλή	Περιστατικό	Τρομοκρατία (εγχώρια και τοπική)	Αντικοινωνική συμπεριφορά		Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες			Περιβαλλοντικά ατυχήματα		Τεχνολογικά ατυχήματα		Ατυχήματα μέσων μεταφοράς		Ατυχήματα στο μετρό		
			Μη συμβατικά όπλα (XBAP) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού	Φθορά ξένης περιουσίας	Βανδαλισμός	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κινητών περιουσιακών στοιχείων	Παραμπόδιση πρόσβασης	Δολιοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός	Μόλυνση αέρα από χημικές ουσίες	Μόλυνση εδάφους από χημικές ουσίες	Αστικές πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας (εκτός από βιομηχανικές εγκαταστάσεις)	Βλάβη σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικού (διακοπή ρεύματος)	Βλάβη σε δίκτυο ενέργειας		Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης
Απειλή	Περιστατικό															
Τρομοκρατία (εγχώρια και τοπική)	Βρόμικες βόμβες (XBPIP)	P,G	P,G					P,G	P,G		P	P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L
	Μη συμβατικά όπλα (XBAP) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού	P,G	P,G					P,G	P,G		P	P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L
Αντικοινωνική συμπεριφορά	Φθορά ξένης περιουσίας				P,G,L			P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L		P,G,L
	Βανδαλισμός				P,G,L			P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L		P,G,L
Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κινητών περιουσιακών στοιχείων				P,G,L	P,G,L				P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L		P,G,L
	Παραμπόδιση πρόσβασης				P,G,L	P,G,L				P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L		P,G,L
	Δολιοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός				P,G,L	P,G,L				P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L	P,G,L		P,G,L
Περιβαλλοντικά ατυχήματα	Μόλυνση αέρα από χημικές ουσίες									P,G	P,G	P,G	P,G	P,G		P,G
	Μόλυνση εδάφους από χημικές ουσίες									P,G	P,G	P,G	P,G	P,G		P,G
Τεχνολογικά ατυχήματα	Αστικές πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας (εκτός από βιομηχανικές εγκαταστάσεις)									P,G		P,G	P,G	P,G	P,G	P,G

	Βλάβη σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού (διακοπή ρεύματος)												P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S		P, G, S
	Βλάβη σε δίκτυο ενέργειας												P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S		P, G, S
	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών												P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S		P, G, S
	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης												P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S		P, G, S
Ατυχήματα μέσων μεταφοράς	Σιδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση								P,G	P,G			P,G	P,G	P,G	P,G	P,G,S,L		P,G,S,L
	Πτώση αεροσκάφους								P,G	P,G			P,G	P,G	P,G	P,G	P,G,S,L		P,G,S,L
	Ατυχήματα στο μετρό								P,G	P,G			P,G	P,G	P,G	P,G	P,G,S,L		P,G,S,L
Κατάρρευση υποδομής λόγω:	Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς												P	P	P	P	P		P
	Κατασκευαστικό λάθος												P	P	P	P	P		P
	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας												P	P	P	P	P		P
	Ανεπαρκούς ή ακατάλληλης υποδομής												P	P	P	P	P		P
	Ανθρώπινου λάθους												P	P	P	P	P		P
	Σκόπιμης βλάβης												P	P	P	P	P		P
Τεχνολογική επίθεση	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους																		
	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων																		
	Παρακολούθησης των επικοινωνιών																		
	Παρεμβολές στις επικοινωνίες																		
	Τεχνολογικοί ιοί																		
	Βλάβη δικτύου																		
	Διακοπή ρεύματος																		

Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)																			
Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)									P,G	P,G							P,G		P,G
Άλλο	Απουσία προσωπικού																		
	Κόπωση/ασθένεια προσωπικού																		
	Βλάβη εξοπλισμού																		
	Ανεπαρκείς πόροι																		
Πανικός χωρίς σημαντικό λόγο (π.χ. λόγω διάδοσης ψευδών ειδήσεων)																			
Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης (π.χ. πυρκαγιά, σεισμός)																			
Φυσικές καταστροφές	Υδρογεωλογικά φαινόμενα: πλημμύρες (τοπικές), πλημμύρες (μεγάλης κλίμακας)																		
	Βιολογικά: επιδημία, εισβολή εντόμων ή/και τρωκτικών																		
Πυρκαγιές	Σε κτίρια διοίκησης																G,S,L		G,S,L
	Σε κινητούς πόρους																P		P
	Σε σταθμούς																P,G		P,G
	Σε αποθήκες																P,G		P,G
	Σε χώρους στάθμευσης																		
	Στον περίγυρο σταθμών																		
Μεγάλη πυρκαγιά																			
Λειτουργικότητα πόρου - επείγουσα λειτουργία πόρου																			

		Απειλή	Κατάρρευση υποδομής λόγω:						Τεχνολογική επίθεση						Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)	
		Περιστατικό	Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς	Κατασκευαστικού λάθους	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας	Ανεπαρκούς ή ακατάλληλης υποδομής	Ανθρώπινου λάθους	Σκόπιμης βλάβης	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων	Παρακολούθησης των επικοινωνιών	Παρεμβολές στις επικοινωνίες	Τεχνολογικοί ιοί	Βλάβη δικτύου	Διακοπή ρεύματος		
Απειλή	Περιστατικό																
Τρομοκρατία (εγχώρια και τοπική)	Βρόμικες βόμβες (XBPII)																
	Μη συμβατικά όπλα (XBAP) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού																
	Φθορά ξένης περιουσίας							P,G,S,L								P,G	
Αντικοινωνική συμπεριφορά	Βανδαλισμός							P,G,S,L								P,G	
Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κινητών περιουσιακών στοιχείων																P,G
	Παρεμπόδιση πρόσβασης																P,G,L
	Δολιοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός																P,G,L
Περιβαλλοντικά ατυχήματα	Μόλυνση αέρα από χημικές ουσίες																P,G
	Μόλυνση εδάφους από χημικές ουσίες																P,G
Τεχνολογικά ατυχήματα	Αστικές πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας (εκτός από		P,G		P,G	P,G											P,G



	βιομηχανικές εγκαταστάσεις)																
	Βλάβη σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού (διακοπή ρεύματος)				P, G, S	P, G, S	P, G, S		S	S	S	S	S	S	S	P,G	P,G
	Βλάβη σε δίκτυο ενέργειας				P, G, S	P, G, S	P, G, S		S	S	S	S	S	S	S	P,G	P,G
	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών				P, G, S	P, G, S	P, G, S		S	S	S	S	S	S	S		
	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης				P, G, S	P, G, S	P, G, S		S	S	S	S	S	S	S		
Ατυχήματα μέσων μεταφοράς	Σιδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση				P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L										
	Πτώση αεροσκάφους				P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L										
	Ατυχήματα στο μετρό				P,G,S,L	P,G,S,L	P,G,S,L										
Κατάρρευση υποδομής λόγω:	Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς				P	P	P										
	Κατασκευαστικό λάθος				P	P	P										
	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας				P	P	P										
	Ανεπαρκούς ή ακατάλληλης υποδομής				P	P	P										
	Ανθρώπινου λάθους				P	P	P										
	Σκόπιμης βλάβης				P	P	P										
Τεχνολογική επίθεση	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		

	ελεγχόμενος χώρος																	
	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων			S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	S			
	Παρακολούθηση των επικοινωνιών			S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	S			
	Παρεμβολές στις επικοινωνίες			S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	S			
	Τεχνολογικοί ιοί			S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	S			
	Βλάβη δικτύου			S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	S			
	Διακοπή ρεύματος			S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	S			
	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)																	
	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)																	
Άλλο	Απουσία προσωπικού				P,L		P,L		P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L			
	Κόπωση/ασθένεια προσωπικού				P,L		P,L		P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L			
	Βλάβη εξοπλισμού				P,L		P,L		P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L			
	Ανεπάρκειες πόροι				P,L		P,L		P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L			
	Πανικός χωρίς σημαντικό λόγο (π.χ. λόγω διάδοσης ψευδών ειδήσεων)						P,G,L		P,G,L								P,G,L	P,G,L
	Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης (π.χ. πυρκαγιά, σεισμός)						P,G,L		P,G,L								P,G,L	P,G,L
Φυσικές καταστροφές	Υδρογεωλογικά φαινόμενα: πλημμύρες (τοπικές), πλημμύρες		G	G										G	G			

	(μεγάλης κλίμακας)																	
	Βιολογικά: Βιολογικά: επιδημία, εισβολή εντόμων ή/και τροκτικών																	
Πυρκαγιές	Σε κτίρια διοίκησης				P		P										P,G	
	Σε κινητούς πόρους				P		P										P,G	
	Σε σταθμούς				P		P										P,G	
	Σε αποθήκες				P		P										P,G	
	Σε χώρους στάθμευσης				P		P										P,G	
	Στον περίγυρο σταθμών				P		P										P,G	
Μεγάλη πυρκαγιά																		
Λειτουργικότητα πόρου - επείγουσα λειτουργία πόρου																	P,G,L	

		Απειλή	Άλλο				Πανικός χωρίς σημαντικό λόγο (π.χ. λόγω διάδοσης ψευδών ειδήσεων)	Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης (π.χ. πυρκαγιά, σεισμός)	Φυσικές καταστροφές			Πυρκαγιές						Μεγάλη πυρκαγιά	Λειτουργικότητα πόρου - επείγουσα λειτουργία πόρου
		Περιστατικό	Απουσία προσωπικού	Κόπωση/ασ θένηια προσωπικού	Βλάβη εξοπλισμού	Ανεπαρκείς πόροι			Υδρογεωλο γικά φαινόμενα: πλημμύρες (τοπικές), πλημμύρες (μεγάλης κλίμακας)	Βιολογικά: επιδημία, εισβολή εντόμων ή/και τροκτικών	Σε κτίρια διοίκησης	Σε κινητούς πόρους	Σε σταθμούς	Σε αποθήκες	Σε χώρους στάθμευσης	Στον περίγυρο σταθμών			
Απειλή	Περιστατικό																		
Τρομοκρατία (εγχώρια και τοπική)	Βρόμικες βόμβες (XBVP)			P,G,L	P,G,L	P,G,L		P,G,L											P,G,S,L
	Μη συμβατικά όπλα (XBAP) σε εγκαταστάσεις/			P,G,L	P,G,L	P,G,L		P,G,L											P,G,S,L

	σταθμού/συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού																	
Αντικοινωνική συμπεριφορά	Φθορά ξένης περιουσίας		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G,L										P,G,S,L
	Βανδαλισμός		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G,L										P,G,S,L
Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες	Κατάσχεση εγκαταστάσεων /σταθμών/κινητών περιουσιακών στοιχείων		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G										P,G,S,L
	Παραμπόδιση πρόσβασης		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G										P,G,S,L
	Δολιοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G										P,G,S,L
Περιβαλλοντικά ατυχήματα	Μόλυνση αέρα από χημικές ουσίες		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G										P,G
	Μόλυνση εδάφους από χημικές ουσίες		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G										P,G
Τεχνολογικά ατυχήματα	Αστικές πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας (εκτός από βιομηχανικές εγκαταστάσεις)		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G			P,G	P,G	P,G	P,G	P,G	P,G	P,G	P,G
	Βλάβη σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού (διακοπή ρεύματος)				S	S	S											P,G,S,L
	Βλάβη σε δίκτυο ενέργειας				S	S	S											P,G,S,L
	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών				S	S	S											P,G,S,L

	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης				S	S	S											P,G,S,L
Ατυχήματα μέσων μεταφοράς	Σιδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση						P,G,S,L	P,G,S,L			P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S		P,G,S,L
	Πτώση αεροσκάφους						P,G,S,L	P,G,S,L			P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S		P,G,S,L
	Ατυχήματα στο μετρό						P,G,S,L	P,G,S,L			P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S	P, G, S		P,G,S,L
Κατάρρευση υποδομής λόγω:	Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς						P,G,S,L	P,G,S,L			P	P	P	P	P	P		P
	Κατασκευαστικού λάθους						P,G,S,L	P,G,S,L			P	P	P	P	P	P		P
	Μη συμμόρφωσης με τους κανόνες ασφαλείας						P,G,S,L	P,G,S,L			P	P	P	P	P	P		P
	Ανεπαρκούς ή ακατάλληλης υποδομής						P,G,S,L	P,G,S,L			P	P	P	P	P	P		P
	Ανθρώπινου λάθους						P,G,S,L	P,G,S,L			P	P	P	P	P	P		P
	Σκόπιμης βλάβης						P,G,S,L	P,G,S,L			P	P	P	P	P	P		P
Τεχνολογική επίθεση	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους				S	S					S	S	S	S	S	S		S
	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων				S	S					S	S	S	S	S	S		S
	Παρακολούθηση των επικοινωνιών				S	S					S	S	S	S	S	S		S
	Παρεμβολές στις επικοινωνίες				S	S					S	S	S	S	S	S		S
	Τεχνολογικοί				S	S					S	S	S	S	S	S		S

	ιοί																	
	Βλάβη δικτύου				S	S					S	S	S	S	S	S		S
	Διακοπή ρεύματος				S	S					S	S	S	S	S	S		S
	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)			P,G	P,G	P,G	P,G,L	P,G,L										P
	Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)			P,G	P,G	P,G	P,G,L	P,G,L										P,G,S,L
Άλλο	Απουσία προσωπικού			P,L		P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L									
	Κόπωση/ασθένεια προσωπικού					P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L									
	Βλάβη εξοπλισμού					P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L		P,S	P,S	P,S	P,S	P,S	P,S		
	Ανεπαρκείς πόροι					P,S,L	P,S,L	P,S,L	P,S,L									
	Πανικός χωρίς σημαντικό λόγο (π.χ. λόγω διάδοσης ψευδών ειδήσεων)																	P,G,L
	Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης (π.χ. πυρκαγιά, σεισμός)																	P,G,L
	Φυσικές καταστροφές																	
	Υδρογεωλογικά φαινόμενα: πλημμύρες (τοπικές), πλημμύρες (μεγάλης κλίμακας)			G	G	G	G		G		G	G	G	G	G	G		G
	Βιολογικά: Βιολογικά: επιδημία, εισβολή εντόμων ή/και τρωκτικών			G	G			G										G
	Πυρκαγιές										P	P	P	P	P	P		
	Σε κινητούς										P	P	P	P	P	P		

	πόρους																	
	Σε σταθμούς		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G,L			P	P	P	P	P	P		
	Σε αποθήκες		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G,L			P	P	P	P	P	P		
	Σε χώρους στάθμευσης		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G,L			P	P	P	P	P	P		
	Στον περίγυρο σταθμών		P,G	P,G	P,G	P,G		P,G,L			P	P	P	P	P	P		
Μεγάλη πορκαγιά			P,G	P,G	P,G	P,G		P,G,L			P	P	P	P	P	P		
Λειτουργικότητα πόρου - επείγουσα λειτουργία πόρου								P,G,L										P,G,L

### Παράρτημα 5.Ομάδες έκτακτης ανάγκης που ανταποκρίνονται σε περιστατικά ασφαλείας σε δίκτυα μεταφορών

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
Τρομοκρατία εσωτερική και διεθνής	Βομβιστικές επιθέσεις (με χρονομετρο και τηλεχειριστήριο)/εκρηκτικά υψηλής ισχύος	x	x	x	x							x	x
	Βόμβες σε εγκαταλελειμμένα αντικείμενα	x	x	x								x	x
	Απόπειρα ανθρωποκτονίας ή ανθρωποκτονία	x		x								x	

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
	Εκτόξευση αντιαρματικών ή άλλου τύπου πυραύλων	x	x	x								x	
	Ένοπλη ληστεία ή κλοπή οχήματος	x		x								x	
	Ένοπλη ληστεία ή κλοπή σε περιοχή αποθήκευσης ή καταμέτρησης χρημάτων	x		x								x	
	Βόμβα σε όχημα	x	x	x								x	
	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρείας ή/και επιβατών	x		x								x	
	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	x	x	x								x	
	Εμπρηστική συσκευή	x	x	x								x	
	Σαμποτάζ	x	x	x								x	
	Επιστολές με μολυσματικό ή εκρηκτικό υλικό	x	x	x	x							x	



Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
	Ηλεκτρονική επίθεση/έγκλημα στον κυβερνοχώρο (hacking, cracking, ηλεκτρονικό ψάρεμα)											x	
	Βρόμικες βόμβες (XBPII)	x	x	x	x						x	x	x
	Καταδρομικές επιθέσεις αυτοκτονίας	x	x	x								x	
	Καταδρομικά οχήματα-βόμβες αυτοκτονίας ή τηλεχειριζόμενα οχήματα-βόμβες	x	x	x								x	
	Μη συμβατικά όπλα (XBΑΠ) σε εγκαταστάσεις/σταθμούς/εναέρια συστήματα διαχείρισης	x	x	x	x	x					x	x	x
Αναρχισμός	Αυτοσχέδιοι εμπρηστικοί μηχανισμοί	x	x	x	x							x	
	Αυτοσχέδιες βόμβες μικρής ισχύος	x	x	x								x	

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
	Ένοπλες επιθέσεις/κλόπες σε οχήματα ή χώρους αποθήκευσης ή μέτρησης χρημάτων	x		x								x	
	Σαμποτάζ	x	x	x								x	
	Αναταραχές	x	x	x								x	
	Απαγωγή/Ομηρεία προσωπικού εταιρείας ή/και επιβατών	x		x								x	
	Κατάσχεση οχήματος ή εγκαταστάσεων/σταθμού	x	x	x								x	
	Παρεμπόδιση της λειτουργίας μεταφοράς	x		x								x	
Οργανωμένο και μη έγκλημα	Απαγωγή στελέχους εταιρείας	x		x								x	
	Κατάσχεση οχήματος/ομηρεία επιβατών μετά από καταδίωξη της αστυνομίας	x	x	x								x	
	Ανθρωποκτονία	x		x								x	

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφειλές οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
	Κλοπή/Ληστεία	x		x								x	
	Λαθρεμπόριο	x		x								x	
	Διαπληκτισμοί συμμοριών	x		x								x	
	Τραυματισμοί	x		x								x	
	Δολιοφθορά/εμπρησμός	x	x	x								x	
Αντικοινωνική συμπεριφορά	Φθορά ξένης περιουσίας	x										x	
	Βανδαλισμός	x										x	
	Αυτοκτονία	x		x								x	
	Συμπλοκή οπαδών αθλητικών ή άλλων ομάδων	x		x								x	
	Απατές - Απειλές	x										x	
Κινητοποιήσεις/δημόσιες συγκεντρώσεις/απεργίες που γίνονται βίαιες	Κατάσχεση εγκαταστάσεων/σταθμών/κινητών περιουσιακών στοιχείων	x	x	x								x	
	Παραμπόδιση πρόσβασης	x		x								x	
	Δολιοφθορά/βανδαλισμός/εμπρησμός	x	x	x								x	
Περιβαλλοντικά ατυχήματα	Μόλυνση αέρα από χημικές ουσίες	x	x	x	x		x			x	x		

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
	Μόλυνση εδάφους από χημικές ουσίες	x	x	x	x		x				x	x	
Τεχνολογικά ατυχήματα	Αστικές πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας (εκτός από βιομηχανικές εγκαταστάσεις)	x		x	x		x	x	x		x	x	
	Βλάβη σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού (διακοπή ρεύματος)								x			x	
	Βλάβη σε δίκτυο ενέργειας								x			x	
	Βλάβη σε δίκτυο επικοινωνιών								x			x	
	Βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης								x			x	
Ατυχήματα μέσων μεταφοράς	Σιδηροδρομικό ατύχημα/σύγκρουση	x	x	x	x		x					x	
	Πτώση αεροσκάφους	x	x	x	x		x			x		x	

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
	Ατυχήματα στο μετρό: ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, συρμοί, χώροι στάθμευσης ή αποθήκες τρένων	x	x	x	x		x					x	
Κατάρρευση υποδομής λόγω:	Φυσικής καταστροφής ή πυρκαγιάς	x	x	x	x							x	
	Κατασκευαστικού λάθους	x	x	x								x	
	Μη συμμόρφωση με τους κανόνες ασφαλείας	x	x	x								x	
	Ανεπαρκούς ή ακατάλληλης υποδομής	x	x	x								x	
	Ανθρώπινου λάθους	x	x	x								x	
	Σκόπιμης βλάβης	x	x	x								x	
Τεχνολογική επίθεση	Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/είσοδος σε ελεγχόμενους χώρους	x										x	

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Πυροσβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
	Μη εξουσιοδοτημένη αλλοίωση δεδομένων	x										x	
	Παρακολούθηση των επικοινωνιών								x			x	
	Παρεμβολές στις επικοινωνίες								x			x	
	Τεχνολογικοί ιοί								x			x	
	Βλάβη δικτύου								x			x	
	Διακοπή ρεύματος								x			x	
Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (συνήθη)		x									x		
Εγκαταλελειμμένα αντικείμενα (επικίνδυνα υλικά)		x	x	x	x						x		
Άλλο	Απουσία προσωπικού											x	
	Κόπωση/ασθένεια προσωπικού			x									
	Βλάβη εξοπλισμού												
	Ανεπαρκείς πόροι												

Απειλή	Περιστατικό	Αστυν ομία	Πυροσβε στική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλα κή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
Πανικός χωρίς σημαντικό λόγο (π.χ. λόγω διάδοσης ψευδών ειδήσεων)				x								x	
Πανικός λόγω έκτακτης ανάγκης (π.χ. πυρκαγιά, σεισμός)		x	x	x			x	x				x	
Φυσικές καταστροφές	Ακραία καιρικά φαινόμενα	x	x	x	x		x	x			x	x	
	Γεωλογικά φαινόμενα	x	x	x	x		x	x			x	x	
	Υδρογεωλογι κά φαινόμενα	x	x	x	x		x	x			x	x	
	Βιολογικά	x		x	x		x	x			x	x	
Πυρκαγιές	Σε κτίρια διοίκησης	x	x	x	x							x	
	Σε κινητούς πόρους	x	x	x								x	
	Σε σταθμούς	x	x	x								x	
	Σε αποθήκες	x	x	x								x	
	Σε χώρους στάθμευσης	x	x	x								x	
	Στον περίγυρο σταθμών	x	x	x								x	

Απειλή	Περιστατικό	Αστυνομία	Ποροβεστική	ΕΚΑΒ	Ειδική Ομάδα Φροντίδας Υγείας	Ακτοφυλακή	Τοπικές αρχές	Εθελοντές και κοινότητες	Κοινοφελείς οργανισμοί	Στρατός	Πολιτική προστασία	Φορείς εκμετάλλευσης/Πρακτορεία μεταφορών	Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
Μεγάλη πυρκαγιά		x	x	x			x	x			x	x	



## Παράρτημα 6. Ερωτηματολόγιο τελικών χρηστών για την προτεινόμενη μεθοδολογία

### Γενικές πληροφορίες

#### 1. Ονοματεπώνυμο

---

#### 2. Στοιχεία επαφής

Διεύθυνση:

Τηλέφωνο:

E-mail:

Ιστότοπος:

---

#### 3. Επωνυμία εταιρείας/οργανισμού

---

#### 4. Τμήμα/Θέση στην εταιρεία/οργανισμό

---

### Επαλήθευση πλαισίου κινδύνων - Διαισθητικότητα

#### 5. Η χρήση της προτεινόμενης μεθόδου θα επιτρέψει την ταχύτερη εκτίμηση κινδύνων σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου.

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

#### 6. Αν διαφωνείτε (απόλυτα), ποιες εργασίες πιστεύετε ότι θα ολοκληρωθούν πιο γρήγορα;

---

#### 7. Η χρήση της προτεινόμενης μεθόδου θα μου επιτρέψει να εκτιμώ τις συνέπειες/την πιθανοφάνεια των περιστατικών με περισσότερη ακρίβεια σε σχέση με τις ισχύουσες μεθόδους μου.

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

#### 8. Η χρήση της προτεινόμενης μεθόδου θα μου επιτρέψει να λαμβάνω υπόψη πολύ περισσότερες απειλές σε σύγκριση με τις ισχύουσες μεθόδους/εργαλεία μου.

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

#### 9. Η χρήση της προτεινόμενης μεθόδου θα μου επιτρέψει να κατανοώ τις επιπτώσεις που προκύπτουν από δευτερεύουσες συνέπειες (εξάπλωση συνεπειών).

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

#### 10. Η χρήση της προτεινόμενης μεθόδου θα μου επιτρέψει να διαχειρίζομαι πιο αποτελεσματικά κινδύνους απ' ότι τώρα.

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

**11. Παρακαλούμε προσδιορίστε (π.χ. μεγαλύτερη ακρίβεια στη διαχείριση χρόνου, καλύτερος σχεδιασμός πόρων).**

---

**12. Πιστεύω ότι η εκτίμηση κινδύνων είναι πολύ κοντά σε αυτό που προσδοκώ από την πείρα μου.**

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

**13. Κατά τη γνώμη μου, το γενικό πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων όπως σκιαγραφήθηκε, φαίνεται σωστό και κατάλληλο.**

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

**14. Διαθέτει ο οργανισμός σας αρχεία των πόρων στο δίκτυο μεταφοράς τους κινδύνους του οποίους ενδιαφέρεται να εκτιμήσει;**

Ναι

Όχι

**15. Αν ναι, σε ποια μορφή είναι διαθέσιμα τα δεδομένα (επίσης σκεφτείτε τα διαθέσιμα εργαλεία μετατροπής);**

GIS             Google Earth     ASCII             XML

Άλλο (διευκρινίστε): \_\_\_\_\_

**16. Η προτεινόμενη προσέγγιση είναι γενικά εύχρηστη.**

Συμφωνώ απόλυτα     Συμφωνώ     Διαφωνώ     Διαφωνώ απόλυτα

**17. Εάν διαφωνείτε (απόλυτα), ποια στοιχεία θεωρείτε δύσκολο να χρησιμοποιήσετε και γιατί;**

---

---

**18. Πιστεύω ότι η ορολογία που χρησιμοποιείται είναι (παρακαλούμε επιλέξτε όλα όσα ισχύουν):**

Ομοιογενής     Κατανοητή/Σαφής     Συμμορφούμενη με τους βασικούς όρους

**19. Έχετε άλλα σχόλια για τη μέθοδο εκτίμησης κινδύνων ή τα εργαλεία εκτίμησης κινδύνων;**

---

---

---

---

## Παράρτημα 7. Εισαγωγή στις έννοιες της κατά Markov διαδικασίας

**Ορισμός Στοχαστική ανέλιξη (ή στοχαστική διαδικασία)** (stochastic process) είναι μία οικογένεια τυχαίων μεταβλητών  $\{X(t), t \in T\}$ . Το σύνολο  $T$  καλείται σύνολο δεικτών της ανέλιξης και το σύνολο των τιμών  $I$  των τυχαίων μεταβλητών  $X(t), t \in T$  καλείται **χώρος καταστάσεων** (state space) της στοχαστικής ανέλιξης. Για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής περιοριστήκαμε στην περίπτωση που το σύνολο  $I$  είναι ένα πεπερασμένο αριθμήσιμο υποσύνολο των πραγματικών αριθμών. Η τυχαία μεταβλητή  $X(t)$  ερμηνεύεται ως η κατάσταση της ανέλιξης κατά τη χρονική στιγμή  $t$ .

Τα μοντέλα κατά Markov είναι στοχαστικά μοντέλα με χαρακτηριστικό ότι έχουν την ιδιότητα του Markov. Η εξέλιξη δηλαδή του συστήματος, εξαρτάται μόνο από την παρούσα κατάσταση του συστήματος και όχι από προηγούμενες καταστάσεις. Μια πιο ακριβής διατύπωση της ιδιότητας του Markov είναι ότι όλη η πληροφορία για τον καθορισμό της αμέσως επόμενης (πιθανοκρατικής) κίνησης του μοντέλου, υπάρχει στην τρέχουσα κατάσταση του συστήματος, και δεν απαιτείται η γνώση του παρελθόντος του συστήματος.

Οι κατά Markov αλυσίδες, ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες. Στις κατά Markov αλυσίδες σε διακριτό χρόνο και στις κατά Markov αλυσίδες σε συνεχή χρόνο. Γι τις ανάγκες της παρούσας διατριβής θα περιοριστούμε στις πρώτες.

Η κατά Markov αλυσίδα σε διακριτό χρόνο (discrete-time Markov chain) καλείται η στοχαστική ανέλιξη  $\{X_n, n = 0, 1, \dots\}$  με χώρο καταστάσεων  $I$ , εάν ισχύει ότι για κάθε  $n = 0, 1, 2, \dots$  και για όλες τις δυνατές τιμές κάθε  $i_0, i_1, \dots, i_{n+1} \in I$  ισχύει:

$$P\{X_{n+1} = i_{n+1} \mid X_n = i_n, X_{n-1} = i_{n-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0\} = P\{X_{n+1} = i_{n+1} \mid X_n = i\} = P_{ij}$$

Μία κατά Markov αλυσίδα  $\{X_n, n = 0, 1, \dots\}$  προσδιορίζεται πλήρως από τη συνάρτηση πιθανότητας της αρχικής κατάστασης  $X_0$  και των πιθανοτήτων μετάβασης πρώτης τάξης  $P_{ij}$ . Η ισότητα (1) έχει την ακολουθη ερμηνεία: Η μελλοντική πιθανοθεωρητική συμπεριφορά της αλυσίδας εξαρτάται μόνο από την παρούσα κατάστασή της και όχι από την ιστορία της. Η σχέση (1) είναι γνωστή ως ιδιότητα του Markov (Markovian property).

Για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής και της ανάγκης μοντελοποίησης του Πίνακα Διάδοσης Περιστατικών (Incident Propagation Matrix / IPM) για κάθε τύπο διασύνδεσης (Φυσική / Συστημική / Γεωγραφική / Λογική), θα περιοριστούμε σε κατά Markov αλυσίδες σε διακριτό χρόνο με χρονικά ομογενείς πιθανότητες μετάβασης πρώτης τάξης. Αυτό σημαίνει ότι  $P\{X_{n+1} = j \mid X_n = i\} = P_{ij}, i, j \in I$ , για κάθε  $n = 0, 1, 2, \dots$ . Οι πιθανότητες

μετάβασης  $P_{ij}$  καλούνται πιθανότητες μετάβασης πρώτης τάξης και ικανοποιούν τις εξής

σχέσεις:  $P_{ij} \geq 0, i, j \in I$  και  $\sum_{j \in I} P_{ij} = 1, i \in I$ .