



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

<b>Τίτλος Διατριβής:</b>	<b>Προδραστικότητα σε Συστήματα Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας</b> <b>Proactivity in Supply Chain Management Systems</b>
<b>Όνοματεπώνυμο:</b>	<b>Γεώργιος Βλαχάκης</b>
<b>Πατρώνυμο:</b>	<b>Μηνάς</b>
<b>Αριθμός Μητρώου:</b>	<b>ΠΛΔ/1107</b>
<b>Επιβλέπων:</b>	<b>Δημήτριος Αποστόλου, Αναπληρωτής Καθηγητής</b>

**Μάρτιος 2020**

---

**Η Διδακτορική Διατριβή  
εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Διδακτορικών Σπουδών  
του Τμήματος Πληροφορικής  
της Σχολής Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
του Πανεπιστημίου Πειραιώς  
για την απονομή Διδακτορικού Διπλώματος**

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

**Δημήτριος Αποστόλου  
Αναπληρωτής Καθηγητής**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής  
(Επιβλέπων)

**Δημήτριος Δεσπότης  
Καθηγητής**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής  
(Μέλος)

**Κωνσταντίνος Μεταξιώτης  
Καθηγητής**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής  
(Μέλος)

**Η διδακτορική διατριβή  
παρουσιάστηκε ενώπιον της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής  
και εγκρίθηκε την 13<sup>η</sup> Μαρτίου 2020**

**Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή**

**Δημήτριος Αποστόλου  
Αναπληρωτής Καθηγητής**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής

**Δημήτριος Δεσπότης  
Καθηγητής**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής

**Κωνσταντίνος Μεταξιώτης  
Καθηγητής**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής

**Μαρία Βίρβου  
Καθηγήτρια**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής

**Γρηγόριος Μέντζας  
Καθηγητής**  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
και Μηχανικών Υπολογιστών

**Ευθύμιος Αλέπης  
Αναπληρωτής Καθηγητής**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Τεχνολογιών  
Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Πληροφορικής

**Ευαγγελία Κοπανάκη  
Επίκουρη Καθηγήτρια**  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Σχολή Οικονομικών,  
Επιχειρηματικών και Διεθνών  
Σπουδών  
Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης  
Επιχειρήσεων

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη .....	1
ABSTRACT.....	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
1 Εισαγωγή.....	6
1.1 Ερευνητική Περιοχή Διατριβής.....	6
1.2 Κίνητρα της Διδακτορικής Διατριβής.....	8
1.3 Ερευνητικοί Στόχοι.....	9
1.4 Προσέγγιση και Συνεισφορά της Ερευνητικής Διατριβής .....	10
1.5 Δομή της Διδακτορικής Διατριβής.....	11
1.6 Σχέση της Διατριβής με δημοσιεύσεις.....	12
2 Επισκόπηση Βιβλιογραφίας.....	14
2.1 Η προσέγγιση της Βιβλιογραφικής Έρευνας.....	14
2.2 Supply Chain Management- Supply Chain Event Management .....	14
2.2.1 Supply Chain Management .....	14
2.2.2 Αβεβαιότητα στην Αλυσίδα Εφοδιασμού.....	15
2.2.3 Διαχείριση Συμβάντων Αλυσίδας Εφοδιασμού (Supply Chain Event Management- SCEM) .....	18
3 Ανάλυση Προσεγγίσεων Προδραστικών Συστημάτων .....	21
3.1 Προδραστική Υπολογιστική (Proactive Computing).....	21
3.2 Αρχές Προδραστικής Υπολογιστικής.....	22
3.2.1 Αρχή: «Get Physical».....	23
3.2.2 Αρχή: «Get Real».....	23
3.2.3 Αρχή: «Get Out».....	24
3.3 Χαρακτηριστικά Προδραστικών Εφαρμογών .....	24
3.3.1 Διαφάνεια (Transparency) .....	24
3.3.2 Αναγνώριση Καταστάσεων (Situation Detection).....	25
3.3.3 Απόκριση (Responsiveness) .....	25
3.3.4 Υποστήριξη Λήψης Αποφάσεων (Decision Support) .....	25
3.3.5 Μάθηση (Learning) .....	26
3.3.6 Επίγνωση Γεγονότων (Event Aware).....	27

3.3.7	Παρουσίαση Ερευνητικών Εργασιών σε Σχέση με τα Χαρακτηριστικά Proactive Εφαρμογών. ....	28
3.4	Επίπεδα Προδραστικότητας .....	30
3.4.1	Επίπεδο 1 Βασικό (Basic) .....	31
3.4.2	Επίπεδο 2 Υποστηρικτικές προς τον Άνθρωπο (Human Supportive).....	31
3.4.3	Επίπεδο 3 Προσαρμοστικότητα (Adaptive) .....	32
3.4.4	Επίπεδο 4 Επίγνωση Γεγονότων (Event Aware).....	32
4	Ανάλυση της Σύγχρονης Εφοδιαστικής Αλυσίδας .....	34
4.1	Η Εφοδιαστική Αλυσίδα Σήμερα.....	34
4.2	Παράγοντες επιρροής της Εφοδιαστικής Αλυσίδας .....	35
4.2.1	Το Πλαίσιο Ανάλυσης.....	35
4.2.2	Ανάλυσης του Περιβάλλοντος της Εφοδιαστικής Αλυσίδας .....	36
4.3	Μοντελοποίηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Χρησιμοποιώντας Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες 38	
4.3.1	Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες.....	38
4.3.2	Εφαρμογή Ασαφών Γνωστικών Χαρτών στην Εφοδιαστική Αλυσίδα .....	39
4.4	Προσομοίωση Σεναρίων .....	42
4.4.1	Σενάριο 1 .....	42
4.4.2	Σενάριο 2 .....	43
4.4.3	Σενάριο 3 .....	43
4.4.4	Αξιολόγηση Σεναρίων .....	43
5	Μοντέλο διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας με βάση τα γεγονότα .....	45
5.1	Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας Βάση Γεγονότων.....	45
5.2	Πρόταση Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας Βάση Γεγονότων .....	48
5.2.1	Σκοπός .....	48
5.2.2	Αρχιτεκτονική συστήματος .....	49
5.2.3	Πλαίσιο Εφαρμογής Σεναρίου .....	51
5.2.4	Υλοποίηση Μοντέλου και Προσομοίωση .....	52
5.2.5	Αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης .....	56
6	Επίγνωση Καταστάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα .....	58
6.1	Ο Ρόλος της Επίγνωσης Κατάστασης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα .....	58
6.1.1	Εισαγωγή.....	58
6.1.2	Χρόνος Ζωής Γεγονότων .....	58
6.1.3	Ανάγκη Επίγνωσης Καταστάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	59

6.2	SCEM και Επίγνωση Κατάστασης.....	61
6.2.1	Συμμετέχοντες και οι Σχέσεις Αυτών .....	61
6.2.2	Τα γεγονότα.....	62
6.2.3	Απλά και Σύνθετα Γεγονότα και οι Σχέσεις τους .....	62
6.2.4	Ορισμός Καταστάσεων.....	63
6.3	Αναγνώριση Καταστάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα μέσω Συσχέτισης Γεγονότων 67	
6.4	SCEM μοντέλο για Επίγνωση Καταστάσεων .....	70
6.5	Υλοποίηση .....	75
6.5.1	Τεχνικές Παράμετροι .....	75
6.5.2	Τεχνική Περιγραφή .....	76
6.6	Αξιολόγηση.....	80
6.6.1	Ροή Διαδικασίας και Στόχοι .....	80
6.6.2	Σχεδιασμός Σεναρίων.....	84
6.7	Συζήτηση Αποτελεσμάτων .....	88
7	Προδραστικές Αποφάσεις στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	91
7.1	Γενικό Πλαίσιο και η Διαδικασία Αγοράς ως Μελέτη Περίπτωσης.....	91
7.2	Προσέγγιση για την Εφαρμογή Προδραστικής Λήψης Αποφάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα και στη Διαδικασία Αγορών .....	92
7.2.1	Επιλογή Συνεργατών και Υπολογισμός Κόστους Παραγγελίας .....	94
7.2.2	Εφαρμογή του Προτύπου Detect – Decide- Forecast- Act .....	95
7.3	Υλοποίηση .....	102
7.4	Τεχνική Περιγραφή .....	105
7.5	Αξιολόγηση.....	106
7.5.1	Μεθοδολογία Αξιολόγησης .....	106
7.5.2	Συζήτηση Αποτελεσμάτων .....	107
8	Συμπεράσματα και Μελλοντικές Ερευνητικές Επεκτάσεις .....	112
8.1	Συμπεράσματα και συνεισφορά της Διατριβής.....	112
8.2	Περιορισμοί- Παραδοχές .....	114
8.3	Επέκταση της έρευνας .....	115
8.4	Επίλογος.....	116
9	Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	i
10	.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	xi
	Παράρτημα Ι Ερωτηματολόγιο έρευνας.....	1

Παράρτημα II Παραδείγματα ανίχνευσης καταστάσεων σε ΒΔ κόμβων. ....	1
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ Δημιουργία και ενημέρωση δικτύου BAYES.....	1

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

Εξίσωση 1 Υπολογισμός επιρροής κάθε παράγοντα .....	39
Εξίσωση 2 Η εξίσωση Unipolar Sigmoid.....	39
Εξίσωση 3 Αποτύπωση περιγραφικών μεταβλητών.....	40
Εξίσωση 4 Η εξίσωση για το CoG .....	40
Εξίσωση 5 Ο συντελεστής βαρύτητας.....	40
Εξίσωση 6 Ανίχνευση σεναρίου 1 .....	85
Εξίσωση 7 Ανίχνευση σεναρίου 2 .....	86
Εξίσωση 8 Ανίχνευση σεναρίου 3 .....	87
Εξίσωση 9 Ανίχνευση σεναρίου 4 .....	87
Εξίσωση 10 Ανίχνευση σεναρίου 5 .....	88
Εξίσωση 11 Ο συντελεστής αξιοπιστίας .....	94
Εξίσωση 12 Γραμμική εξίσωση υπολογισμού κόστους .....	94
Εξίσωση 13 Τετραγωνική συνάρτηση κόστους.....	94
Εξίσωση 14 Συνάρτηση υπολογισμού συνολικού κόστους.....	95
Εξίσωση 15 Εξίσωση υπολογισμού κόστους εταίρων .....	95
Εξίσωση 16 Υπολογισμός βαθμολογίας εταίρων .....	95
Εξίσωση 17 Συνολικό κόστος .....	95
Εξίσωση 18 Το κόστος κινδύνου .....	100
Εξίσωση 19 Το Κόστος Επαναδρομολόγησης .....	101
Εξίσωση 20 Υπολογισμός μέγιστου χρόνου καθυστέρησης.....	101
Εξίσωση 21 Υπολογισμός χρόνου αναδρομολόγησης ή ακύρωσης παραγγελίας .....	101

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ-ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 1-1. Τάσεις δαπανών για έρευνα στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	8
Σχήμα 1-2 Στόχοι Διατριβής .....	9
Σχήμα 3-1. Proactive Learning System Approach .....	27
Σχήμα 3-2 Event Processing In Action .....	28
Σχήμα 4-1 Παράγοντες Επιρροής Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	38
Σχήμα 4-2. Σχηματική Αναπαράσταση των ασαφών μεταβλητών .....	41
Σχήμα 5-1 Προτεινόμενο μοντέλο SCEM .....	49
Σχήμα 5-2. Αναπαράσταση διαδικασίας .....	54
Σχήμα 5-3.SOA Model προτεινόμενης αρχιτεκτονικής.....	54

Σχήμα 5-4.Υπόδειγμα μεταβλητής εισόδου. ....	55
Σχήμα 6-1.Επίγνωση Καταστάσεων. ....	60
Σχήμα 6-2 Μια κατάσταση μπορεί να ενεργοποιηθεί από ένα (σύνθετο) γεγονός συνδεδεμένο με αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	65
Σχήμα 6-3 Αναγνώριση καταστάσεων .....	65
Σχήμα 6-4. Στάδια λειτουργία μοντέλου. ....	67
Σχήμα 6-5.Παράδειγμα ανίχνευσης καταστάσεων.....	68
Σχήμα 6-6 Γενική δομή ερωτημάτων συσχέτισης γεγονότων E1 και E2 με το αντικείμενο O1 .	69
Σχήμα 6-7 Γενική δομή ερωτημάτων συσχέτισης γεγονότων E1 και E2 με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας O1 και O2 .....	69
Σχήμα 6-8. Το προτεινόμενο μοντέλο.....	72
Σχήμα 6-9 Το στοιχείο του Correlation Agent.....	73
Σχήμα 6-10 Τεχνική αναπαράσταση μοντέλου.....	77
Σχήμα 6-11 Παράδειγμα ανίχνευσης σύνθετου γεγονότος με χρήση γλώσσας Cypher .....	79
Σχήμα 6-12 Παράδειγμα ανίχνευσης κατάστασης .....	79
Σχήμα 6-13 Ροή της Εφοδιαστικής Αλυσίδας .....	81
Σχήμα 6-14 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 1 .....	85
Σχήμα 6-15 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 2 .....	86
Σχήμα 6-16 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 4 .....	87
Σχήμα 6-17 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 5 .....	88
Σχήμα 6-18 Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσωμοίωσης .....	90
Σχήμα 7-1.Το πλαίσιο λήψης απόφασης. ....	93
Σχήμα 7-2.Το Bayes Δίκτυο. ....	99
Σχήμα 7-3. Μοντέλο λειτουργίας προτεινόμενης αρχιτεκτονικής .....	102
Σχήμα 7-4. Διάγραμμα λειτουργίας. ....	103
Σχήμα 7-5.Τεχνική απεικόνιση προτεινόμενης αρχιτεκτονικής .....	105
Σχήμα 7-6.Σύγκριση κόστους .....	108

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1 Τα βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	16
Πίνακας 3-1. Ερευνητικές Εργασίες στο Proactive Computing .....	28
Πίνακας 3-2. Χαρακτηριστικά και επίπεδα των Proactive εφαρμογών .....	33
Πίνακας 4-1. Οι ασαφείς μεταβλητές του συστήματος.....	40
Πίνακας 4-2. Η αρχικοποίηση του FCM συστήματος. ....	41
Πίνακας 4-3. Οι τιμές ισορροπίας του FCM συστήματος ανά σενάριο. ....	44
Πίνακας 5-1.Εργασίες SCEM .....	46
Πίνακας 5-2.Τιμές υποθετικών εργοστασίων .....	51
Πίνακας 6-1 Τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας και οι σχέσεις τους σε αυτήν.....	61
Πίνακας 6-2 Τα γεγονότα της εφοδιαστικής αλυσίδας και οι σχέσεις τους .....	64
Πίνακας 6-3 Κατηγοριοποίηση γεγονότων εφοδιαστικής αλυσίδας .....	66
Πίνακας 6-4 Τελεστές συσχέτισης γεγονότων .....	67

Πίνακας 6-5.Αντιστοίχιση στοιχείων μοντέλου και διαδικασιών SCEM. ....	71
Πίνακας 6-6 Τα γεγονότα της εφοδιαστικής αλυσίδας και η πιθανότητα εμφάνισης τους .....	82
Πίνακας 6-7 Η επίδραση των γεγονότων στην αλυσίδα εφοδιασμού .....	83
Πίνακας 6-8 Ποσοστά Ανίχνευσης Καταστάσεων ανά Σενάριο.....	89
Πίνακας 6-9 Η συμπεριφορά των σεναρίων σε σχέση με την εμφάνιση των γεγονότων .....	90
Πίνακας 7-1.Περιγραφή οντοτήτων της αρχιτεκτονικής και ιδιοτήτων αυτών.....	96
Πίνακας 7-2 Κατηγοριοποίηση Γεγονότων Βάση της Επίδρασης τους στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	97
Πίνακας 7-3.Οι οντότητες του συστήματος και οι πιθανές καταστάσεις τους. ....	98
Πίνακας 7-4. Μεταβλητές Εισόδου.....	106
Πίνακας 7-5. Τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση. ....	106
Πίνακας 7-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	107
Πίνακας 7-7. Τα παρουσιαζόμενα Events ανά σενάριο. ....	109
Πίνακας 7-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. ....	110



---

## Περίληψη

---

Η προδραστική πληροφορική (proactive computing) αναφέρεται στην ικανότητα των υπολογιστικών συστημάτων να προλαμβάνουν λειτουργικές ανάγκες του περιβάλλοντος τους πριν αυτές εκδηλωθούν. Η ικανότητα προληπτικής λειτουργίας βασίζεται σε δυνατότητες που έχουν τα προδραστικά συστήματα να αντιλαμβάνονται και να κατανοούν γεγονότα που συμβαίνουν στο περιβάλλον λειτουργίας τους, προβαίνοντας στην κατάλληλη διαχείριση. Η προδραστική πληροφορική βρίσκει εφαρμογή σε έντονα δυναμικές περιοχές όπως αυτή της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας χαρακτηρίζεται από δυναμικές αλλαγές. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται σε ένα πλήθος παραμέτρων όπως εξωτερικούς είτε εσωτερικούς παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί δημιουργούν γεγονότα που επιδρούν στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας και είτε δημιουργούν ευκαιρίες προς εκμετάλλευση είτε δημιουργούν αποκλίσεις από προκαθορισμένα επίπεδα λειτουργίας. Η διαχείριση γεγονότων που δημιουργούν αποκλίσεις από προκαθορισμένα επίπεδα λειτουργίας είναι ο χώρος όπου το Supply Chain Event Management εφαρμόζεται.

Το SCEM είναι μια προσέγγιση διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω του εντοπισμού, ανάλυσης και επεξεργασίας γεγονότων με σκοπό τη βελτιστοποίηση του συνόλου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο συνδυασμός προδραστικής πληροφορικής και SCEM είναι ο ερευνητικός τομέας στο οποίο εντάσσεται αυτή η μελέτη. Η επαύξηση των δυνατοτήτων του SCEM με χρήση της προδραστικής πληροφορικής στοχεύει στη δημιουργία ενός προδραστικού πλαισίου όπου είτε τα ίδια τα γεγονότα είτε οι αρνητικές επιδράσεις αυτών θα προλαμβάνονται πριν επηρεάσουν την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή εξετάζεται η προδραστικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα και διερευνώνται τρόποι ώστε να επιτευχθεί αυτή. Ειδικότερα εξετάζονται το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι συμμετέχοντες σε αυτή καθώς και τα γεγονότα (events) τα οποία επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας και προτείνονται τρόποι ώστε να αποφευχθούν οι αρνητικές επιδράσεις των αποκλίσεων.

Για την υλοποίηση της μελέτης έγινε βιβλιογραφική έρευνα στους τομείς του Proactive Computing, Event Driven Computing, SCEM, στο χώρο της ασαφής λογικής (Fuzzy Logic) στο χώρο του Situation Awareness και των Bayes Network.

Λέξεις Κλειδιά: Proactive Computing, Event Driven Computing, SCEM, Situation Awareness

---

## ABSTRACT

---

Proactive computing refers to the ability of computer systems to anticipate the needs of their operational environment before they occur and act accordingly to prevent undesired events. This preventive capability is based on the ability of proactive systems to understand their operating environment through recognition and event analysis and appropriate event management. Proactive computing is used in highly dynamic areas such as the supply chains

The supply chain environment is characterized by dynamic changes. These changes happen due to a multitude of events caused by external or internal factors. Events affect the supply chain functionality and either create opportunities for exploitation or cause deviations from predetermined levels of operation. Event management that deviates from predefined operating levels is where Supply Chain Event Management is implemented.

SCEM is a supply chain management approach by locating, analyzing and processing events to optimize its operation. The combination of proactive computing and SCEM is the research area of this study. The enhancement of SCEM's capabilities through the use of proactive computing aims to create a proactive framework where either the events themselves or their adverse effects will be prevented before affecting supply chain performance.

This thesis examines supply chain proactivity and explores ways to achieve it. Examining and analyzing particularly the environment of the supply chain, its participants, as well as events that adversely affect supply chain performance alternative ways are proposed to avoid the negative effects of divergences.

For the implementation of the study, a bibliographic research was conducted in the field of Proactive Computing, Event Driven Computing, SCEM, in the field of Fuzzy Logic, Situation Awareness and Bayes Network.

Keywords: Proactive Computing, Event Driven Computing, SCEM, Situation Awareness

---

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Η παρούσα διδακτορική διατριβή είναι αποτέλεσμα μελέτης, έρευνας και πειραματισμών, απογοητεύσεων αλλά και επιτυχιών και εντάσσεται στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής» του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Ήταν ομολογουμένως ένας δύσκολος δρόμος αν αναλογιστεί κανείς ότι στο χρονικό αυτό διάστημα έλαβα 3 μεταθέσεις σε 2 Μονάδες Εκστρατείας, αναλαμβάνοντας πολλαπλά καθήκοντα σε υπεύθυνες θέσεις ενώ παράλληλα κλήθηκα να φοιτήσω σε σχολεία του Στρατού Ξηράς με πολλές απαιτήσεις (Σχολή Πεζικού, Σχολή Διοικητών- Επιτελών, εισαγωγικές εξετάσεις Ανώτατης Διακλαδικής Σχολής Πολέμου). Το βασικό μου κίνητρο ήταν αυτό που μου έδινε δύναμη να μην εγκαταλείψω την προσπάθεια μου και να συνεχίσω. Αυτό δεν ήταν άλλο από την αγάπη μου για την Πληροφορική και τον Ελληνικό Στρατό στον οποίο ήθελα και θέλω να προσφέρω ότι καλύτερο μπορώ.

Η πορεία και τα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας σε αυτά χρόνια δε θα ήταν εφικτά χωρίς την συμβολή ενός ανθρώπου, του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτρη Αποστόλου του οποίου η συμβολή ήταν ουσιαστική ως επιβλέπον καθηγητής. Η καθοδήγηση του και οι συμβουλές του με οδήγησαν να εξελίξω τον τρόπο σκέψης μου και να βελτιώσω, θέλω να πιστεύω, συνεχώς τη δουλειά μου σε όλους τους τομείς. Η πίστη του στις δυνατότητες μου αλλά και η παρότρυνση του να συνεχίσω ακόμη και όταν εγώ είχα απογοητευθεί και δε πίστευα στο εαυτό μου ήταν καθοριστική. Σε αυτό τον άνθρωπο λοιπόν θέλω να εκφράσω τις βαθύτατες και ειλικρινείς μου ευχαριστίες για ότι έκανε για μένα.

Ένα άλλο πρόσωπο που θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα είναι η Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Ευαγγελία Κοπανάκη, της οποίας η βοήθεια ήταν περισσότερο από πολύτιμη στην εργασία μου. Οι συμβουλές τις, η εποικοδομητική της κριτική αλλά και η ανταλλαγή απόψεων βελτίωσαν την ποιότητα της επιστημονικής μου έρευνας. Τα λόγια πραγματικά είναι λίγα για να περιγράψω τη βοήθεια που μου πρόσφερε για την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής.

Θα πρέπει επίσης να ευχαριστήσω και τους, Καθηγητή κ. Δημήτριο Δεσπότη και Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Μεταξιώτη ως μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής αλλά και τους Καθηγητή κα. Μαρία Βίρβου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Ευθύμιο Αλέπη, Καθηγητή κ. Γρηγόρη Μέντζα και την Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Ευαγγελία Κοπανάκη ως μέλη της εξεταστικής επιτροπής, που μου έκαναν τη τιμή να εξετάσουν την εργασία μου.

Τέλος θα πρέπει να ευχαριστήσω τη σύζυγο μου Βασιλική Γιαβρή για την υπομονή και ανοχή που έδειξε όλο αυτό το καιρό αλλά και τις κόρες μου Παναγιώτα και Μαργαρίτα και να τους υποσχεθώ ότι πλέον θα προσπαθήσω να μην είμαι απών από τις υποχρεώσεις μου ως πατέρα και ως σύζυγος.

Τέλος θα πρέπει να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς τους γονείς μου Μηνά και Μαργαρίτα για ότι έχω καταφέρει μέχρι σήμερα. Ειδικότερα προς τον πατέρα μου ο οποίος αν και δεν είχε ιδιαίτερη ακαδημαϊκή μόρφωση φρόντισε ώστε να μου μεταδώσει την αγάπη του για τη γνώση και το πάθος του για αναζήτηση λύσεων σε παρουσιαζόμενα προβλήματα.

Τη διατριβή αυτή την αφιερώνω στο πατέρα μου ο οποίος δυστυχώς «έφυγε» πριν με δει να ολοκληρώνω αυτή την πορεία μου.

---

# 1 Εισαγωγή

---

## 1.1 Ερευνητική Περιοχή Διατριβής

Οι συνθήκες που έχουν δημιουργηθεί στην παγκόσμια οικονομία από την εμφάνιση αναδυόμενων αγορών που μέχρι πρότινος ήταν απομονωμένες από τη διεθνή σκηνή, έχουν αναγκάσει πολλές επιχειρήσεις να στρέψουν την επιχειρηματική τους δραστηριότητα σε αυτές όντας ακόμη ακόρεστες σε καταναλωτικά προϊόντα και υπηρεσίες. Παράλληλα το βιοτικό επίπεδο των κοινωνιών των ανεπτυγμένων χωρών εξακολουθεί να βρίσκεται αρκετά υψηλά δημιουργώντας και αυτό με τη σειρά του ένα μεγάλο μερίδιο στην παγκόσμια αγορά. Νέες αναδυόμενες αγορές όπως αυτές της Ινδίας, της Κίνας και της Ρωσίας λόγω κυρίως του μεγέθους τους δημιουργούν ευκαιρίες αλλά και προκλήσεις στις επιχειρήσεις, ενώ οι τελευταίες μέσω της ανάπτυξης του ηλεκτρονικού εμπορίου με τη χρήση πλατφορμών διαδικτύου (βλ. Ebay, Amazon, Alibaba κ.α) έχουν πλέον πρόσβαση σε καταναλωτές σε μια παγκόσμια αγορά μεγαλύτερη από ποτέ.

Αποτέλεσμα των ανωτέρω είναι οι αλυσίδες εφοδιασμού να βρίσκονται αντιμέτωπες με νέες απαιτήσεις λειτουργίας που οφείλονται στην ευρεία αύξηση του μεγέθους της αγοράς, στην παγκοσμιοποίηση της λειτουργίας τους (με ότι αυτό συνεπάγεται για τους κινδύνους που παρουσιάζονται), και στην ανάγκη βελτιστοποίησης της λειτουργίας τους ώστε να ανταποκριθούν σε ένα όλο και περισσότερο ανταγωνιστικό περιβάλλον. Οι απαιτήσεις αυτές δημιουργούν προκλήσεις που έχουν απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα. Πολλές προτάσεις έχουν γίνει για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη βελτιστοποίηση του τρόπου λειτουργίας της από διάφορες επιστημονικές οπτικές. Το εύρος των προσεγγίσεων είναι μεγάλο και επεκτείνεται από προσεγγίσεις που αποσκοπούν στη διαχείριση κινδύνου στην εφοδιαστική αλυσίδα ως εκείνες που αποβλέπουν και διαχειρίζονται το οικολογικό της αποτύπωμα.

Σύμφωνα με το μη κερδοσκοπικό οργανισμό BSR<sup>1</sup>, ο οποίος ασχολείται με τη βιωσιμότητα επιχειρήσεων στην παγκόσμια οικονομία, η διαχείριση και η πρόβλεψη των κινδύνων με τους οποίους έρχεται αντιμέτωπη μια αλυσίδα εφοδιασμού, θα αποτελέσει μια σημαντική παράμετρος που θα απαιτεί προσοχή μέχρι το 2025 από τους επαγγελματίες του χώρου. Την άποψη αυτή για βελτιστοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού μέσω της αποτελεσματικής

---

<sup>1</sup> <https://www.bsr.org/en/>

διαχείρισης των δεδομένων και της χρήσης νέων τεχνολογιών από το χώρο της πληροφορικής ενισχύουν με τις θέσεις που έχουν εκφράσει μεγάλες εταιρίες logistics οι οποίες δραστηριοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως η FarEye<sup>2</sup> και Blume Global<sup>3</sup> κ.α.

Η πρόβλεψη και η πρόδραση έναντι γεγονότων που επιδρούν στην εφοδιαστική αλυσίδα ως μια απαίτηση από το χώρο των logistics δημιουργεί την ανάγκη για διαφάνεια (Transparency) στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδα, συνεργασιών μεταξύ των συμμετεχόντων (Collaboration) και έγκαιρη ανταπόκριση στις αλλαγές που παρουσιάζονται εντός αυτής (Agility – Flexibility –Adaptability). Παράλληλα τα προτεινόμενα στάδια ωριμότητας (Maturity Stages) της αλυσίδα εφοδιασμού κατά τους M. Lahti et al. προϋποθέτουν την εξέλιξη της αλυσίδα εφοδιασμού και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης της από μια αλυσίδα στενά περιορισμένη στην παρακολούθηση των εσωτερικών διαδικασιών της σε μια δια-επιχειρησιακή αλυσίδα εφοδιασμού.

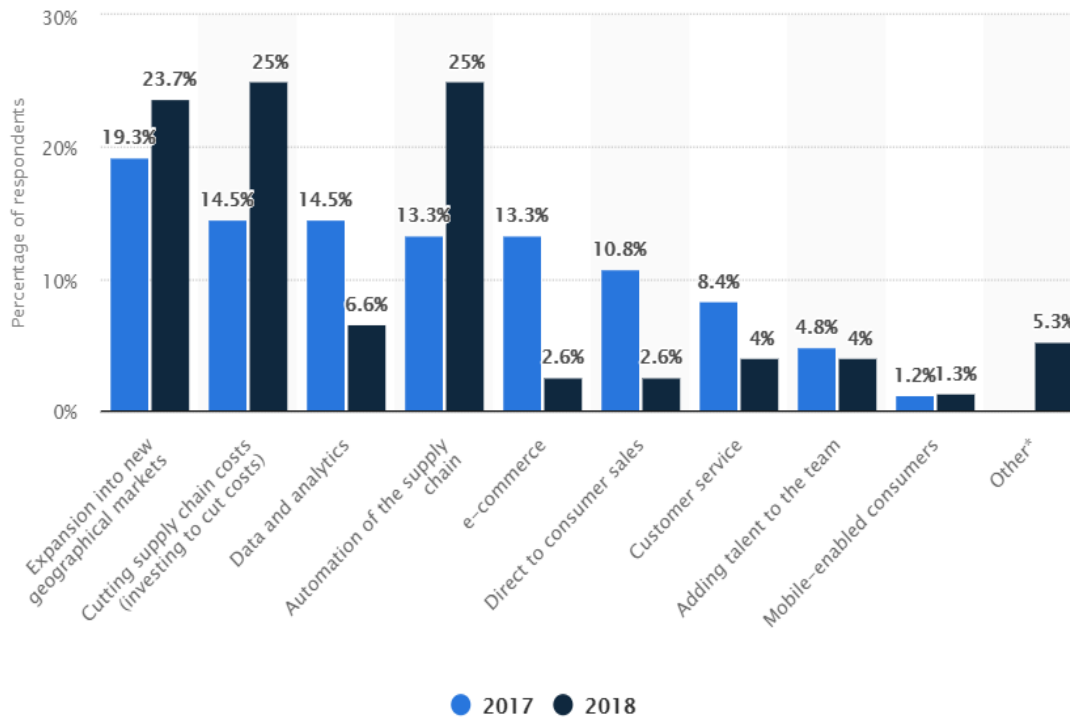
Μια ανάλυση που παρουσιάστηκε στο ιστότοπο Statistica<sup>4</sup> δείχνει τις περιοχές ενδιαφέροντος για επενδυτικές δαπάνες στο χώρο της αλυσίδα εφοδιασμού για τα έτη 2017 και 2018 όπως αυτές διατυπώθηκαν από 102 ερωτηθέντες επαγγελματίες του χώρου. Στο διάγραμμα φαίνεται ότι οι αυτοματισμοί στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδα καθώς και ο περιορισμός των λειτουργικών εξόδων διαχείρισης είναι οι τομείς με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον όπου οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες πίστευαν ότι θα χρειαστεί να δαπανήσουν επιπρόσθετα κεφάλαια για το έτος 2018.

---

<sup>2</sup> <https://www.getfareye.com/>

<sup>3</sup> <https://www.blumeglobal.com/>

<sup>4</sup> <https://www.statista.com/statistics/829643/increased-spending-in-supply-chain-worldwide/>



Σχήμα 1-1. Τάσεις δαπανών για έρευνα στην εφοδιαστική αλυσίδα.

## 1.2 Κίνητρα της Διδακτορικής Διατριβής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ένα σημαντικός παράγοντας στη βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού είναι η μετάπτωση της από μια καθαρά ενδο-επιχειρησιακή δραστηριότητα σε μια σύνθετη δραστηριότητα με εμπλεκόμενους το σύνολο των συμμετεχόντων (Collaboration). Η σύνθεση αυτή επιχειρησιακών διαδικασιών ετερογενών πολλές φορές οργανισμών και επιχειρήσεων δε θα μπορούσε να επιτευχθεί χωρίς την ανάπτυξη κατάλληλης αρχιτεκτονικής. Μια τέτοια αρχιτεκτονική θα πρέπει να επιτρέπει τη σύνδεση και τη διαλειτουργικότητα συστημάτων μέσω χαλαρών συνδέσμων με κύριο προσανατολισμένο στις υπηρεσίες (Service Oriented Architecture-SOA) που προσφέρονται από εφαρμογές. Η αρχιτεκτονική αυτή είναι ευρέως διαδεδομένη ως πρότυπο σύνθεσης λογισμικού για τη χαλαρή σύζευξη κατανεμημένων επιχειρησιακών εφαρμογών. Το βασικό χαρακτηριστικό της SOA είναι η χρησιμοποίηση υπαρχόντων υπηρεσιών ιστού (Web Services) και η έκθεση της λειτουργικότητας των δημιουργημένων εφαρμογών με έναν τυποποιημένο τρόπο μέσω διαδικτύου δημιουργώντας κατάλληλες διεπαφές μεταξύ των χρηστών.

Άλλος σημαντικός παράγοντας βελτιστοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αυτός της ανάπτυξης ενός πλαισίου διαχείρισης γεγονότων που δημιουργούν αποκλίσεις στη λειτουργία της. Καθώς οι διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού καθίστανται περισσότερο απαιτητικές από πλευράς διαχείρισης δεδομένων, όλο και περισσότερα γεγονότα παράγονται και καταναλώνονται από τα στοιχεία που τη συνθέτουν. Τα γεγονότα της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να επηρεάσουν τη ροή και την εκτέλεση των διαδικασιών μέχρι και του σημείου να επιδράσουν αρνητικά στην εκτέλεση της. Η αυξανόμενη συσχέτιση των γεγονότων με τις διαδικασίες εφοδιαστικής αλυσίδας έχει οδηγήσει επαγγελματίες και ερευνητές και από τα



δύο πεδία των logistics και της πληροφορικής, να αναδείξουν την προσέγγιση της “Διαχείρισης Γεγονότων Αλυσίδας Εφοδιασμού” (Supply Chain Event Management - SCEM). Η προσέγγιση αυτή αναφέρεται στο σύνολο των μεθόδων και τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική ενσωμάτωση όλων των λειτουργιών που σχετίζονται με το σχεδιασμό, την παραγωγή και τη διανομή των υλικών και των προϊόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού, έτσι ώστε να ικανοποιούνται προσδοκίες των χρηστών.

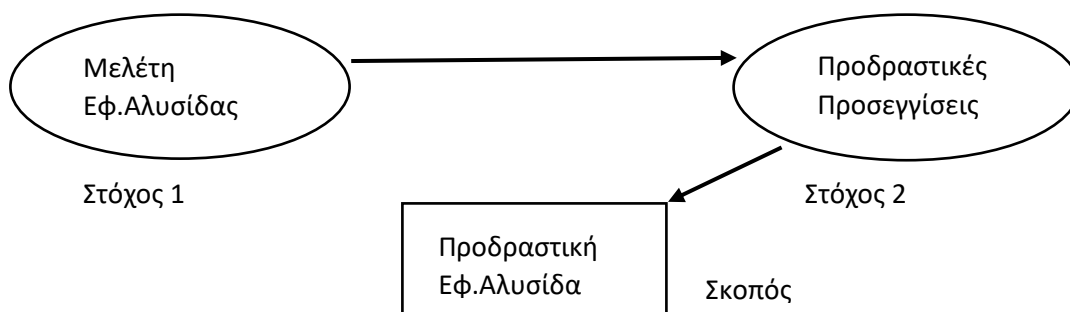
Αν και έχει επιτευχθεί σημαντική ερευνητική εργασία στο τομέα της SCEM, η διαχείριση των γεγονότων βασίζεται στην επέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα ο οποίος αντιδρά στα γεγονότα αφού αυτά έχουν συμβεί, επεμβαίνοντας και περιορίζοντας τις επιπτώσεις τους. Η χρήση της προδραστικής διαχείρισης των γεγονότων στην εφοδιαστική αλυσίδα θα μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω την απόδοση αυτής μέσω της λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο που είτε θα προλαμβάνουν τα γεγονότα πριν αυτά συμβούν είτε θα περιορίζουν προδραστικά την επίπτωση τους.

### 1.3 Ερευνητικοί Στόχοι

Το πλήθος των παραγόντων που επηρεάζουν τις αλυσίδες εφοδιασμού καθώς και το γεγονός ότι συχνά τα γεγονότα που εμφανίζονται στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας και επηρεάζουν την απόδοση της, συνδέονται δημιουργώντας σύνθετα και περισσότερο πολύπλοκα γεγονότα είναι ένα πεδίο το οποίο δεν έχει μελετηθεί από την ερευνητική κοινότητα στο βαθμό που θα μπορούσε να θεωρηθεί ολοκληρωμένο. Επιπλέον η έννοια της προδραστικής αλυσίδας εφοδιασμού, δηλαδή μιας εφοδιαστικής διαδικασίας η οποία θα μπορεί να αντιλαμβάνεται το πλαίσιο λειτουργίας της και η οποία θα μπορεί να αναγνωρίζει πιθανούς κινδύνους που επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση της είναι μια ερευνητική περιοχή η οποία χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση.

Οι στόχοι της παρούσας ερευνητικής διατριβής είναι ουσιαστικά δύο. Ως πρώτος στόχος τέθηκε η μελέτη, ο προσδιορισμός και η ανάλυση της τυπικής εφοδιαστικής αλυσίδα ώστε να καθοριστεί σαφώς το γενικότερο πλαίσιο λειτουργίας της. Ακολούθως και παραμένοντας στα πλαίσια του αρχικού στόχου είναι η ερμηνεία εκείνων των παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν την απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας και η μελέτη την επίδρασης τους επί αυτής.

Ως δεύτερος στόχος τέθηκε η μελέτη και η πρόταση προσεγγίσεων που μπορούν υπό προϋποθέσεις να δημιουργήσουν προδραστικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η μελέτη και εν συνεχεία πρόταση λύσεων από το χώρο του SOA-EDA, Situation Awareness και της χρήσης Bayes δικτύων θεωρήθηκε ότι θα συνέφεραν στην επίτευξη του δεύτερου στόχου.



Σχήμα 1-2 Στόχοι Διατριβής

Ως τελικός σκοπός της ερευνητικής εργασίας τέθηκε η πρόταση λύσεων ως εννοιολογικές προσεγγίσεις για μια προδραστική αλυσίδα εφοδιασμού ικανή να αντιλαμβάνεται τα εμφανιζόμενα εμπόδια, παρουσιάζοντας μια επίγνωση καταστάσεως στη λειτουργία της, διαχειριζόμενη κατάλληλα γεγονότα αποκλίσεων και δρώντας ανάλογα για την αποφυγή τους πριν αυτά επηρεάσουν την απόδοση της λειτουργίας της αυξάνοντας την αξιοπιστία της.

#### **1.4 Προσέγγιση και Συνεισφορά της Ερευνητικής Διατριβής**

Για την επίτευξη των τεθέντων στόχων της διατριβής ακολουθήθηκε μια προσέγγιση η οποία περιλαμβάνει :

- Αρχικά τη μελέτη της ευρύτερης περιοχή του proactive computing. Σκοπός της μελέτης είναι να εντοπιστούν εκείνα τα χαρακτηριστικά που καθιστούν μια εφαρμογή προδραστική, ικανή να αντιλαμβάνεται γεγονότα και να δρα πριν αυτά επηρεάσουν τη λειτουργία της. Μέσα στο πλαίσιο αυτό, μελετήθηκε και αναλύθηκε ένας σημαντικός αριθμός ερευνητικών εργασιών από τον υπόψη χώρο, εντοπίστηκαν τα χαρακτηριστικά τους και προτάθηκε μια κλίμακα κατηγοριοποίησης βάση χαρακτηριστικών ανάλογα με το βαθμό προδραστικότητας που παρουσιάζουν. Η κλίμακα αυτή προδραστικότητας χρησιμοποιήθηκε στην πρόταση προδραστικών πλαισίων και εφαρμογών στη συνέχεια της έρευνας.
- Τη διερεύνηση και ανάλυση της σύγχρονης εφοδιαστικής αλυσίδας, των προκλήσεων που εμφανίζει εξαιτίας της παγκοσμιοποιημένης οικονομίας, των αδυναμιών και των κινδύνων που επηρεάζουν τις λειτουργίες της. Η μελέτη της εφοδιαστικής αλυσίδας έγινε με τη χρήση ασαφών γνωστικών χαρτών (Fuzzy Cognitive Maps-FCM) Η προσέγγιση αυτή μας επέτρεψε να χρησιμοποιήσουμε τη γνώση εμπειρογνομόνων αναλύοντας σενάρια και εντοπίζοντας τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των εννοιών που συνθέτουν μια αλυσίδα εφοδιασμού. Τα συμπεράσματα από τη μελέτη της εφοδιαστικής αλυσίδας με τη χρήση FCM χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια της έρευνας για να προσδιοριστούν τα είδη των γεγονότων που συνήθως δημιουργούν αποκλίσεις στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Τη σχεδίαση ενός πλαισίου διαχείρισης γεγονότων στην εφοδιαστική αλυσίδα και στην υλοποίηση του μέσω ενός ανάλογου συστήματος για πειραματική απόδειξη της αποτελεσματικότητάς του. Το προτεινόμενο πλαίσιο υλοποιήθηκε ως Service Based εφαρμογή, η οποία χρησιμοποιώντας συνδεδεμένες υπηρεσίες ιστού καταφέρνει να αποκτά επίγνωση για το περιβάλλον λειτουργίας της υποστηρίζοντας τη λήψη αποφάσεων.
- Τη πρόταση ενός πλαισίου διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας ικανό να αντιλαμβάνεται και να αναγνωρίζει καταστάσεις μέσω συσχέτισης απλών γεγονότων σε σύνθετα και στη συνέχεια σε καταστάσεις διαμορφώνοντας ένα πλαίσιο επίγνωσης κατάστασης (Situation Aware) στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η πρόταση του υπόψη πλαισίου συνοδεύεται με την υλοποίηση του καθώς και με την πειραματική τεκμηρίωση εξετάζοντας τις δυνατότητες υποβοήθησης λήψης αποφάσεων.
- Τέλος προτάθηκε, σχεδιάστηκε, υλοποιήθηκε και τεκμηριώθηκε πειραματικά ένα προδραστικό πλαίσιο βελτίωσης της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω της

διαχείρισης του κόστους αυτής και της επιλογής των κατάλληλων συνεργατών. Η προδραστικότητα του προτεινόμενου πλαισίου εστιάζεται στη βελτιστοποίηση των αποφάσεων σχετικά με το κόστος των παραγγελιών. Για την επίτευξη αυτής της βελτιστοποίησης χρησιμοποιείται ένα Δίκτυο Μπάες (Bayes Network- BN) το οποίο προσδιορίζει την πιθανότητα έγκαιρης παράδοσης λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα που τροφοδοτούνται από τους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η λειτουργία του BN σε συνδυασμό με τη χρήση προτεινόμενων εξισώσεων διαχείρισης κόστους υποστηρίζουν την προδραστική λήψη απόφασης που σχετίζεται με το κόστος και τη λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού.

Με την παραπάνω μεθοδολογία εκτιμάται ότι επιτυγχάνονται οι τιθέμενοι στόχοι της διδακτορικής διατριβής συνθέτοντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στην προδραστική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας παρέχοντας παράλληλα κίνητρα για περαιτέρω έρευνα στο υπόψη επιστημονικό πεδίο.

## 1.5 Δομή της Διδακτορικής Διατριβής

Η παρούσα διδακτορική διατριβή έχει δομηθεί ως ακολούθως. Στο Κεφ.2 γίνεται μια επισκόπηση της βιβλιογραφίας η οποία μελετήθηκε και παρουσιάζονται οι ερευνητικοί τομείς στους οποίους επικεντρώθηκε η έρευνα. Στο Κεφ.3 παρουσιάζεται μια ανάλυση των προσεγγίσεων των προδραστικών συστημάτων από διάφορους τομείς εφαρμογής. Το κεφάλαιο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να αποτελέσει μέρος της υπόψη διατριβής εφόσον ως ένας από τους ερευνητικούς στόχους της διατριβής τέθηκε η πρόταση προδραστικών λύσεων για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση της εννοίας της προδραστικής πληροφορικής, προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά των εφαρμογών με προδραστικές ικανότητες και καθορίζονται τα επίπεδα προδραστικότητας ανάλογα με το βαθμό στον οποίο αυτή επιτυγχάνεται.

Στο Κεφ.4 παρουσιάζεται μια ανάλυση της σύγχρονης παγκοσμιοποιημένης αλυσίδας εφοδιασμού και μια μοντελοποίηση αυτής με τη χρήση ασαφών γνωστικών χαρτών (FCM). Η μοντελοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς και των παραγόντων που επιδρούν επί αυτής και επηρεάζουν την απόδοση της έγινε κατόπιν έρευνας υπό μορφή ερωτηματολογίου [Παράρτημα Ι] μεταξύ μελών της ακαδημαϊκής κοινότητας τα οποία ασχολούνται με το συγκεκριμένο χώρο καθώς και με στελέχη του Σ.Ξ του Σώματος Υλικού Πολέμου. Στη συνέχεια του κεφαλαίου πραγματοποιήθηκαν υποθετικές προσομοιώσεις σεναρίων για να προσδιοριστεί η επιρροή των παραγόντων αυτών στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Στο Κεφ.5 παρουσιάζεται ένα πλαίσιο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας που στηρίζεται σε γεγονότα και προτείνεται μια σχετική αρχιτεκτονική. Ακολουθεί η υλοποίηση της λύσης και πειραματικές προσομοιώσεις για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική όπως και αυτές που ακολουθήσαν στα επόμενα κεφάλαια υλοποιήθηκαν ως Service Oriented Architecture- Event Driven Architecture Στο Κεφ. 6 η έρευνα επικεντρώνεται στην επίγνωση καταστάσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα. Στο τμήμα αυτό της

διατριβής γίνεται ανάλυση του τρόπου που απλά και σύνθετα γεγονότα επιδρούν αρνητικά στην εφοδιαστική αλυσίδα ενώ παράλληλα προτείνεται ένα μοντέλο για την ανίχνευση καταστάσεων. Για την ανίχνευση καταστάσεων δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων κόμβων όπου απλά και σύνθετα γεγονότα συσχετίζονται για τη δημιουργία καταστάσεων. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική υλοποιείται σε ένα πειραματικό μοντέλο το οποίο μέσω προσομοιώσεων επιβεβαιώνει τη λειτουργικότητα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής. Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη συσχέτιση γεγονότων και τη δημιουργία καταστάσεων παρουσιάζεται στο Παράρτημα II.

Στο Κεφ.7 παρουσιάζεται μια προδραστική προσέγγιση της διαδικασίας αγοράς προμηθειών και υπηρεσιών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Στη προσέγγιση αυτή προτείνεται ένα BN, το οποίο αποτυπώνει τη αξιοπιστία των συνεργατών της εφοδιαστικής αλυσίδας και μια σειρά εξισώσεων οι οποίες σε συνδυασμό επιτρέπουν προδραστική λειτουργία στη διαδικασία εξασφαλίζοντας το μικρότερο δυνατό κόστος υλοποίησής της. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο επίσης, παρουσιάζεται και μια διαδικασία επιλογής συνεργατών στο αρχικά στάδιο της εφοδιαστικής διαδικασίας η οποία για την υλοποίηση της λαμβάνει υπόψη στοιχεία όπως το κόστος παροχής υπηρεσιών των συνεργατών και την αξιοπιστία τους. Η προτεινόμενη προσέγγιση υλοποιήθηκε σε μια εφαρμογή η οποία δοκιμάστηκε πειραματικά για την εξαγωγή συμπερασμάτων και για την αξιολόγηση της πρότασης. Στο Παράρτημα III παρουσιάζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την ενημέρωση του δικτύου Μπάες.

Τέλος στο Κεφ.8 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διδακτορική διατριβή, παρουσιάζεται η συνεισφορά της διατριβής στο επιστημονικό πεδίο που τοποθετείται και αναφέρονται οι μελλοντικές προεκτάσεις που μπορεί να έχει. Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές και το τμήμα των παραρτημάτων που προαναφέρθηκαν.

## 1.6 Σχέση της Διατριβής με δημοσιεύσεις

Η παρούσα διδακτορική διατριβή αποτελεί μια σύνθεση δημοσιεύσεων που έχουν γίνει σε επιστημονικά συνέδρια και περιοδικά κατόπιν αξιολόγησης. Ακολουθεί μια αντιστοίχιση των κεφαλαίων της διατριβής με τις σχετιζόμενες δημοσιεύσεις

- Το κεφάλαιο 3 «Ανάλυση προσεγγίσεων και Προδραστικών Συστημάτων» σχετίζεται με τη δημοσίευση «Proactivity in Service Based Applications» η οποία παρουσιάστηκε στο 16<sup>th</sup> Panhellenic Conference In Informatics (PCI) το 2012.
- Το κεφάλαιο 4 «Ανάλυση της Σύγχρονης Εφοδιαστικής Αλυσίδας» περιλαμβάνει την ερευνητική εργασία η οποία παρουσιάστηκε στο 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA) 2015 με τίτλο «A FCM Analysis for Supply Chain Management».
- Το κεφάλαιο 5 «Μοντέλο Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας με βάση τα Γεγονότα» σχετίζεται την εργασία που παρουσιάστηκε στο (IISA) 2014, με τίτλο «An Event Based Framework for Supply Chain Management».
- Το κεφάλαιο 6 «Επίγνωση Καταστάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα» παρουσιάζεται στην εργασία με τίτλο «Enabling Situation Awareness wwith Supply Chain Management» , η οποία δημοσιεύθηκε στο «Expert Systems with Applications» 2018.

- Τέλος το κεφαλαίο 7 «Προδραστικές Αποφάσεις στην Εφοδιαστική Αλυσίδα» δημοσιεύθηκε ως ερευνητική εργασία στο «Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce» 2019 Με τίτλο «Proactive decision making in supply chain procurement».

---

## 2 Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

---

### 2.1 Η προσέγγιση της Βιβλιογραφικής Έρευνας

Ο κύριος ερευνητικός τομέας οπου επικεντρώθηκε η βιβλιογραφική έρευνα και παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο είναι αυτός του Supply Chain Event Management- Supply Chain Management. Η βιβλιογραφική έρευνα έγινε με σκοπό να γίνει κατανοητή η ευρύτερη ερευνητική περιοχή της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας με βάση τα γεγονότα και να εντοπιστούν εκείνα τα στοιχεία τα οποία μπορούν να συνδυαστούν ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που τέθηκαν αρχικά. Επιπρόσθετα στα πλαίσια της έρευνας έγινε προσπάθεια να εντοπιστούν περιοχές στις οποίες η παρούσα διατριβή θα μπορούσε να έχει συνεισφορά. Με την έρευνα στο κύριο τομέα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας με βάση τα γεγονότα παρουσιάστηκε η ανάγκη να επεκταθεί η μελέτη της βιβλιογραφίας σε ερευνητικούς τομείς που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμοι στην υλοποίηση και πειραματική απόδειξη των τεθέντων αρχικά στόχων. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να μελετηθούν ερευνητικές δημοσιεύσεις από το χώρο των Fuzzy Cognitive Maps, του Event Driven Architecture, του Event Management , του Complex Event Processing και του Proactive Computing . Η παρουσίαση της ερευνάς που έχει επιτευχθεί στους συγκεκριμένους τομείς παρουσιάζεται ξεχωριστά ως εισαγωγή σε κάθε κεφάλαιο.. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται ερευνητικές εργασίες που εντάσσονται στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής έρευνας από το χώρο του SCM, της αβεβαιότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα και στο SCEM.

### 2.2 Supply Chain Management- Supply Chain Event Management

#### 2.2.1 Supply Chain Management

Η έννοια της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού (SCM) περιλαμβάνει την αποτελεσματική διαχείριση και ροή υλικών, πόρων, διαδικασιών και των πληροφοριών κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού και επεκτείνεται σε πρακτικές που στοχεύουν (Park et al., 2005), στη λειτουργική αποτελεσματικότητα στο σύνολο της αλυσίδας εφοδιασμού (Yusuf et al, 2004). Οι στόχοι της SCM όπως αυτοί περιγράφονται στη βιβλιογραφία είναι η βελτίωση του σχεδιασμού της ζήτησης (Frochlich & Westbrook, 2002), η μείωση του χρόνου παράδοσης (De Treville, et al., 2004, Buxmann et al., 2004, Gunasekaran et al, 2004), η έγκαιρη παράδοση υλικών και υπηρεσιών (Gunasekaran et al, 2004), η μείωση του κόστους (συμπεριλαμβανομένης της

παραγωγής, των μεταφορών, των αγορών και των δαπανών με βάση το αποθεματικό (Buxmann et al., 2004), ο έλεγχος και η αξιοπιστία (Ross, 2004, Schnetzler, Nobs, & Sennheiser, 2004, Christopher, 2016), η μείωση των κινδύνων (Kshetri, 2018), και η ποιότητα των υπηρεσιών (Hoffman & Mehra, 2000). Πρόσθετοι στόχοι της SCM περιλαμβάνουν το στενό συντονισμό των δραστηριοτήτων (Lee, 2002), τη διαχείριση κινδύνων (Christopher & Lee 2004) και την ανθεκτικότητα (Brandon-Jones, Squire, Autry, & Petersen, 2014, Christopher & Peck 2004).

Οι παραπάνω στόχοι και οι προκλήσεις της SCM είναι ευκολότερο να επιτευχθούν μέσω της αποτελεσματικότερης συνεργασίας (Scholten & Schilder, 2015) και της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των εμπορικών εταιρών – συνεργατών (Collaboration). Η βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της συνεργασία επιτυγχάνεται και μέσω της χρήσης τεχνολογιών που ενσωματώνουν τις επιχειρηματικές διαδικασίες στην αλυσίδα εφοδιασμού, διευκολύνουν την επεξεργασία πληροφοριών και υποστηρίζουν την ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των εμπορικών συνεργατών (Malhotra, Gosain, & El Sawy, 2005; Premkumar, 2000)

### **2.2.2 Αβεβαιότητα στην Αλυσίδα Εφοδιασμού**

Η χρήση της κατάλληλης τεχνολογίας πληροφοριών δεν βελτιώνει μόνο την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού, αλλά αυξάνει επίσης την ικανότητά της να αντιμετωπίζει την αβεβαιότητα. Η αβεβαιότητα είναι μία από τις κύριες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει η SCM (Hsu, 2005, Vilko, Ritala, & Edelmann, 2014). Ο Davis (1993) διακρίνει την αβεβαιότητα η οποία προέρχεται από την παραγωγή, την αβεβαιότητα της ζήτησης και την αβεβαιότητα της προσφοράς. Η αβεβαιότητα της παραγωγής αναφέρεται σε καταστροφές μηχανών, σφάλματα υπολογιστών και κακή σχεδίαση προϊόντων που μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα των προϊόντων και να προκαλέσουν διαταραχές στην παραγωγή. Η αβεβαιότητα ζήτησης σχετίζεται με μεταβολές στη ζήτηση που μπορεί να οδηγήσουν σε εξάντληση αποθεμάτων ή στην υπέρμετρη τήρηση αποθεμάτων. Η τελευταία συσχετίζεται επίσης με παραγγελίες που ενδέχεται να οδηγήσουν σε λανθασμένες προβλέψεις και αναποτελεσματικό προγραμματισμό παραγωγής. Ο Lee (2002) κάνει μια διάκριση μεταξύ των αγορών όπου η αβεβαιότητα της ζήτησης είναι υψηλή, π.χ. στις αγορές καινοτόμων προϊόντων ή στη βιομηχανία της μόδας, όπου η ζήτηση υπόκειται στις ιδιοτροπίες της μόδας και στις αγορές όπου η αβεβαιότητα της ζήτησης είναι χαμηλή, π.χ. βιομηχανίες βασικών προϊόντων ή κατανάλωσης υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Ο συγκεκριμένος ερευνητής εξετάζει επιπλέον την αβεβαιότητα εφοδιασμού, δηλ. την αδυναμία τροφοδοσίας της αλυσίδας εφοδιασμού εγκαίρως λόγω ελαττωματικού υλικού ή απροσδόκητων προβλημάτων κατά τη μεταφορά επί παραδείγματι και προβαίνει σε μια διάκριση μεταξύ διαδικασιών υψηλής αβεβαιότητας και σταθερών διεργασιών, π.χ. βασικών διαδικασιών παραγωγής και διαδικασιών υψηλής αβεβαιότητας, π.χ. παραγωγή που σχετίζεται με τον καιρό, όπως η γεωργία.

Πέρα από τις «καθημερινές» αβεβαιότητες της προσφοράς και της ζήτησης, οι επιχειρήσεις πρέπει να αντιμετωπίσουν τη λεγόμενη ανταγωνιστική αβεβαιότητα, η οποία αναφέρεται στις κινήσεις και τις στρατηγικές των ανταγωνιστών (Korapanaki, 2013). Στη συγκεκριμένη διάκριση της αβεβαιότητας πρέπει επίσης να αντιμετωπίσουν απροσδόκητα γεγονότα, όπως σεισμοί,

πολεμικές συρράξεις, αυξήσεις των τιμών, προβλήματα με τους εμπορικούς εταίρους (Blos, Wee, & Yang, 2012), ατυχήματα και ζημιές στην παραγωγή.

Η αβεβαιότητα της αγοράς και ο έντονος ανταγωνισμός επιδρούν καταλυτικά και περιπλέκουν το SCM κάνοντας την υλοποίηση των παραπάνω στόχων δύσκολη. Για να απλουστευθεί η πολυπλοκότητα της SCM και για να υποστηρίξει εταιρίες που ασχολούνται με αυτή, το Συμβούλιο Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCC) ανέπτυξε και εισήγαγε τη λειτουργία ενός μοντέλου αναφοράς εφοδιαστικής αλυσίδας (SCOR), ως εργαλείο στρατηγικού προγραμματισμού (Huan et al., 2004). Σύμφωνα με Abolghasemi et al. (2015), το SCOR είναι ένα τυποποιημένο μοντέλο για την αξιολόγηση της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας, το οποίο έχει κάποιο βαθμό αβεβαιότητας στις μετρήσεις του. Το μοντέλο SCOR παρέχει ένα πλαίσιο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρτογραφήσει και να βελτιώσει τις διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού. Επικεντρώνεται σε πέντε βασικές διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού, όπως αυτή του σχεδιασμού, τη διαδικασία επιλογής των πηγών προμήθειας υλών, τη διαδικασία της παραγωγής, της παράδοσης και της επιστροφής προϊόντων.

Αυτές οι βασικές διαδικασίες χωρίζονται περαιτέρω σε στοιχεία όπως δραστηριότητες και εργασίες. Επιπλέον, το SCOR προσδιορίζει πέντε βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης, τα οποία είναι: Αξιοπιστία, Ευαισθησία, Ευκινησία, Κόστος και Διαχείριση Περιουσιακών Στοιχείων. Άμεσα συνδεδεμένη με τα χαρακτηριστικά απόδοσης είναι οι μετρήσεις, οι οποίες παρέχουν υπολογισμούς για το επίπεδο των επιδόσεων. Μέσω αυτών των μετρήσεων, ένας οργανισμός μπορεί να μετρήσει και να καταλήξει στο εάν τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά επιδόσεων επιτυγχάνονται και αν επιτυγχάνεται η επιθυμητή τοποθέτηση στην αγορά του στην αγορά. Ενδεικτικές μετρήσεις των πέντε χαρακτηριστικών απόδοσης παρουσιάζονται στον πίνακα 2-1.

**Πίνακας 2-1 Τα βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας**

<b>Χαρακτηριστικά Απόδοσης</b>	<b>Ενδείκτες Μέτρησης Απόδοσης</b>
Αξιοπιστία (Reliability)	<p>Εκφράζεται μέσω του ποσοστού των παραγγελιών που ολοκληρώνονται πληρώνοντας αποδεκτά κριτήρια παράδοσης (Hwang et al. 2008).</p> <p>Τα κριτήρια παράδοσης αναφέρονται στη συνέπεια της παραγγελίας, στην πληρότητα και την ακρίβειά της όσον αφορά την παράδοση των αιτουμένων προϊόντων. (Abolghasemi et al. 2015)</p> <p>Το ποσοστό που αναφέρεται στην τέλεια παράδοση παραγγελιών εκφράζεται μέσω του αριθμού των παραγγελιών που παραδίδονται εγκαίρως και με ακρίβεια τόσο από άποψη είδους προϊόντων όσο και από ποσότητα αυτών σε σχέση με το σύνολο των παραγγελιών που εκτελούνται.</p>
Ευελιξία	<p>Εκφράζεται μέσω της ικανότητας προσαρμογής και διαχείρισης των αλλαγών της αγοράς, αποτελεσματική διαχείριση</p>



	προβλημάτων ελλείψεων, αλλαγών την προσφορά και τη ζήτηση. (Holmqvist & Pessi, 2006; Overby et al., 2006; Christopher, 2000).
Απόκριση	Εκφράζεται μέσω της έγκαιρης αντίδρασης σε προβλήματα επάρκειας, καθυστερήσεις, αλλαγές και ακυρώσεις στις παραγγελίες (Korapanaki 2008). Έγκαιρη διαχείριση ελαττωματικών προϊόντων, επιστροφές αυτών και ελλείψεων αποθεμάτων. (Korapanaki 2008).
Κόστος	Περιγράφεται από το σύνολο των άμεσων και έμμεσων εξόδων που σχετίζονται με τις διαδικασίες SCOR της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Hwang et al., 2008). Κόστη μεταφοράς, διαχείρισης αποθεμάτων και εργατικό κόστος είναι μερικά παραδείγματα. (Abolghasemi et al. 2015). Όπως επίσης και κόστη παραγγελίας, ακύρωσης και κόστη εγγυήσεων.
Διαθέσιμοι Πόροι (Ενεργητικό)	Εκφράζεται μέσω του κύκλου διαθεσίμων μετρητών και διάρκεια τήρησης αποθεμάτων. (Abolghasemi et al. 2015) Γενικότερα εκφράζει το Πάγιο Ενεργητικό της επιχείρησης.

Η αβεβαιότητα του επιχειρηματικού περιβάλλοντος και η έκθεση των αλυσίδων εφοδιασμού σε διαταραχές ή ανεπιθύμητα γεγονότα έχει αυξηθεί σημαντικά στις μέρες μας (Christopher & Lee, 2004). Καθώς οι διαταραχές της αλυσίδας εφοδιασμού μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη βραχυπρόθεσμη απόδοση μιας επιχείρησης (Tang, 2006), είναι απαραίτητη η αποτελεσματική διαχείριση ή αντιμετώπιση των πιθανών κινδύνων. Αυτός είναι ένας από τους κύριους λόγους που οδήγησαν στην ανάπτυξη της διαχείρισης κινδύνου της αλυσίδας εφοδιασμού (Tang & Musa, 2011). Σύμφωνα με τους Wieland και Wallenburg (2012), η διαχείριση κινδύνου στην αλυσίδα εφοδιασμού αφορά την εφαρμογή στρατηγικών με στόχο τη διαχείριση τόσο καθημερινών όσο και έκτακτων κινδύνων της αλυσίδας εφοδιασμού. Μια προσέγγιση διαχείρισης κινδύνων μπορεί να περιγραφεί ως μια κυκλική διαδικασία προσδιορισμού, αξιολόγησης, ελέγχου και παρακολούθησης κινδύνου (Tummala & Schoenherr, 2011) η οποία βασίζεται στη συνεχή αξιολόγηση κινδύνου με στόχο τη μείωση της ευπάθειας της αλυσίδας εφοδιασμού (Wieland & Wallenburg, 2012).

Σύμφωνα με τους Lahmar, Galasso, Chabchoub και Lamothe (2016), η έννοια της ευπάθειας της αλυσίδας εφοδιασμού οφείλεται σε γεγονότα που δημιουργούν αποκλίσεις από προσχεδιασμένους στόχους και έχει οριστεί από πολλούς συγγραφείς. Ένας από τους συνηθέστερα χρησιμοποιούμενους ορισμούς δίνεται από τον Svensson (2000) ο οποίος εξηγεί τον όρο, ως την ύπαρξη διαταραχών που οδηγούν σε αποκλίσεις από κανονικά, αναμενόμενα ή προγραμματισμένα προγράμματα ή δραστηριότητες, με αρνητικές επιπτώσεις ή συνέπειες. Το πρόβλημα της ευπάθειας, οφείλεται σε συνήθεις αλλαγές όσο και σε περισσότερο σπάνια γεγονότα ενώ υποδηλώνει έντονα την ανάγκη για ανθεκτικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού (Brandon-Jones et al., 2014, Pettit, Fiksel, & Croxton, 2010). Η ανθεκτικότητα είναι μια εξελισσόμενη έννοια και διαφέρει από την παραδοσιακή διαχείριση κινδύνου (Pettit et al., 2010), καθώς δεν επικεντρώνεται στην αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων, αλλά στην ικανότητα των οργανισμών ή των αλυσίδων εφοδιασμού να ανταποκρίνονται ή να απορροφούν αποκλίσεις και διαταραχές που οφείλονται σε παράγοντες του περιβάλλοντος. Η ανθεκτικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να οριστεί ως η ικανότητα της να επιστρέψει στις κανονικές λειτουργικές επιδόσεις, εντός αποδεκτής χρονικής περιόδου, αφού πρώτα έχει διαταραχθεί (Brandon-Jones et al., 2014, Christopher & Peck, 2004). Οι ανθεκτικές αλυσίδες εφοδιασμού παρουσιάζουν μια ικανότητα άμεσης διαχείρισης γεγονότων και είναι σε θέση να παρέχουν αποτελεσματική αντίδραση ενώ είναι συχνά σε θέση να ανακάμψουν στην αρχική τους κατάσταση ή ακόμα καλύτερα να υπερβούν το γεγονός ή τα γεγονότα που δημιούργησαν την απόκλιση (Ponomarev & Holcomb, 2009, σ. 124). Ως εκ τούτου, μια ανθεκτική αλυσίδα εφοδιασμού πρέπει να είναι σε θέση να χειρίζεται ένα μεγάλο αριθμό συμβάντων, τόσο αναμενόμενα όσο και απροσδόκητα. Σύμφωνα με τους Liu, Kumar και Van Der Aalst (2007), τα απροσδόκητα γεγονότα αποκαλούνται επίσης εξαιρέσεις, καθώς δεν αποτελούν μέρος του σχεδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παραδείγματα εξαιρέσεων είναι, ένα προϊόν να είναι εκτός αποθέματος, ελαττώματα στην παραγωγή, καθυστερήσεις στην αποστολή, ατυχήματα σε μεταφορικά μέσα και μέσα παραγωγής.

### **2.2.3 Διαχείριση Συμβάντων Αλυσίδας Εφοδιασμού (Supply Chain Event Management- SCEM)**

Λόγω της υφιστάμενης αβεβαιότητας της αγοράς και των απροσδόκητων περιβαλλοντικών παραγόντων, πλήθος γεγονότων προκύπτουν και τα οποία διαχειριστούν οι συμμετέχοντες στην αλυσίδα εφοδιασμού πρέπει να διαχειριστούν (Vlahakis et al, 2018). Τα γεγονότα αυτά ενδέχεται να διαταράξουν την κανονική ροή των διαδικασιών της αλυσίδας εφοδιασμού και να επηρεάσουν τις σχετικές υποδιεργασίες αυτής π.χ. προβλήματα μεταφοράς, καθυστερημένη παράδοση προϊόντος, υποβολή παραγγελιών, επαναποστολή ή ακύρωση. Η αυξημένη ανάγκη των αλυσίδων εφοδιασμού να ανταποκρίνονται δυναμικά και αποτελεσματικά σε γεγονότα (ιδίως σε γεγονότα που δημιουργούν αποκλίσεις) έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη του νέου κλάδου διαχείρισης της, του SCEM. Σκοπός του SCEM είναι να εισάγει ένα μηχανισμό ελέγχου για τη διαχείριση των γεγονότων, και ειδικότερα για τα γεγονότα που δημιουργούν αποκλίσεις από προσχεδιασμένες δράσεις ενεργώντας επί αυτών με δυναμικό τρόπο. Η διαφάνεια, η ανταλλαγή πληροφοριών και η προβολή της αλυσίδας εφοδιασμού αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την αποτελεσματική εφαρμογή του SCEM (Baader & Montanus, 2008 Dießner & Rosemann, 2008). Το SCEM περιλαμβάνει ερευνητικές προσπάθειες, μεθόδους και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική διαχείριση γεγονότων που λαμβάνουν χώρα στο σχεδιασμό, στη παραγωγή, στη διανομή και στην αναπλήρωση πρώτων υλών και προϊόντων σε όλη την έκταση της αλυσίδας εφοδιασμού (Gunasekaran και Ngai 2014,

Geng et al., 2014, Ijioui, Emmerich & Ceyr 2007, Knickle και Kemmeter, 2002). Ο στόχος του SCEM είναι να εισαγάγει πρακτικές και μηχανισμούς για την ανίχνευση γεγονότων, τη διαχείριση των γεγονότων, ειδικά στην περίπτωση γεγονότων που δημιουργούν παρεκκλίσεις από προσχεδιασμένες ενέργειες, και τη δυναμική αντίδραση σε αυτά (Vlahakis, Apostolou, Koranaki, 2018). Ως εκ τούτου, μια αποτελεσματική προσέγγιση του SCEM απαιτεί κυρίως ανταλλαγή πληροφοριών και την προβολή των απαραίτητων στοιχείων της αλυσίδας εφοδιασμού στο σύνολο των συμμετεχόντων σε αυτή (Dießner and Rosemann, 2008, Baader and Montanus, 2008).

Σύμφωνα με τον Otto (2003), το SCEM αναλύεται υπό τρεις συμπληρωματικές έννοιες: ως έννοια διαχείρισης, ως λύση λογισμικού και σαν συστατικό λογισμικού. Η έρευνά μας συνδυάζει αυτές τις οπτικές και αναπτύσσει εννοιολογικές προσεγγίσεις προτείνοντας πλαίσια λογισμικού για την υποστήριξη της επίγνωσης της κατάστασης, τη διαχείριση γεγονότων αποκλίσεων και διαχείρισης του κόστους, στο πλαίσιο της SCEM.

Για τη μελέτη του SCEM, η προσομοίωση χρησιμοποιείται από πολλούς ερευνητές ως εργαλείο αξιολόγησης και εξέτασης λύσεων στο πλαίσιο όχι μόνο του SCEM, αλλά και κάθε προδραστικής προσέγγισης. Οι Longo και Mirabelli (2008) περιγράφουν ένα ευέλικτο και παραμετρικό μοντέλο προσομοίωσης, ξεκινώντας από ένα πακέτο προσομοίωσης συμβάντων. Αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο λήψης αποφάσεων, καθώς επιτρέπει στους διαχειριστές της αλυσίδας εφοδιασμού να αναλύουν διαφορετικά σενάρια εφοδιαστικής αλυσίδας μεταβάλλοντας τις παραμέτρους εισόδου (π.χ. μέθοδοι απογραφής, χρόνοι παράδοσης, μέθοδοι πρόβλεψης και μεταβολές ζήτησης) και να παρακολουθούν τις επιπτώσεις αυτών των αλλαγών σε πολλαπλά μέτρα απόδοσης

Για την αντιμετώπιση της διαχείρισης ανεπιθύμητων γεγονότων, πολλοί ερευνητές προτείνουν λύσεις που βασίζονται σε agent-based προσεγγίσεις. Για την ανίχνευση και την πρόβλεψη των γεγονότων που προκαλούν αναταραχή κατά τη διάρκεια μιας εκτέλεσης διεργασιών, οι Fernández, Toledo, Galli, Salomone και Chiotti (2015) παρουσίασαν μια agent-based προσέγγιση για την εφαρμογή ενός υποσυστήματος παρακολούθησης της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας με αρχιτεκτονική Service Oriented. Αυτή η προσέγγιση αποτελεί μέρος μιας ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής προσανατολισμένης στις υπηρεσίες για τη συνεργατική διαχείριση των γεγονότων αποκλίσεων στην αλυσίδες εφοδιασμού. Το υπόψη σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους συμμετέχοντες στην αλυσίδας εφοδιασμού παρέχοντας υπηρεσίες παρακολούθησης με δύο βασικές λειτουργίες: τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την εκτέλεση της διαδικασίας εφοδιασμού, την επεξεργασία και την αξιολόγηση των δεδομένων που συλλέγονται για την ανίχνευση ή / και την πρόβλεψη των γεγονότων που προκαλούν αναταραχή. Οι Bearzotti, Saolomone και Chiotti (2012) παρουσίασαν μια συνεργατική κατανεμημένη προσέγγιση για το SCEM με στόχο την πραγματοποίηση αυτόνομων διορθωτικών ενεργειών ελέγχου, ελαχιστοποιώντας των αντίκτυπο των αποκλίσεων σε ένα υπό εκτέλεση σχέδιο. Οι αυτόνομες ενέργειες ελέγχου που προτείνονται ελαχιστοποιούν τις αποκλίσεις που οφείλονται σε γεγονότα, διανέμοντας τη επίδραση τους μεταξύ των μελών της αλυσίδας εφοδιασμού, χρησιμοποιώντας μία συνεργατική μέθοδο.

Μια διαφορετική προσέγγιση αφορά τη χρήση δικτύων Petri, όπως η εργασία που παρουσιάζεται από τον Liu (Liu et al. 2007). Η συγκεκριμένη πρόταση περιλαμβάνει τη

σχεδίαση επτά βασικών προτύπων για την αποτύπωση των βασικών σεναρίων που εμφανίζονται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Υποστηρίζεται ότι αυτά τα πρότυπα μπορούν να συνδυαστούν για τη δημιουργία νέων προτύπων αποτύπωση σεναρίων. Για να τεκμηριώσουν τις θέσεις τους, χρησιμοποιούν την προσομοίωση για την ανάλυση διαφορετικών σεναρίων και στρατηγικών βασιζόμενοι σε διάφορους δείκτες απόδοσης ή παραμέτρους εισόδου μια μέθοδο που εφαρμόζουν και οι Longo and Mirabelli 2008. Τέλος ένα κοινό χαρακτηριστικό που είναι σημαντικό σε όλα τα προαναφερθέντα έργα είναι ο καθορισμός του πλαισίου λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας (Hong et al. 2009).

Τέλος στο ερευνητικό πεδίο προδραστικής πληροφορικής και των συστημάτων έγκαιρης πληροφόρησης, υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις και μεθοδολογίες που δημιουργούν προδραστικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Οι Bousdekis et al (2016) προτείνουν το μοντέλο OODA (Observe-Orient-Decide-Act). Οι Fournier et al (2015) παρουσιάζουν μια Proactive Event Driven αρχιτεκτονική που βασίζεται σε γεγονότα, ικανή να χειρίζεται μεγάλες ποσότητες δεδομένων ώστε να αντιμετωπίσει την αβεβαιότητα σε μελλοντικά γεγονότα. Η υπόψη αρχιτεκτονική υποστηρίζει την επεξεργασία σύνθετων γεγονότων και λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Οι Genc et al (2014) παρουσιάζουν ένα σύστημα έγκαιρης ενημέρωσης για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και υποστηρίζει τον εντοπισμό κρίσιμων συμβάντων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Το προτεινόμενο μοντέλο βασίζεται στη συνεχή ανάλυση και προσομοίωση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, με στόχο τον εντοπισμό κρίσιμων γεγονότων και τη λήψη των αναγκαίων μέτρων, έγκαιρα και στον κατάλληλο χρόνο, ελαχιστοποιώντας τις πιθανές επιζήμιες επιπτώσεις των διαταραχών. Οι Bodendorf και Zimmermann (2005) χρησιμοποίησαν επίσης μια agent-based προσέγγιση, για την εφαρμογή ενός προδραστικού συστήματος SCEM. Οι υπόψη ερευνητές υποστηρίζουν ότι η συγκεκριμένη προδραστική εφαρμογή του SCEM μπορεί να μειώσουν σημαντικά το κόστος αντιμετώπισης προβλημάτων της αλυσίδας εφοδιασμού.

---

## 3 Ανάλυση Προσεγγίσεων Προδραστικών Συστημάτων

---

### 3.1 Προδραστική Υπολογιστική (Proactive Computing)

Η πληροφορική έχει εξελιχθεί σε μια επιστήμη η οποία συναντάται πλέον σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Οι υπολογιστές έχουν αφήσει τα στενά όρια των γραφείων και συναντώνται σε συσκευές καθημερινής χρήσης, όπως τηλέφωνα, συσκευές οικιακής χρήσης ακόμη και αυτοκίνητα. Τα παραπάνω παραδείγματα καθημερινών καταναλωτικών προϊόντων έχουν πλέον υπολογιστική ισχύς με δυνατότητες που πριν από μερικές δεκαετίες είχαν συστήματα Main-Frame σε μεγάλα ερευνητικά κέντρα. Η διάχυση αυτή της υπολογιστικής ισχύς αποτέλεσε το ένας σημαντικός παράγοντας για την εξάπλωση και του Proactive Computing.

Όμως η διάχυση της υπολογιστικής ισχύος από μόνη της δεν είναι αρκετή για την εξάπλωση και του proactive computing. Οι υπολογιστές προκειμένου να λειτουργούν προδραστικά (proactive) πρέπει αρχικά να κατανοούν το περιβάλλον λειτουργίας τους. Για να γίνει κάτι τέτοιο εφικτό απαιτείται μια δομημένη αναπαράσταση του περιβάλλοντος (περιγραφή περιεχομένου) να ενσωματωθεί στη λειτουργία των υπολογιστικών συστημάτων ενώ παράλληλα αναγκαίοι μια διεπαφή μέσω αισθητήρων ικανή να συλλέγει και να επεξεργάζεται πληροφορίες περιεχομένου προερχόμενες από το περιβάλλον τροφοδοτώντας και ενημερώνοντας το σύστημα.

Οι εφαρμογές περιεχομένου (Context Aware Applications) σύμφωνα με τους Sven Meyer, Andy Rakotonirainy 2003 ,Opher Etzion et al. 2010, και Antoine Beugnard et al 2009, είναι ένας εξελισσόμενος ερευνητικός τομέας στο οποίο οι εφαρμογές συλλέγουν, προσαρμόζουν και χρησιμοποιούν πληροφορίες περιεχομένου βελτιώνοντας την εμπειρία του χρήστη και τη χρησιμότητα τους. Τέτοιου είδους εφαρμογές προσφέρουν νέες δυνατότητες και φέρνουν την επιστήμη της πληροφορικής περισσότερο κοντά στον άνθρωπο. Η εξάπλωση όμως της πληροφορικής δεν πραγματοποιείται χωρίς προβλήματα. Ο μεγάλος αριθμός συσκευών με δυνατότητας μικροεπεξεργαστών δημιουργεί προβλήματα στη διαχείριση και στη συνύπαρξη τους με τον άνθρωπο. Ο τελευταίος πρέπει να αλληλοεπιδρά με πολλές υπολογιστικές συσκευές και ιδίως για τους ηλικιωμένους είναι εξαιρετικά δύσκολο. Στα πλαίσια εξέτασης και ανεύρεσης τρόπων επίλυσης του προβλήματος αυτού ο Paul Horn διευθύνων σύμβουλος της

IBM στο τομέα της έρευνας σε μια ομιλία του το 2001 στο πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ πρότεινε την ιδέα της αυτόνομης υπολογιστικής (autonomous computing) ως λύση στο πρόβλημα της αυξημένης πολυπλοκότητας και της διαχείρισης υπολογιστικών συστημάτων (Jeffrey O.Kerhart, 2011).

Το Autonomous Computing έχει εμπνευστεί από τη συμπεριφορά που εκδηλώνουν συγκεκριμένα βιολογικά συστήματα όπως το πεπτικό και το νευρικό σύστημα. Τα χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων είναι η αυτό-παρακολούθηση, η αυτό-θεραπεία, η αυτό-ρύθμιση, η αυτό-διαχείριση και η αυτό-προστασία. Στην καθημερινότητα μας και υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν ενδιαφερόμαστε για τη διαδικασία της πέψης, γιατί ο οργανισμός μας έχει έναν μηχανισμό για αυτό τη λειτουργία του σώματος μας. Κατά αντίστοιχο τρόπο κατ' αναλογία το Autonomous Computing ευαγγελίζεται ότι ο άνθρωπος δε θα ενδιαφέρεται για την εκτέλεση λειτουργιών από υπολογιστικά συστήματα αφού αυτές θα πραγματοποιούνται με έναν αυτόνομο και ανεξάρτητο τρόπο από τα ίδια τα συστήματα.

Αν και το Autonomous Computing είναι ένα παράδειγμα αντιμετώπισης του προβλήματος της διαχείρισης της πολυπλοκότητας η οποία οφείλεται στη διάχυση της πληροφορικής (Want R et al., 2003), και πολλοί ακαδημαϊκοί και επαγγελματίες του χώρου το έχουν ενστερνιστεί, ερευνητές έχουν προτείνουν το Proactive Computing ως μια περισσότερο ολοκληρωμένη ιδέα εξέλιξης της πληροφορικής από το Autonomous Computing. Η βασική ιδέα του Proactive Computing βασίζεται στο γεγονός ότι ένα υπολογιστικό σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να αντιλαμβάνεται και να διαχειρίζεται το περιβάλλον λειτουργίας του ανθρώπου αποτελώντας ένα μέρος του, να αναμένει τις ανάγκες του ανθρώπου και να είναι σε θέση να αναλάβει τον έλεγχο μιας κατάστασης όταν ο άνθρωπος δεν είναι σε θέση να το κάνει είτε λόγω σύγχυσης είτε λόγω γενικότερης αδυναμίας. Είναι μια ιδιαίτερη προσέγγιση στην υπολογιστική ευφυΐα (Artificial Intelligence) και περιγράφει την ικανότητα ενός συστήματος να δρα αυτόνομα χωρίς ο χρήστης να λαμβάνει μέρος στη λειτουργική διαδικασία.

Παρόλο που και το Autonomous Computing και το Proactive Computing προσπαθούν να χειριστούν τη σχέση μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, προσεγγίζουν το πρόβλημα με ένα συμπληρωματικό παρά ανταγωνιστικό τρόπο. Το Autonomous Computing αναμένει τις ενέργειες του χρήστη για να εκτελέσει μια ενέργεια για το σύστημα (πχ ο άνθρωπος πρέπει να τραφεί για να λειτουργήσει το πεπτικό του σύστημα), ενώ το Proactive Computing αναμένει και προβλέπει τις ανάγκες του χρήστη ενεργώντας κατάλληλα και έγκαιρα. Το Proactive Computing επιπρόσθετα επιχειρεί να κατανοήσει το περιβάλλον του χρήστη και να αποτελέσει ένα μέρος αυτού. Αυτό είναι και βασικός ο λόγος για τον οποίο το Proactive Computing είναι περισσότερο ανθρωποκεντρικό από το autonomous computing. Συνεπώς και οι δύο τεχνολογίες είναι χρήσιμες και αποτελούν μέρος της διάχυσης της πληροφορικής εκμεταλλευόμενες τη χρήση δεδομένων περιεχομένου προς όφελος του χρήστη.

### **3.2 Αρχές Προδραστικής Υπολογιστικής**

Ο David Tennenhouse (Tennenhouse, 2000) παρουσίασε το proactive computing ως ένα νέο τύπο σχεδίασης υπολογιστικών συστημάτων, στον οποίο ο ανθρώπινος παράγοντας δε θα είχε ρόλο στη δομή, αλλά ρόλο παρατηρητή. Το Proactive Computing προέκυψε ως αποτέλεσμα του

όλο και αυξανόμενου αριθμού των δικτύων ενσωματωμένων επεξεργαστών σε ένα μεγάλο αριθμό σύγχρονων συσκευών και της αδυναμίας του ανθρώπου να παρακολουθεί και να αλληλοεπιδρά συγχρόνως, ένα τόσο μεγάλο αριθμό συσκευών. Στην παρουσία του Proactive Computing ο Tennenhause πρότεινε τρεις βασικές αρχές στην προσπάθεια του να διαχωρίσει το Proactive Computing αυτό από άλλες αρχιτεκτονικές και να του προσδώσει την αναγκαία λειτουργικότητα για να πετύχει το σκοπό του :

### **3.2.1 Αρχή: «Get Physical»**

Η πρώτη αρχή που αφορά τα proactive συστήματα, βασίζεται στην ικανότητα του συστήματος να κατανοεί το περιβάλλον λειτουργίας του. Για την επίτευξη αυτής της αρχής, ένα proactive σύστημα πρέπει να είναι στενά συνδεδεμένο με το περιβάλλον γύρω του είτε με τη χρήση αισθητήρων είτε με κάποιας μορφής συσκευών διεπαφής ώστε να είναι σε θέση να παρακολουθεί και να κατανοεί παράλληλα το περιβάλλον λειτουργίας του. Η βασική πρόκληση σε αυτή την αρχή είναι η περιγραφή του εξωτερικού περιβάλλοντος με ένα τρόπο ο οποίος να είναι κατανοητός για έναν μικρό-επεξεργαστή. Η πρόκληση αυτή αναδείχθηκε ως βασικός ερευνητικός τομέας με ένα πλήθος αποτελεσμάτων όπως μικρό-ηλεκτρομηχανικά συστήματα , RFID συστήματα , τεχνικές παρακολούθησης περιεχομένου και επίγνωσης της κατάστασης (context aware and situation aware technique). Ο κοινός γνώμονας όλων των τεχνικών και συσκευών που προαναφέρθηκαν είναι να μεταφράσουν μηνύματα του περιβάλλοντος σε πληροφορία κατάλληλης μορφής ώστε να μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμη από ένα επεξεργαστή.

### **3.2.2 Αρχή: «Get Real»**

Η δεύτερη αρχή συνίσταται στην ικανότητα που πρέπει να παρουσιάζει ένα proactive σύστημα να αντιλαμβάνεται τις ανάγκες του χρήστη πριν αυτές εμφανιστούν. Ένα proactive σύστημα πρέπει να προσφέρει αποτελέσματα και λύσεις στο χρήστη πριν από την παρουσίαση των συνθηκών που θα τις κάνουν απαιτητές. Σημαντική παράμετρος στην υπόψη αρχή είναι ο ανθρώπινος χρόνος αντίδρασης ο οποίος είναι περιορισμένος. Ένα βασικό χαρακτηριστικό των διαδραστικών συστημάτων σε σχέση με τα προδραστικά συστήματα είναι ότι, ο χρόνος απόκρισης είναι εξαρτώμενος από τον ανθρώπινο χρόνο αντίδρασης. Αντίθετα ένα προδραστικό σύστημα ο ανάλογος χρόνος απόκρισης πρέπει να είναι ταχύτερος και πρέπει να λειτουργεί σε χρόνους στους οποίους ο άνθρωπος δεν μπορεί να αποκριθεί. Λύσεις που έχουν προταθεί στο θέμα αυτό, προτείνουν την εκτέλεση προσομοιώσεων και τεχνικές σύγχρονων δοκιμών (online testing) οι οποίες λειτουργούν σε παράλληλα πανομοιότυπα συστήματα μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου ταχύτερα. Επίσης αλγόριθμοι πρόβλεψης, στατιστικοί και ευρετικοί, καθώς και η χρήση υπολογιστικών συστημάτων με μεγάλες δυνατότητες χρησιμοποιούνται στην προσπάθεια να υποστηριχθεί η απαίτηση της ταχείας απόκρισης των προδραστικών συστημάτων. Η βασική πρόκληση σε όλες τις τεχνικές που προαναφέρθηκαν εντοπίζεται στην τροφοδότηση του συστήματος με κατάλληλα δεδομένα ώστε επιτύχει την απαραίτητη επίγνωση περιβάλλοντος μέσω αισθητήρων και μηχανικών συσκευών ελέγχου και στο ενδεχόμενο να δημιουργηθεί καθυστέρηση σε όλο το σύστημα από τη μετάδοση αυτή των πληροφοριών. Ένα άλλο μειονέκτημα σε ένα προδραστικό σύστημα είναι η ενδεχόμενη απώλεια δεδομένων μέσω δικτύου. Για την αποφυγή αυτών των προκλήσεων, η σχεδίαση των

προδραστικών συστημάτων πρέπει να είναι κατάλληλη ώστε να αντιπαρέρχεται τέτοιου είδους προβλήματα.

### **3.2.3 Αρχή: «Get Out»**

Η τελευταία αρχή υποστηρίζει την απεξάρτηση των προδραστικών συστημάτων από τον ανθρώπινο παράγοντα. Ενώ τα διαδραστικά συστήματα βρίσκονται σε μια στενή σχέση με το χρήστη τα προδραστικά συστήματα δε έχουν και δεν πρέπει να έχουν τέτοια σχέση. Ένα proactive σύστημα πρέπει να λειτουργεί ανεξάρτητα, με τον άνθρωπο να μη λαμβάνει ενεργό μέρος στη λειτουργία του, προβλέποντας τις ανάγκες του και αντιδρώντας ταχύτατα για την κάλυψη αυτών. Τελικά αυτό που επιδιώκεται με αυτήν την αρχή είναι η απομάκρυνση του χρήστη από το κύκλο λειτουργίας του συστήματος ως ενεργό μέρος του και η τοποθέτησή του στην έξοδο ως αποδέκτη των αποτελεσμάτων. Σχετικές έρευνες σε συστήματα agent-based και του Autonomous Computing προτείνουν την πλήρη αφαίρεση του ανθρώπου από τον κύκλο λειτουργίας.

## **3.3 Χαρακτηριστικά Προδραστικών Εφαρμογών**

Αποτέλεσμα των βασικών αρχών του proactive computing, όπως αυτές ορίστηκαν από τον Tannenhouse είναι να προκύψουν χαρακτηριστικά που πρέπει να παρουσιάζουν οι προδραστικές εφαρμογές ως απόρροια των αρχών. Ενώ οι προδραστικές εφαρμογές πρέπει να ακολουθούν τις αρχές που παρουσιάστηκαν στις παραπάνω παραγράφους πρέπει επιπλέον να παρουσιάζουν χαρακτηριστικά τα οποία θα τους επιτρέπουν να αντιπαρέρχονται πιθανά προβλήματα εμφανίζοντας ικανότητες όπως μάθησης, σύνθεσης περίπλοκων μελλοντικών σεναρίων πιθανής εξέλιξης καταστάσεων και συνδυασμού στοιχείων περιεχομένου. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται και περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να παρουσιάζουν οι προδραστικές εφαρμογές.

### **3.3.1 Διαφάνεια (Transparency)**

Το χαρακτηριστικό της διαφάνειας αναφέρεται στην ικανότητα που πρέπει να έχουν οι υπόψη εφαρμογές ώστε να είναι προδραστικές με έναν τρόπο ο οποίος να τους επιτρέπει να λειτουργούν στο παρασκήνιο χωρίς να γίνονται αντιληπτές από το χρήστη. Όπως αναφέρουν οι Cheverst, Keith & Eon Byun (2005) σημαντική παράμετρος που χαρακτηρίζει τη διαφάνεια των proactive συστημάτων είναι το γεγονός ότι τα συστήματα αυτά πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να εξατομικεύουν τη λειτουργία τους λαμβάνοντας υπόψη της ανάγκες και τις συνήθειες του χρήστη με ένα τρόπο ο οποίος δε θα γίνεται αντιληπτός. Ένα παράδειγμα του χαρακτηριστικού αυτού συναντάται όταν μια εφαρμογή ζητά από το χρήστη να καταχωρίσει προσωπικές πληροφορίες με σκοπό να δημιουργήσει ένα σχετικό προφίλ ή ζητά να επιβεβαιώσει προτεινόμενες από το σύστημα ενέργειες οι οποίες θα εμποδίσουν πιθανόν κίνδυνο ή θα βελτιώσουν την παρεχόμενη υπηρεσία. Στις περιπτώσεις αυτές οι εφαρμογές δε λειτουργούν με ένα διαφανή τρόπο αν και ενεργούν προδραστικά. Αντίθετα αν η εφαρμογή προέβαινε στη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών στο παρασκήνιο για τη δημιουργία του απαραίτητου μοτίβου ή προφίλ χρήστη, το χαρακτηριστικό της διαφάνειας θα ήταν σε εφαρμογή. Στην τελευταία περίπτωση μάλιστα τα αποτελέσματα μπορεί να είναι καλύτερα στη δημιουργία μοτίβων ή προφίλ λειτουργίας και ενημερώσεων όντας πολύ πιο έγκυρα



προσφέροντας ακεραιότητα και αυθεντικότητα δεδομένης και της ανειλικρίνειας που πολλές φορές χαρακτηρίζει το χρήστη όταν πρόκειται να καταχωρίσει προσωπικές πληροφορίες ή προτιμήσεις του σε μια εφαρμογή.

### 3.3.2 Αναγνώριση Καταστάσεων (Situation Detection)

Μια προδραστική εφαρμογή θα πρέπει να ανιχνεύει πιθανά προβλήματα πριν από τη δημιουργία τους. Η αναγνώριση καταστάσεων επιτυγχάνεται προβλέποντας αλλαγές στο περιβάλλον του χρήστη και ενσωματώνοντας αυτές στη λειτουργία της εφαρμογής βελτιώνοντας τη απόδοσή της. Η προβολή της κατάστασης λειτουργίας της εφαρμογής στο μέλλον μετά από μια ανάλυση των δεδομένων που συμβαίνουν σε πραγματικό χρόνο σε συνδυασμό με γεγονότα του παρελθόντος επιτρέπει την επιτυγχάνει την προδραστική λειτουργία σε μια εφαρμογή. Η προδραστική ανίχνευση καταστάσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλές τεχνικές όπως την παρακολούθηση (Monitoring) και Online Testing, Probabilistic Ontology (Machado, A et al 2017), Event Based προσεγγίσεις και ανίχνευση προτύπων (Pattern Detection).

### 3.3.3 Απόκριση (Responsiveness)

Με το όρο responsiveness περιγράφεται ο χρόνος από τη στιγμή που μια λειτουργία θα κληθεί προς επεξεργασία ως την πλήρη ολοκλήρωση της όπως ορίζουν στην εργασία τους οι Hariri, Salim & Kim, Yoonhee. (2000) .Οι Li, Y & R. Kramer, M & Beulens, Adrie & Van der Vorst, Jack. (2010), αναφορικά με αυτό το χαρακτηριστικό παρουσιάζουν συστήματα ικανά να ανιχνεύουν όσο το δυνατό νωρίτερα αποκλίσεις με την μέτρηση συγκεκριμένων παραμέτρων και προτείνουν λύσεις για την πρόληψη τους ή την μείωση των επιπτώσεων τους. Στην περίπτωση των προδραστικών εφαρμογών, η όποια ενέργεια για την αντιμετώπιση οποιασδήποτε κατάστασης θα πρέπει να πραγματοποιείται ταχύτερα από την αντίστοιχη ικανότητα αντίδρασης του ανθρώπου. Αυτό προϋποθέτει ότι η απόκρισή στις ανάγκες του χρήστη θα πρέπει να γίνεται πριν από τη λήψη της οποιαδήποτε ενέργειας από τον ίδιο ως αντίδραση. Το να αποκοπεί ο άνθρωπος από τη διαδικασία λειτουργίας μιας εφαρμογής αποτελεί μια σημαντική παράμετρος εφαρμογής του υπόψη χαρακτηριστικού δεδομένου ότι οι ανθρώπινοι χρόνοι απόκρισης είναι μια σημαντική πηγή καθυστέρησης για ένα προδραστικό σύστημα. Υποθέτοντας λοιπόν ότι σε χρόνο  $t$  έχουμε την εμφάνιση ενός γεγονότος που πιθανόν θα επηρεάσει το χρήστη, ο χρόνος απόκρισης ενός proactive συστήματος θα πρέπει να είναι  $t-dt$ , πριν από την εμφάνιση του γεγονότος. Το χρονικό διάστημα  $dt$  ποσοτικοποιεί την έννοια του χαρακτηριστικού του Responsiveness αποτελώντας καθοριστικό του στοιχείο, προσδιορίζοντας παράλληλα και το χρόνο πρόδρασης του συστήματος. Συστήματα που λειτουργούν παράλληλα με διαφορές χιλιοστού του δευτερολέπτου νωρίτερα ή με τη χρήση αλγορίθμων πρόβλεψης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράδειγμα αυτού του χαρακτηριστικού.

### 3.3.4 Υποστήριξη Λήψης Αποφάσεων (Decision Support)

Οι Proactive εφαρμογές θα πρέπει να προσαρμόζονται στις αλλαγές περιεχομένου του χρήστη και να παράγουν τις κατάλληλες ενέργειες για τη βελτίωση της εμπειρίας χρήσης τους. Η εξάπλωση της υπολογιστικής ευφυΐας με χρήση αισθητήρων, οι έξυπνες συσκευές και τα σημεία σύνδεσης ασύρματου δικτύου (Wi-Fi Spots) έχουν συνεισφέρει στη δημιουργία

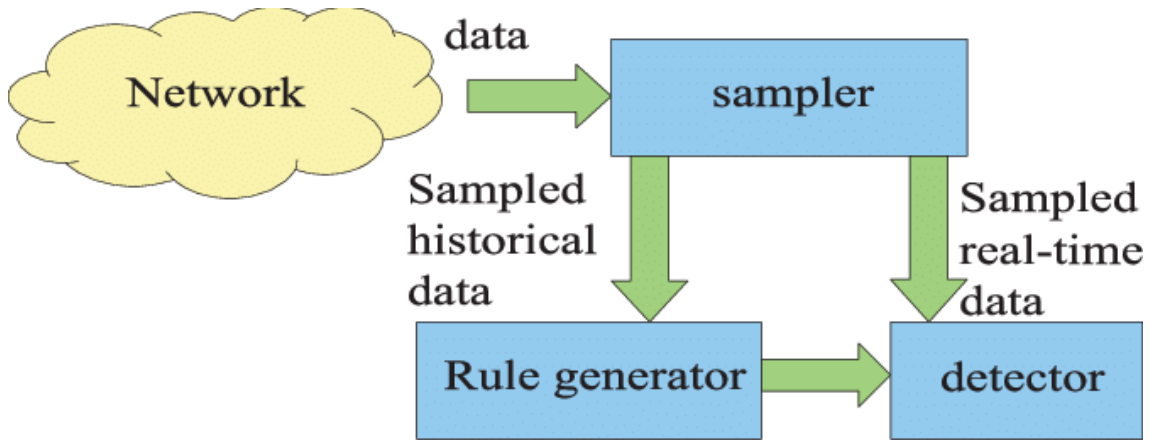
συστημάτων τα οποία δε λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους αλλά αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους.

Οι πληροφορίες περιεχομένου καθιστούν ένα σύστημα ικανό να μπορεί να αντιληφθεί το περιβάλλον και το πλαίσιο λειτουργίας του (Context Aware) λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή της καλύτερης δράσης σε ένα παρουσιαζόμενο πρόβλημα. Η επιλογή της κατάλληλης δράσης μπορεί να προέρχεται από μια συλλογή ήδη υπαρκτών λύσεων ή από το συνδυασμό και τη σύνθεση λιγότερο σύνθετων λύσεων σε μια ολοκληρωμένη δράση. Όπως αναφέρουν οι Mishra, Manisha & Sidoti, David & Anvari, Gopi Vinod. (2017), “η ανάπτυξη υποστήριξης αποφάσεων σε τέτοια πολύπλοκα περιβάλλοντα απαιτεί αυτοματοποιημένη επεξεργασία, ερμηνεία και ανάπτυξη προληπτικών αποφάσεων χρησιμοποιώντας μεγάλους όγκους δομημένων, αδόμητων και ημιδομημένων δεδομένων, μειώνοντας παράλληλα τον απαραίτητο χρόνο για να ληφθεί μια απόφαση”. Η διαδικασία λήψης απόφασης (decision making) εστιάζει στην εφαρμογή νέων ή ήδη γνωστών λύσεων, βασισμένων σε κριτήρια όπως ή ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας, η βελτιστοποίηση της εμπειρίας για το χρήστη και πληροφορίες περιεχομένου, ώστε η προτεινόμενη λύση να είναι κάθε φορά η κατάλληλη. Επιπρόσθετα η διαδικασία λήψης αποφάσεων ενισχύεται από πολιτικές επιλογής οι οποίες εξαρτώνται από προκαθορισμένους δείκτες απόδοσης (KPI’s) διαφορετικούς για κάθε εφαρμογή.

### 3.3.5 Μάθηση (Learning)

Η ικανότητα μάθησης αναφέρεται στη δυνατότητα των εφαρμογών να προσαρμόζουν τη λειτουργία τους, αποκτώντας γνώση από εξωτερικά ερεθίσματα. Οι Donmez, Pinar & Carbonell, Jaime. (2008) ορίζουν ως προδραστική μάθηση μια γενίκευση της ενεργούς μάθησης, η οποία έχει σχεδιαστεί για να τροποποιεί μη ρεαλιστικές υποθέσεις φτάνοντας σε πρακτικές εφαρμογές. Η γνώση των επιλογών των χρηστών είναι επίσης πολύ σημαντική πηγή πληροφόρησης για την εκπαίδευση των συστημάτων ώστε να είναι ικανά να κάνουν μελλοντικές προτάσεις που θα μπορούν να βελτιώσουν την προσφερόμενη ποιότητα των υπηρεσιών τους προσφέροντας μια προσωποποιημένη λειτουργία. Η μοντελοποίηση του χρήστη και χρήση μοτίβων συμπεριφοράς μπορούν να χρησιμοποιηθούν από proactive συστήματα που σκοπό έχουν να λειτουργήσουν με βάση τις ανάγκες των χρηστών. Η μάθηση μπορεί να είναι εποπτευόμενη, προτρέποντας το χρήστη να εισάγει κάποιο είδος προσωπικής πληροφόρησης ή άλλο είδος πληροφορίας περιεχομένου, ή μη εποπτευόμενη επιτρέποντας στο σύστημα να παρατηρεί τις προτιμήσεις του χρήστη ή το περιβάλλον λειτουργίας και να δημιουργεί ένα σχετικό μοντέλο χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Το σχήμα 3-1<sup>5</sup> παρουσιάζει την πρόταση των Mas Machuca, Carmen & Thiran, Patrick. (2001) για proactive learning στην οποία χρησιμοποιούνται ιστορικά δεδομένα και δεδομένα πραγματικού χρόνου για την επίτευξη του αποτελέσματος.

<sup>5</sup> A review on Fault Location Methods and their application to optical networks - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: [https://www.researchgate.net/figure/Proactive-Learning-System-Approach\\_fig3\\_37402345](https://www.researchgate.net/figure/Proactive-Learning-System-Approach_fig3_37402345) [accessed 5 Feb, 2019]



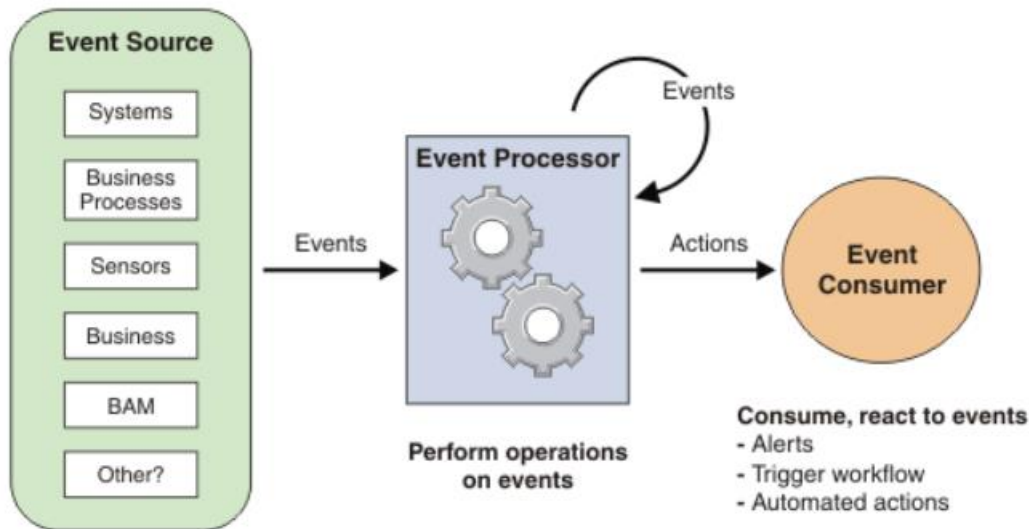
Σχήμα 3-1. Προσέγγιση Προδραστικής Μάθησης

### 3.3.6 Επίγνωση Γεγονότων (Event Aware)

Το proactive computing θα πρέπει να είναι ευέλικτο και αρκετά προσαρμόσιμο σε αλλαγές του περιβάλλοντος όπως αυτές συμβαίνουν μέσω της εκδήλωσης γεγονότων. Η προσαρμογή στα παρουσιαζόμενα γεγονότα και η ευελιξία στη διαχείρισή τους προϋποθέτει επεξεργασία γεγονότων (Event Processing). Το Event Processing είναι αρχιτεκτονική διαχείρισης γεγονότων για συστήματα σύγχρονης αίτησης-απόκρισης. Η λειτουργία τους στηρίζεται σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ τριών συστατικών στοιχείων, της πηγής (Event Source) ,του επεξεργαστή γεγονότων (Event Processor) και του τελικού αποδέκτη των γεγονότων (Event Consumer<sup>6</sup> (σχήμα 3-2). Η προδραστική επεξεργασία γεγονότων κατά τους Feldmann, Zohar & Fournier, Fabiana & Franklin, John & Metzger, Andreas. (2013) αποτελεί την επόμενη φάση στην εξέλιξη της σύνθετης επεξεργασίας γεγονότων. Η προδραστική επεξεργασία συμβάντων καθιστά δυνατή την πρόβλεψη πιθανών ζητημάτων κατά την εκτέλεση διαδικασιών επιτρέποντας την προληπτική διαχείριση μιας διαδικασίας.

Ενώ συνδυασμός του Event Processing και του Proactive Computing , το λεγόμενο Proactive Event Driven Computing μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα ενός συστήματος να ανταποκρίνεται σε αλλαγές του περιβάλλοντος λειτουργίας επιτρέποντας την επεξεργασία μεγάλου αριθμού απλών γεγονότων συνθέτοντας πολύπλοκα σενάρια και ελαχιστοποιώντας ή εξαλείφοντας παρουσιαζόμενες μη επιθυμητές καταστάσεις.

<sup>6</sup>[https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSGMCP\\_4.2.0/com.ibm.cics.ts.eventprocessing.doc/concepts/dfhep\\_definition.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSGMCP_4.2.0/com.ibm.cics.ts.eventprocessing.doc/concepts/dfhep_definition.html)



Σχήμα 3-2 Παράδειγμα Επεξεργασίας Γεγονότων

### 3.3.7 Παρουσίαση Ερευνητικών Εργασιών σε Σχέση με τα Χαρακτηριστικά Proactive Εφαρμογών.

Ο πίνακας που ακολουθεί (πίνακας 3-1) παρουσιάζει ερευνητικές εργασίες από το χώρο του proactive service based computing, οι οποίες εμφανίζουν είτε το σύνολο των παραπάνω χαρακτηριστικών είτε μέρος αυτών, καθώς επίσης παρουσιάζει και τον τρόπο με τον οποίο κάθε χαρακτηριστικό υλοποιείται.

Πίνακας 3-1. Ερευνητικές Εργασίες στο Proactive Computing

Papers	Characteristics					
	Transparency	Situation Detection	Responsiveness	Decision Making	Learning	Event Aware
Andreas Metzger et al	Δεν εφαρμόζεται (n/a)	Χρησιμοποίηση τεχνικών στατιστικής για την εκτέλεση δοκιμών	Η εργασία βασίζεται σε ένα παράλληλο σύστημα.	Η απόφαση για την αντικατάσταση υπηρεσιών λαμβάνεται με την μέτρηση της εμπιστοσύνης.	n/a	n/a
Julia Hielscher et al	n/a	Χρήση σύγχρονων δοκιμών	Η εργασία βασίζεται σε ένα παράλληλο σύστημα.	Η απόφαση για την προσαρμογή της υπηρεσίας βασίζεται σε αποκλίσεις στη σύνθεση ή στο περιεχόμενο υπηρεσιών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μελλοντικές	n/a	n/a

				αποτυχίες, στην εκτέλεση της εφαρμογής κ.λπ..		
Jongyi Hong et al	n/a	Σύστημα που στηρίζεται σε πράκτορες (agent-based system)	Χρησιμοποιείται ένα δέντρο αποφάσεων για τη μείωση του πραγματικού χρόνου απόφασης.	Αλγόριθμος δέντρου αποφάσεων σε συνδυασμό με κανόνες συσχέτισης.	Δημιουργία ενός προφίλ χρήστη με βάσει τις προτιμήσεις του.	n/a
Su Te Lei et al	n/a	Σύστημα επίγνωσης περιεχομένου που χρησιμοποιεί και αναλύει τις απαντήσεις των χρηστών. Χρησιμοποιείται Interval Algebra για τη μοντελοποίηση καταστάσεων.	Το σύστημα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο για την επίγνωση καταστάσεων και την προβολή τους στο εγγύς μέλλον.	Οι καταστάσεις βαθμολογούνται κατάλληλα και το σύστημα προσαρμόζει ανάλογα τη λειτουργία του.	Τεχνικές ενισχυτικής μάθησης χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των αντιλήψεων των χρηστών.	n/a
Dragan Ivanovic-Manuel Carro et al	Η προσέγγιση δεν ασχολείται με το χρήστη, αλλά με τις προσαρμογές QoS στην υπηρεσία.	Παρακολούθηση και προσομοιώσεις μέσω ενημέρωσης δεδομένων	Το σύστημα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. The system runs in real time.	Η απόφαση βασίζεται σε υπολογιζόμενη ανάλυση κόστους.	n/a	n/a
Li Zhang, Guozheng Rao	Το σύστημα αναφέρεται στη βελτίωση εφαρμογών που βασίζονται σε υπηρεσίες.	Παρακολούθηση υπηρεσιών	Ένας υποσύστημα UDDI στη πλευρά του χρήστη λειτουργεί ως ενδιάμεσος σε αιτήσεις υπηρεσιών.	Υποσύστημα UDDI και OWL ταύτιση.	n/a	n/a
Sourish Dasgupta et al	Το σύστημα δεν αλληλοεπιδρά με το χρήστη.	Σύστημα που στηρίζεται σε πράκτορες (agent-based system)	Το σύστημα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο.	Ένα μη καθορισμένο δίκτυο υπηρεσιών που βελτιώνει την ανακάλυψη, την	n/a	Οι ενεργείες του χρήστη και οι υπηρεσίες αντιμετωπίζονται

				επιλογή και τη σύνθεση των υπηρεσιών. Αυτό το δίκτυο ενσωματώνει τις λειτουργικές και πληροφορίες περιεχομένου χρησιμοποιώντας διανύσματα συμβάντων (τόσο για τις υπηρεσίες όσο και για συμβάντα χρηστών) εκτελώντας έναν υπολογισμό αιτιότητας και καταλληλότητας μεταξύ αυτών.		ζονται ως γεγονότα.
Maher Heni, Ridha Bouallegue	Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό για την ανακάλυψη υπηρεσιών σε δίκτυα ad hoc.	Περιοδική ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ κόμβων έτσι ώστε να διατηρούνται πρωτόκολλα δρομολόγησης.	Είναι ένα σύστημα που εκτελείται σύγχρονα .	Υπολογισμός δρομολόγησης βάσει διαγραμμάτων δικτύου.	n/a	n/a
Yagil Engel Opher Etzion	Ο χρήστης δεν γνωρίζει τις λειτουργίες του συστήματος.	Χρήση τεχνικών πρόγνωσης (πρόβλεψη μέσω χρήσης Bayesian Agents)	Είναι ένα λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου που στηρίζεται σε μοντέλα πρόγνωσης.	Χρήση Μαρκοβιανών διαδικασιών λήψης απόφασης.	Χρήση προγνωστικών μοντέλων με εποπτευόμενης μάθησης. (Bayesian δίκτυα και ταξινομητές μάθησης.) Αναγνώριση προτύπων μέσω αλγορίθμων datamining.	Σύστημα βασισμένο σε agent-based αρχιτεκτονική στηριζόμενης στη διαχείριση γεγονότων.

### 3.4 Επίπεδα Προδραστικότητας

Έχοντας ορίσει τα βασικά χαρακτηριστικά των proactive εφαρμογών, η ανάλυση μας συνεχίζεται με τον ορισμό και την περιγραφή τεσσάρων επιπέδων προδραστικότητας βασιζόμενοι κυρίως στο τί μπορούν να κάνουν τα συστήματα για να γίνουν προδραστικά και πως η προδραστικότητα επιτυγχάνεται. Η βασική ιδέα πίσω από αυτή τη κατηγοριοποίηση

εντοπίζεται στο γεγονός ότι όλες οι proactive εφαρμογές δεν παρουσιάζουν τον ίδιο βαθμό προδραστικότητας αλλά ούτε εμφανίζουν προδραστικότητα στο σύνολο των λειτουργιών που υποστηρίζουν. Με δεδομένη αυτή τη θεώρηση προτείνουμε τον ορισμό τεσσάρων βασικών επιπέδων προδραστικότητας στηριζόμενοι στην ανάλυση των χαρακτηριστικών που προαναφέρθηκαν.

### **3.4.1 Επίπεδο 1 Βασικό (Basic)**

Το πρώτο επίπεδο προδραστικότητας στηρίζεται στο χαρακτηριστικό Transparency. Πρόκειται για εφαρμογές οι οποίες λειτουργούν κατά βάση στο παρασκήνιο και εμφανίζουν προδραστικά χαρακτηριστικά. Οι εφαρμογές αυτές συνήθως λειτουργούν ανεξάρτητα και χωρίς την επίβλεψη του χρήστη, παρουσιάζοντας την ικανότητα να εντοπίζουν αποκλίσεις από προκαθορισμένα επιθυμητά επίπεδα λειτουργίας, δρώντας προληπτικά για την αποφυγή ανεπιθύμητων εκβάσεων στη λειτουργία τους και αποτρέποντας αποτελέσματα που θα επηρέαζαν την απόδοση και την ποιότητα της λειτουργίας τους. Καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους ο χρήστης δε μετέχει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων επιλογής λύσεων στις παρουσιαζόμενες αποκλίσεις, ούτε αντιλαμβάνεται τη λειτουργία της εφαρμογής, αλλά γίνεται αποδέκτης του αποτελέσματος απόφασής της. Στο επίπεδο αυτό συναντάμε επίσης τα χαρακτηριστικά Responsiveness, και Situation Detection, τα οποία κρίνονται απαραίτητα για να μπορεί να λειτουργεί μια εφαρμογή προδραστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά απαντώνται στο σύνολο των επιπέδων προδραστικότητας που θα περιγράψουμε καθώς ο χρόνος απόκρισης στις παρουσιαζόμενες αποκλίσεις αλλά και η ανίχνευση αυτών πριν από την εκδήλωσή τους είναι ουσιώδης χαρακτηριστικά της έννοιας του proactive computing. Οι τριάδα αυτή των χαρακτηριστικών ολοκληρώνει το πρώτο βασικό επίπεδο προδραστικότητας ενώ παραδείγματα εφαρμογών αυτού του επιπέδου προδραστικότητας συναντάμε σε εφαρμογές για την επιλογή βέλτιστων διαδρομών που χρησιμοποιούνται σε GPS ή σε εφαρμογές ασφάλειας πληροφορικής όπως Antivirus και Antimalware. Γενικότερα στο επίπεδο αυτό οι εφαρμογές οι οποίες λειτουργούν στην περιοχή του Performance IT καθώς και στην ασφάλεια πληροφορικής είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες.

### **3.4.2 Επίπεδο 2 Υποστηρικτικές προς τον Άνθρωπο (Human Supportive)**

Το επίπεδο 2 χαρακτηρίζεται ως υποστηρικτικό προς τον άνθρωπο. Στα χαρακτηριστικά του επιπέδου αυτού πέραν των βασικών του responsiveness και του situation detection συναντάμε και αυτό του Decision Making- Context Aware. Οι εφαρμογές στο επίπεδο αυτό λειτουργούν για την υποστήριξη δραστηριοτήτων του χρήστη αλληλοεπιδρώντας με το περιβάλλον λειτουργίας τους ως μια ολοκληρωμένη εφαρμογή ή ως ένα κομμάτι ενός μεγαλύτερου συνόλου. Η μοντελοποίηση και η γνώση περιεχομένου λειτουργίας είναι το βασικό χαρακτηριστικό του επιπέδου αυτού, επιτρέποντας στις εφαρμογές να εστιάσουν στη βασική τους περιοχή λειτουργίας, αυτή της προδραστικής υποστήριξης των χρηστών. Για την επίτευξη της μοντελοποίησης του περιεχομένου εφαρμογές του επιπέδου αυτού δημιουργούν προφίλ χρηστών ή χρησιμοποιούν ιστορικά δεδομένα προσαρμόζοντας τη λειτουργία του στο περιεχόμενο της λειτουργίας τους.

### 3.4.3 Επίπεδο 3 Προσαρμοστικότητα (Adaptive)

Το επίπεδο 3 χαρακτηρίζεται ως προσαρμοστικό διότι αναφέρεται σε εφαρμογές οι οποίες έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται στο περιβάλλον λειτουργίας τους με τη χρήση αισθητήρων ή μικροελεγκτών επιλέγοντας και επεξεργάζοντας δεδομένα προερχόμενα από αυτό σε πραγματικό χρόνο. Τα βασικά χαρακτηριστικά των προδραστικών εφαρμογών responsiveness και situation detection εμφανίζονται και σε αυτή την κατηγορία, όπως και αυτό του Decision Making- Context Aware. Πλέον των προαναφερόμενων χαρακτηριστικών, οι εφαρμογές του επιπέδου αυτού χαρακτηρίζονται από την ικανότητα μάθησης. Το χαρακτηριστικό αυτό επιτρέπει πλέον της μοντελοποίησης του περιεχομένου και την προσαρμογή της λειτουργίας των εφαρμογών σε αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτό δημιουργώντας κατάλληλα πρότυπα λειτουργίας, ολοκληρώνοντας την προδραστικότητα των εφαρμογών. Σε αυτό το επίπεδο κατηγοριοποιούμε εφαρμογές agent-based συστημάτων ή service-based εφαρμογές με δυνατότητες μάθησης.

### 3.4.4 Επίπεδο 4 Επίγνωση Γεγονότων (Event Aware)

Το τελευταίο επίπεδο προδραστικότητας αναφέρεται σε εφαρμογές οι οποίες έχουν την αρχιτεκτονική να υποστηρίξουν σύνθετο Event Processing σε συνδυασμό με δυνατότητες πρόβλεψης. Το σύνολο των χαρακτηριστικών των προδραστικών εφαρμογών συναντώνται σε αυτό το επίπεδο. Στις εφαρμογές του επιπέδου αυτού, μέρος ή το σύνολο του περιβάλλοντος και του χρήστη περιγράφονται μοντελοποιημένα με όρους περιεχομένου ως μέρος των λειτουργιών της εφαρμογής. Η εκμετάλλευση των πληροφοριών περιεχομένου σε συνδυασμό με τις λειτουργίες της εφαρμογής επιτυγχάνουν την προδραστικότητα. Στο επίπεδο αυτό συναντάμε συστήματα πρόβλεψης γεγονότων (Event Predictive Systems) τα οποία επεξεργάζονται γεγονότα περιεχομένου, προβλέπουν την εμφάνιση μη επιθυμητών γεγονότων και λαμβάνουν προληπτικές διορθωτικές ενέργειες για την αποτροπή τους.

Ο πίνακας 3-2 που ακολουθεί παρουσιάζει από το επίπεδο 1 έως το 4 το οποίο χαρακτηρίζει μια πλήρως proactive service based εφαρμογή, τα proactive χαρακτηριστικά και συνδυάζει αυτά με τα προαναφερόμενα επίπεδα για την πληρέστερη κατανόηση της ταξινόμησης. Για την αποφυγή ενός πολύπλοκου συστήματος βαθμονόμησης χρησιμοποιούνται τα παρακάτω σύμβολα ως ακολούθως:

(+) συμβολίζει την ύπαρξη του υπόψη χαρακτηριστικού στο επίπεδο αναφοράς.

(o) το χαρακτηριστικό είναι δευτερευούσης σημασίας για το επίπεδο και δεν το επηρεάζει.

(-) συμβολίζει την απουσία του υπόψη χαρακτηριστικού στο επίπεδο αναφοράς



Πίνακας 3-2. Χαρακτηριστικά και επίπεδα των Proactive εφαρμογών

Χαρακτηριστικά	Επίπεδα (Levels)			
	Level1	Level2	Level3	Level4
Διαφάνεια	+	0	0	+
Ανίχνευση Καταστάσεων	+	+	+	+
Απόκριση	+	+	+	+
Λήψη Απόφασης	-	+	+	+
Μάθηση	-	-	+	+
Επίγνωση Γεγονότων	-	-	-	+

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το χαρακτηριστικό Transparency είναι το χαρακτηριστικό που καθορίζει το επίπεδο 1, ενώ στα επίπεδα 2 και 3 η ύπαρξη του δεν επηρέασε την κατηγοριοποίηση μας. Τα χαρακτηριστικά Situation Detection και Responsiveness είναι χαρακτηριστικά τα οποία συναντάμε και στα τέσσερα επίπεδα και όπως προαναφέρθηκε θεωρούνται βασικά στοιχεία του proactive computing. Το επίπεδο 2 ορίζεται από το χαρακτηριστικό Decision Making, ενώ αντίστοιχα το επίπεδο 3 από το χαρακτηριστικό Learning. Το επίπεδο 4 είναι αυτό που συγκεντρώνει το σύνολο των χαρακτηριστικών των proactive εφαρμογών και είναι αυτό το επίπεδο μαζί με τα χαρακτηριστικά του που θα μας απασχολήσει στα επόμενα κεφάλαια.

---

## 4 Ανάλυση της Σύγχρονης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

---

### 4.1 Η Εφοδιαστική Αλυσίδα Σήμερα

Η παγκοσμιοποίηση της οικονομίας έχει δημιουργήσει ένα δυναμικό πεδίο δράσης για τις επιχειρήσεις. Εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο του παγκόσμιου εμπορίου οδηγούνται στο να αναζητούν συνεργασίες ανάπτυξης επιχειρηματικών δεσμών μεταξύ τους ώστε να ανταπεξέλθουν στις προκλήσεις. Ο τρόπος λειτουργίας των επιχειρήσεων μέσω των συνεργασιών (Business Collaboration) παρουσιάστηκε ως λύση στις νέες συνθήκες που δημιουργήθηκαν στην αγορά. Οι καθιερωμένες επιχειρηματικές δομές του παρελθόντος κρίθηκε ότι πλέον δεν ήταν αρκετά ευέλικτες και ικανές να ανταποκριθούν στις νέες ανάγκες. Καθώς λοιπόν οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ εταιριών αυξάνονται, αντίστοιχα αυξάνονται και οι προκλήσεις που καλούνται να αντιπαραέλθουν οι επαγγελματίες του χώρου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι προκλήσεις αυτές οφείλονται κυρίως στη παγκοσμιοποιημένη δομή του συγχρόνου εμπορίου, στις δυσκολίες συντονισμού των συμμετεχόντων στη διαδικασία και στη αλληλεξάρτηση των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται σε αυτό.

Μια τυπική εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από ένα δίκτυο οντοτήτων όπως, προμηθευτές, μεταφορείς, κατασκευαστές, χώρους αποθήκευσης και δίκτυα λιανοπωλητών. Οι οντότητες αυτές συνδέονται μεταξύ τους είτε με άμεσες σχέσεις εξάρτησης είτε με επιχειρηματικές συμφωνίες οι οποίες καθορίζουν το πλαίσιο λειτουργίας τους εντός της αλυσίδας. Η ποιότητα της διασύνδεσης, εκφραζόμενη μέσω των επιτυχών αποτελεσμάτων των ίδιων των οντοτήτων (επιχειρήσεων) και κατ' επέκταση η αξία της επιχειρηματικής πίστης μεταξύ των συνεργατών-οντοτήτων έχει αποδειχτεί ότι είναι ένας σημαντικός ενισχυτικός παράγοντας στην εφοδιαστική αλυσίδα (Martin Christopher and Hau L.Lee, 2001). Συνήθως οι στόχοι των συμμετεχόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα είθισται να είναι προς την ίδια κατεύθυνση και να υπάρχει προσήλωση στην κερδοφορία και στην αποτελεσματικότητα των χρησιμοποιούμενων πόρων. Θα πρέπει φυσικά να επισημανθεί ότι κάθε οντότητα λειτουργεί με πρωταρχικό στόχο την κερδοφορία της ίδιας και δευτερεύοντος την επιτυχία του ευρύτερου εγχειρήματος. Τέτοιες προτεραιότητες είναι δυνατόν να δημιουργήσουν αποκλίσεις από επιθυμητά επίπεδα λειτουργίας.

Οι πηγές δημιουργίας αυτών των αποκλίσεων θα πρέπει να εντοπιστούν, να αναλυθούν και να προταθούν λύσεις αντιμετώπισής τους ώστε να βελτιωθεί τελικά η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σημαντικοί παράγοντες επίδοσης για μια επιτυχημένη εφοδιαστική αλυσίδα

περιλαμβάνουν την αξιοπιστία, την ανταπόκριση, την ευελιξία, την αποτελεσματικότητα κόστους και την αποτελεσματική διαχείριση των κεφαλαίων κατά τους Gilberto Miller et al, 2011 .

Σκοπεύοντας στην επιτυχία αυτών των παραγόντων, οι εταιρίες πρέπει να οργανώσουν την εφοδιαστική τους αλυσίδα με γνώμονα την ευελιξία και την ικανότητα προσαρμογής σε αλλαγές στο δυναμικό περιβάλλον της σύγχρονης παγκοσμιοποιημένης οικονομίας. Ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί η ευελιξία στην εφοδιαστική αλυσίδας είναι μέσω της δημιουργίας νέων επιχειρηματικών δεσμών. Νέοι επιχειρηματικοί δεσμοί και σχέσεις πρέπει να δημιουργούνται ταχέως ώστε να ανταποκρίνονται στις αλλαγές που διαμορφώνονται και προκύπτουν στην αλυσίδα εφοδιασμού, όπως για παράδειγμα μια αύξηση στη ζήτηση ενός προϊόντος ή μιας αποτυχίας ένας προμηθευτής να ανταποκριθεί σε δεδομένες απαιτήσεις. Οι αλλαγές αυτές θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη δέουσα ταχύτητα από τις οντότητες της αλυσίδας εφοδιασμού και να τυγχάνουν κατάλληλης αντιμετώπισης ώστε η εφοδιαστική αλυσίδα να ανταποκρίνεται στα νέα δεδομένα της αγοράς με επιτυχία.

Εξαιτίας του δυναμικού και έντονα μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος της σύγχρονης εφοδιαστικής αλυσίδας με τις χαοτικές οικονομικές διασυνδέσεις μεταξύ των εταιριών και με τις όλο και αυξανόμενες πολιτικές παρεμβάσεις στο παγκόσμιο εμπόριο ως ένα μέτρο επιβολής κυρώσεων (βλ. Ιράν και Ρωσία, Τουρκία), θεωρείται κατάλληλη μια ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα τόσο στο εσωτερικό της όσο και μακροσκοπικά.

Στο τομέα της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας και του κόστους διαχείρισης αυτής έχουν γίνει πολλές ερευνητικές εργασίες όπως αυτές των Sunil Chopra 2004 , Christopher W.Craighead, Jennifer Blackhurst et al,2007, της Benita M.Beamon 1999 και των Andreas Norman, Ulf Jansson, 2004, στις οποίες περιγράφεται επαρκώς το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παρόλα αυτά διακρίνεται μια έλλειψη στο τομέα που σχετίζεται στους ευρύτερους εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως είναι ο πολιτικός παράγοντας ,η κοινωνική σταθερότητα ,τα φυσικά φαινόμενα κτλ.

## **4.2 Παράγοντες επιρροής της Εφοδιαστικής Αλυσίδας**

### **4.2.1 Το Πλαίσιο Ανάλυσης**

Το παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται στην ανάλυση της εφοδιαστικής αλυσίδας τόσο από μια ευρύτερη εξωτερική οπτική όσο και εσωτερικά εστιάζοντας στα στοιχεία που τη συνθέτουν και επηρεάζουν την απόδοσή της, με σκοπό να προσδιοριστούν οι αιτιώδης σχέσεις των εξωτερικών παραγόντων με στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιήθηκαν ασαφείς γνωστικούς χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps) ώστε να σχεδιαστεί το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας και να προσδιοριστούν οι αιτιώδης σχέσεις που θα μας βοηθήσουν στη συνέχεια να βελτιώσουμε τη διαδικασία λήψης απόφασης σε συστήματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η περιγραφή του περιβάλλοντος της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως θα επιχειρηθεί να μελετηθεί στη συνέχεια δεν περιορίζεται στους παράγοντες που συνήθως προσδιορίζουν την απόδοση

της, αλλά επεκτείνονται σε ένα γενικότερο πλαίσιο το οποίο περιλαμβάνει τις πραγματικές ανάγκες του σύγχρονου εφοδιασμού. Πέρα από την παραδοσιακή ανάλυση των παραγόντων που επιδρούν στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, επεκτείνουμε το μοντέλο μας ώστε να περιλαμβάνει παράγοντες που θεωρούμε ότι έχουν μια μακροσκοπική επίδραση εντοπίζοντας τους σε ένα ευρύτερο κοινωνικό-πολιτικό περιβάλλον.

#### **4.2.2 Ανάλυσης του Περιβάλλοντος της Εφοδιαστικής Αλυσίδας**

Στο κεφάλαιο αυτό εντοπίζουμε και εξετάζουμε μια σειρά ευρύτερων παραγόντων τους που επηρεάζουν τη σύγχρονη εφοδιαστική αλυσίδα και την απόδοση της. Ειδικότερα και ξεκινώντας από το περιβάλλον διαπιστώνεται ότι, στη σύγχρονη εποχή όπου το παγκόσμιο ενδιαφέρον για περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον επιχειρηματικές δραστηριότητες έχει αυξηθεί, η πλειοψηφία των επιχειρήσεων ανά την υφήλιο προσπαθούν να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Ως αποτέλεσμα αυτής της τάσης είναι η πρόταση της Πράσινης Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Green Supply Chain Management) με σχετικές εργασίες των Samir K.Srivastava 2007, , Ehsan Nikbakhsh 2009, Aref A.Hervani, Marilyn M.Helms, Joseph Sarikis,2005 και Kenneth W.Green, Jr Pamela Selbst et al, 2012. Η πρόταση αυτή θεωρείται μια νέα προσέγγιση στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας με έναν περισσότερο βιώσιμο και περιβαλλοντικά φιλικό τρόπο. Υπό αυτήν την έννοια, οι αποφάσεις που λαμβάνονται για την εφοδιαστική αλυσίδα και επηρεάζουν την απόδοση της θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον.

Ένας άλλος παράγοντας επιρροής της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αυτός του πολιτικού πλαισίου στο οποίο αυτή λειτουργεί. Οι νέες απειλές και προκλήσεις που εγείρονται στο σύγχρονο κόσμο σε σχέση με το παρελθόν, όπως πολιτικές αναταραχές, αστάθειες κοινωνικές και οικονομικές λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση μας. Παραδείγματα του πώς αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα μπορούν εύκολα να βρεθούν στη περίπτωση της κρίση που έχει προκύψει στις σχέσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Η.Π.Α με τη Ρωσική Ομοσπονδία όπως επίσης και οι τρομοκρατικές επιθέσεις που έχουν κατά καιρούς γίνει στο έδαφος της Ευρώπης και της Αμερικής με αποκορύφωμα αυτή της 11/9/2001. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά παραδείγματα έχουν επηρεάσει τη λειτουργία πολλών εταιριών αναγκάζοντας τις να ανασχεδιάσουν την εφοδιαστική τους αλυσίδα ώστε να ανταποκριθούν στο νέο περιβάλλον. Επιπλέον ένας άλλος εξωτερικός παράγοντας που επηρεάζει την εφοδιαστική αλυσίδα είναι το επίπεδο της βιομηχανικής παραγωγής. Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει και επηρεάζεται από ευρύτερα κοινωνικό-πολιτικά γεγονότα και τελικά επηρεάζει έμμεσα αλλά και άμεσα την εφοδιαστική αλυσίδα.

Η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας επηρεάζεται επιπρόσθετα και από τα καιρικά φαινόμενα και την εμφάνιση ακραίων φυσικών φαινομένων τα οποία έχουν καταστρεπτικές συνέπειες. Ο σεισμός στην Ιαπωνία το 2013, σε μια περιοχή με έντονη σεισμική δραστηριότητα είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός γιγαντιαίου θαλάσσιου κύματος (tsunami) το οποίο έπληξε τις ακτές της χώρας προκαλώντας προβλήματα και ζημιές εκατομμυρίων δολαρίων. Πολλές εταιρίες στη χώρα αυτή (όπως π.χ. οι αυτοκινητοβιομηχανίες) ανακοίνωσαν καθυστερήσεις στις παραδόσεις των προϊόντων τους εξαιτίας αυτής της καταστροφής. Η αποκατάσταση της λειτουργίας των εφοδιαστικών αλυσίδων των επιχειρήσεων της περιοχής είχε παγκόσμια επιρροή και η αποκατάσταση πήρε αρκετό χρόνο.

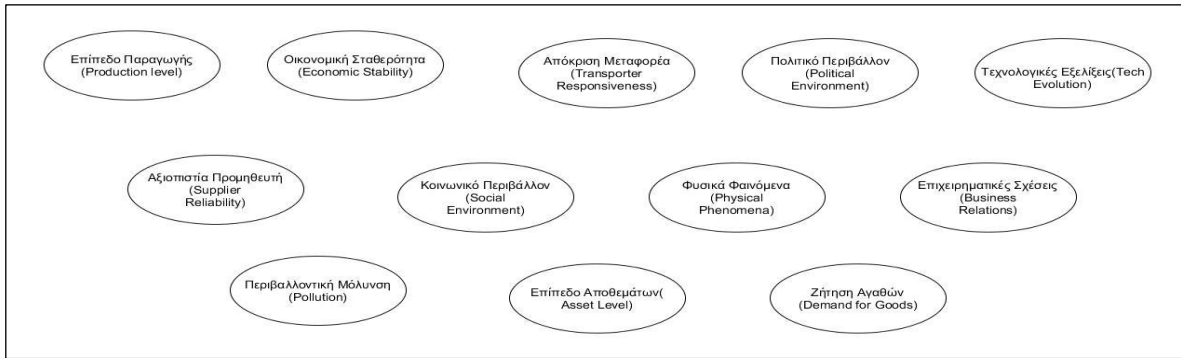
Οι επιχειρηματικές σχέσεις είναι ένας επίσης σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την εφοδιαστική αλυσίδα εξαιτίας των συνεργατικού περιβάλλοντος του σύγχρονου εμπορίου, στο οποίο οι συμμετέχοντες μοιράζονται πλήθος επιχειρηματικών ευκαιριών και ρίσκων. Οι σχέσεις μεταξύ των συμμετεχόντων επηρεάζουν ευθέως την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παρόμοια, η τεχνολογία είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι νέες τεχνολογικές εξελίξεις παρουσιάζονται πλέον με μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι στο παρελθόν, καθιστώντας τεχνολογίες που μέχρι πριν λίγο καιρό ήταν σύγχρονες, παρωχημένες. Παραδείγματα αυτής της διαπίστωσης συναντάμε κυρίως σε καταναλωτικά προϊόντα όπως κινητά τηλέφωνα, τηλεοράσεις κτλ.

Άλλοι παράγοντες όπως η ευελιξία της παραγωγής, η έγκαιρη απόκριση των μεταφορέων, η αξιοπιστία των προμηθευτών και η αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων, όπως αναφέρονται στις εργασίες των G.Buyukozkan, Z. Vardaloglu, O.Feyzioglu, 2009, O.Feyzioglu, G.Buyukozkan, M.S.Ersoy, 2007 και Zhi Xiao, Weijie Chen, Lingling Li, 2012 λαμβάνονται υπόψη σε αυτή την μελέτη.

Η απόκριση του μεταφορέα (Transporter Responsiveness) ως παράγοντας επιρροής της εφοδιαστικής αλυσίδας, προσδιορίζεται από την ικανότητα του να εκπληρώσει έγκαιρα τις αναγκαίες μεταφορές προϊόντων και υλών και ως εκ τούτου να αποφύγει τις όποιες καθυστερήσεις παρουσιαστούν. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η αξιοπιστία (Reliability) του προμηθευτή η οποία ορίζεται ως η ικανότητα να ανταποκριθεί στις όποιες αλλαγές ή διαφοροποιήσεις στην παραγωγή και στα προϊόντα όπως αυτά διαμορφώνονται από τη ζήτηση. Η ακριβής ολοκλήρωση της παραγγελίας (Perfect Order Fulfilment), ο χρόνος αποστολής των δικαιολογητικών παραγγελίας (Accurate documentation Source Cycle Time) και ο χρόνος ολοκλήρωσης της παραγωγής (Make Cycle Time) είναι μερικοί σχετικοί δείκτες. Η ευελιξία της παραγωγής όπως περιγράφεται στον ιστότοπο της Investopedia<sup>7</sup>, περιγράφεται ως μια μέθοδο παραγωγής προϊόντων τα οποία είναι ικανά να υποστούν όποιες αλλαγές έγκαιρα στο στάδιο της παραγωγής. Η έννοια της ευελιξίας της παραγωγής ορίζεται ως η ικανότητα να τροποποιεί τμήματα των προϊόντων σε διάφορα στάδια παραγωγής προβαίνοντας σε αναγκαίες αλλαγές και διαφοροποιήσεις. Η ευέλικτη παραγωγική διαδικασία είναι εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας και εφόσον υπάρχει σε ένα από τους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα επηρεάζει τη απόδοσή της στο σύνολο της.

Τέλος η ζήτηση η οποία ορίζεται ως η οικονομική αρχή η οποία περιγράφει την επιθυμία του καταναλωτή και τη θέληση του να πληρώσει μια συγκεκριμένη τιμή για την απόκτηση ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας είναι βασικός παράγοντας της εφοδιαστικής αλυσίδας και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό πολυεπίπεδα. Η ίδια η ζήτηση ως παράγοντας επιρροής επηρεάζεται και αυτή από και αυτή από κοινωνικό-πολιτικούς παράγοντες. Το σχήμα 4-1 που ακολουθεί παρουσιάζει συνοπτικά τους παράγοντες επιρροής της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως αυτοί αναφέρθηκαν ανωτέρω.

<sup>7</sup> <http://www.investopedia.com/dictionary/>



Σχήμα 4-1 Παράγοντες Επιρροής Εφοδιαστικής Αλυσίδας

## 4.3 Μοντελοποίηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Χρησιμοποιώντας Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες

### 4.3.1 Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps- FCM) είναι χάρτες γνώσης οι οποίοι παρουσιάζουν την αιτιώδη σχέση μεταξύ των στοιχείων τους (πχ έννοιες, παράγοντες, πόροι κ.α.). Οι FCM αρχικά παρουσιάστηκαν από τον Kosko (Bart Kosko , 1986), αποτελώντας μια μέθοδος για την αποτύπωση τη σχέσης αιτίας-αποτελέσματος σε σύνθετα συστήματα μέσω της αντίληψης που έχουν για αυτά οι συμμετέχοντες. Οι FCM συνδυάζουν στοιχεία από νευρωνικά δίκτυα και την ασαφή λογική δομώντας γράφους οι οποίοι αποτυπώνουν αλληλοσχετιζόμενες έννοιες περιγράφοντας τις σχέσεις μεταξύ τους με έναν περιγραφικό τρόπο αντί ενός σαφώς καθορισμένο συνόλου τιμών. Οι FCM έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων και στην επιχειρησιακή έρευνα σε ένα πλήθος σύνθετων κοινωνικών συστημάτων όπως στις εργασίες των George Xirogiannis, Michael Glykas and Christos Staikouras, 2009 , και Thodoris L. Kottas ,Athanasios D.Karlis and Yiannis S.Boutalis 2010.

Οι FCM συνθέτουν διαγράμματα αποτελούμενα από κόμβους που ορίζουν τις οντότητες μια περιοχής ενδιαφέροντος και ακμές κατεύθυνσης που υποδηλώνουν τις σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων. Ο βαθμός της σχέσης μεταξύ των κόμβων μπορεί να είναι είτε ένας αριθμός μεταξύ του εύρους  $[0,1]$  είτε μεταξύ του  $[-1,1]$  ή ακόμα μια περιγραφική τιμή η οποία αποτυπώνει τη σχέση αιτίας-αιτιατού μεταξύ τους, όπως «πάρα πολύ» ή «πολύ λίγο». Οι τύποι των πιθανών συνδέσεων μεταξύ των κόμβων είναι τρεις και περιγράφονται μέσω της τιμής (βαρύτητας) που αποδίδεται στο διάλυσμα της ακμής:

Έστω δύο παράγοντες  $C_i$  και  $C_j$

- $w_{ij} > 0$  θετικό, περιγράφει τη σχέση ως ότι ο παράγοντας- κόμβος  $C_i$  επηρεάζει θετικά το παράγοντα- κόμβο  $C_j$ .
- $w_{ij} = 0$  μηδέν, η σχέση αυτή σημαίνει ότι ο κόμβος  $C_i$  δεν επηρεάζει το κόμβο  $C_j$ .
- $w_{ij} < 0$  αρνητικό, περιγράφει τη σχέση μεταξύ του παράγοντα-κόμβου  $C_i$  και του παράγοντα- κόμβο  $C_j$  ως αρνητική, δηλαδή ο παράγοντας  $C_i$  επηρεάζει αρνητικά το  $C_j$ .

Ο υπολογισμός της επιρροής κάθε παράγοντα στο σύστημα γίνεται βάση της εξίσωσης :

$$A_i^{(k+1)} = f\left(\sum_{j=1}^N A_j^{(k)} w_{ij}\right)$$

#### Εξίσωση 1 Υπολογισμός επιρροής κάθε παράγοντα

Όπου  $A_i^k$  είναι η τιμή του παράγοντα-κόμβου  $C_i$  στην επανάληψη  $k$  και  $A_i^{(k+1)}$  είναι η τιμή του συνδεδεμένου κόμβου  $C_j$  κατά την επανάληψη  $k+1$ . Επιπρόσθετα ο συντελεστής  $w_{ij}$  είναι η βαρύτητα η οποία αποδίδεται στην ακμή μεταξύ του κόμβου  $C_i$  και  $C_j$ . Ως συνάρτηση  $f$ , χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις η μονοπολική σιγμοειδής (unipolar sigmoid) εξίσωση .

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}$$

#### Εξίσωση 2 Η εξίσωση Unipolar Sigmoid

όπου  $\lambda > 0$  προσδιορίζει την κλίση της συνάρτησης.

Άλλες συναρτήσεις μετατροπής που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά είναι η  $f(x) = \tanh(x)$ ,  $f(x) = \tanh\left(\frac{x}{2}\right)$  και γενικά όσες συναρτήσεις επιστρέφουν τιμές στο εύρος στο ασαφές διάστημα  $[0,1], [-1,1]$ .

Αρχικά ο βασιζόμενοι στη γνώση και στη εμπειρία μας αρχικοποιούμε τον FCM γράφο και θέτουμε τιμές στους συντελεστές βαρύτητας των ακμών. Οι συντελεστές βαρύτητας των ακμών προσαρμόζονται σε κάθε επανάληψη με τη χρήση των εξισώσεων (1) και (2) μέχρι στο σημείο όπου θα παρουσιαστεί μια από τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Το σύστημα φτάνει σε ισορροπία σε ένα σταθερό σημείο όπου οι τιμές εξόδου συγκλίνουν σε συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές.
- Το σύστημα φτάνει στη συμπεριφορά οριακού κύκλου με τις τιμές εξόδου να πέφτουν σε ένα βρόχο αριθμητικής τιμής κάτω από μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- Το σύστημα παρουσιάζει μια χαοτική συμπεριφορά με κάθε τιμή εξόδου φθάνοντας σε μια ποικιλία αριθμητικών τιμών με έναν μη καθορισμένο τυχαίο τρόπο.

### 4.3.2 Εφαρμογή Ασαφών Γνωστικών Χαρτών στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

Στην περίπτωση που εξετάζεται οι συντελεστές βαρύτητας για τις συνδέσεις μεταξύ των κόμβων προέκυψαν από μια δεξαμενή γνώσης η οποία δημιουργήθηκε από στελέχη εταιριών, ακαδημαϊκούς και αξιωματικούς του Σώματος Υλικού Πολέμου του Ε.Σ. Όλοι οι συμμετέχοντες στην έρευνα μας θεωρούνται ειδικοί έχοντας μια ευρύτερη και πολύπλευρη γνώση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι περιγραφικές μεταβλητές με τις οποίες βαθμολόγησαν οι

συμμετέχοντες στην ερέυνα τους παράγοντες της εφοδιαστικής αλυσίδας και τις σχέσεις τους φαίνονται στο πίνακα 4-1 ενώ η σχηματική τους αναπαράσταση στο σχήμα 4-2.

Έχοντας καθορίσει την «δεξαμενή» των ειδικών για την αρχικοποίηση του μοντέλου μας, τους καλέσαμε να συμπληρώσουν τις σχέσεις βαρύτητας μεταξύ των παραγόντων επιρροής της εφοδιαστικής αλυσίδας, μέσω ενός ερωτηματολογίου, (παρατίθεται σε παράρτημα Ι) με τη χρήση περιγραφικών μεταβλητών για τους συντελεστές μεταξύ των κόμβων του μοντέλου μας.

Οι ασαφείς περιγραφικοί συντελεστές βαρύτητας κλιμακώνονται από την μικρότερη σχέση αιτίας-αιτιατού «Αρνητικό πολύ ισχυρό» έως «Θετικό πολύ ισχυρό», το οποίο αντιπροσωπεύει μια κλίμακα μεταξύ [-1,1]. Για να σταθμίσουμε τα αποτελέσματα που λάβαμε από τους ειδικούς χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο του κέντρου βαρύτητας από την ασαφή λογική CoG (εξίσωση 3). Σε αυτή τη μέθοδο κάθε περιγραφική μεταβλητή μπορεί να αποτυπωθεί από μια τριάδα τιμών  $\langle \alpha_k, m_k, b_k \rangle$  με  $b_k \geq m_k \geq \alpha_k$  και με τη χρήση της εξίσωσης

$$\mu \langle \alpha_k, m_k, b_k \rangle = f(x) = \begin{cases} \frac{x_k - \alpha_k}{m_k - \alpha_k}, & \alpha_k \leq x_k \leq m_k \\ \frac{x_k - b_k}{m_k - b_k}, & m_k \leq x_k \leq b_k \end{cases}$$

### Εξίσωση 3 Αποτύπωση περιγραφικών μεταβλητών

Η τιμή του CoG υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$CoG = \frac{\alpha_k + m_k + b_k}{3}$$

### Εξίσωση 4 Η εξίσωση για το CoG

Ο συντελεστής βαρύτητας προκύπτει από το μέσο όρο των εκτιμήσεων όλων των σταθμισμένων μεταβλητών με τη χρήση της εξίσωσης

$$w_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^v CoG_k}{v}$$

### Εξίσωση 5 Ο συντελεστής βαρύτητας

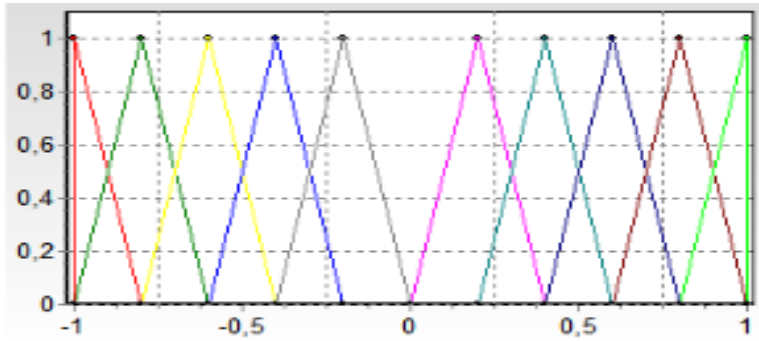
όπου  $v$  είναι ο αριθμός των ειδικών. Οι τελικές τιμές των περιγραφικών μεταβλητών εμφανίζονται στο πίνακα 4-2 που ακολουθεί. Με τις τιμές του υπόψη πίνακα αρχικοποιήσαμε το μοντέλο μας.

Πίνακας 4-1. Οι ασαφείς μεταβλητές του συστήματος

Ασαφείς Μεταβλητές	Επιρροή
Αρνητικά Πολύ Ισχυρή	Κάτω από -0,8 και πλησίον στο -1
Αρνητικά Ισχυρή	Πλησίον στο -0,8
Αρνητικά Μέτρια	Πλησίον στο -0,6
Αρνητικά Χαμηλή	Πλησίον στο -0,4



Αρνητικά Πολύ Χαμηλή	Πλησίον στο -0,2
Μηδενική	Πλησίον στο 0
Θετικά Πολύ Χαμηλή	Πλησίον στο 0,2
Θετικά Χαμηλή	Πλησίον στο 0,4
Θετικά Μέτρια	Πλησίον στο 0,6
Θετικά Ισχυρή	Πλησίον στο 0.8
Θετικά Πολύ Ισχυρή	Πάνω από 0,8 και πλησίον στο 1



Σχήμα 4-2. Σχηματική Αναπαράσταση των ασαφών μεταβλητών.

Πίνακας 4-2. Η αρχικοποίηση του FCM συστήματος.

CAUSE \ EFFECT	Economic Stability	Political Environment	Social Environment	Natural Phenomena	Pollution	Tech Evolution	Production Level	Asset Level	Transporter Responsiveness	Supplier Reliability	Business Relations	SC Performance	Demand
Economic Stability	0	0,4	0,5	0	0	0	0,6	-0,15	0,15	0,25	0,6	0,2	0,6
Political Environment	0,6	0	0,867	0	0	0	0	-0,15	0,35	0	0,4	0,1	0,2
Social Environment	0	0	0	0	0	0	0	-0,2	0	0	0	0	0,7
Natural Phenomena	-0,475	0	0,2	0	0	0	-0,25	0,35	-0,65	-0,65	0	-0,45	0,35
Pollution	0	0	0	0,2	0	0,3	0	0	-0,4	-0,35	-0,1	-0,35	-0,45
Tech Evolution	0	0	0	0	0	0	0,55	-0,35	0	0,2	0,3	0,1	0,1
Production Level	0	0	0	0	0,7	0	0	-0,2	0	0,3	0,2	0,7	0,25
Asset Level	0	0	0	0	0	-0,2	-0,2	0	0	0	0,3	0,6	-0,2
Transporter Responsiveness	0	0	0	0	0	0	0	-0,35	0	0,35	0,4	0,7	0
Supplier Reliability	0	0	0	0	0	0	0	-0,4	0	0	0,55	0,8	0
Business Relations	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0,5	0	0	0
SC Performance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,2
Demand	0	0	0	0	0	0,6	0,7	0,5	0	-0,2	0	0,675	0

## 4.4 Προσομοίωση Σεναρίων

Για την αξιολόγηση του FCM μοντέλου μας χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό FCM tool v2 το οποίο αναπτύχθηκε από τη καθ. Παπαγεωργίου<sup>8</sup>. Ως συνάρτηση μετατροπής χρησιμοποιήσαμε την unipolar sigmoid συνάρτηση. Η προσομοίωση εκτελέστηκε αρχικά με τις τιμές του πίνακα 4-2 και μετά από 26 επαναλήψεις το σύστημα σταθεροποιήθηκε. Χρησιμοποιήσαμε τις τιμές που προέκυψαν ως σημείο αναφοράς για κάθε σενάριο που εκτελέσαμε η περιγραφή των οποίων ακολουθεί στη συνέχεια.

Τα εκτελούμενα σενάρια παρουσιάζουν συγκεκριμένες καταστάσεις στην μορφή των «what-if» υποθέσεων, και διενεργήθηκαν δίνοντας σταθερές τιμές σε συγκεκριμένους κόμβους αφήνοντας το υπόλοιπο σύστημα μετά από αριθμό επαναλήψεων να σταθεροποιηθεί. Ο λόγος που πραγματοποιήθηκαν με αυτή την μορφή οι προσομοιώσεις στηρίχθηκαν στο γεγονός ότι, το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας θεωρείται δεδομένο ενώ η απόδοση αυτής δε μπορεί να επηρεαστεί σε μικρό χρονικό διάστημα. Αντίθετα όλοι οι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν, είτε επηρεάζονται από την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας μεταβάλλονται σχεδόν άμεσα σε κάθε παρουσιαζόμενη αλλαγή.

Το περιεχόμενο των σεναρίων περιγράφουν γεγονότα τα οποία έχουν συμβεί στο παρελθόν και έχουν επηρεάσει τη παγκόσμια οικονομία, ώστε να είναι εφικτή μια σύγκριση προς εξακρίβωση της αξιοπιστίας και της αποτελεσματικότητας του μοντέλου. Τρία διαφορετικά υποθετικά σενάρια εξετάστηκαν με τη χρήση του προτεινόμενου μοντέλου και τα αποτελέσματα είναι πολύ υποσχόμενα συγκρινόμενα με τις εμπειρίες που έχουν προκύψει σε παρόμοιες περιπτώσεις.

Έχοντας αυτό σα βασική αρχή, στο πρώτο σενάριο προσομοιώσαμε μια αναταραχή στις σχέσεις δύο βασικών κρατών (επιβολή οικονομικών κυρώσεων από το ένα κράτος στο άλλο) τα οποία αποτελούν μεγάλες αγορές καταναλωτικών προϊόντων και υπηρεσιών, στο δεύτερο σενάριο ασχοληθήκαμε με μια μεγάλη φυσική καταστροφή η οποία επηρέασε σημαντικά την οικονομία (ένα σεισμός ή ένα τσουνάμι), ενώ στο τρίτο επικεντρωθήκαμε στη σημασία μια οικονομικής κρίσης στην εφοδιαστική αλυσίδα (βλέπε παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008). Τα σενάρια αφού εξετάστηκαν μέσω προσημείωσης μας επέτρεψαν να καταλήξουμε σε αποτελέσματα τόσο για την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά για το βαθμό που επηρεάζεται αυτή από συγκεκριμένα γεγονότα που εμφανίζονται σε μακροσκοπική κλίμακα.

### 4.4.1 Σενάριο 1

Στο σενάριο αυτό εξετάζουμε την περίπτωση μιας πολιτικής αναταραχής. Το υποθετικό κράτος Α βρίσκεται σε πολιτική κρίση με το υποθετικό κράτος Β λόγω γεωπολιτικών διαφορών. Τα δύο κράτη είναι σημαντικοί παράγοντες στην οικονομία σε παγκόσμιο επίπεδο και έχουν σημαντική οικονομική επιρροή στα γειτονικά τους κράτη. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη δώσαμε μια σταθερή τιμή στους παράγοντες της οικονομικής σταθερότητας και πολιτικού περιβάλλοντος και συγκεκριμένα την τιμή 0,1, ενώ αφήσαμε τους λοιπούς παράγοντες να έρθουν σε ισορροπία

<sup>8</sup> <http://www.epapageorgiou.com/index.php/software-tools/fcm-tool>

μέσω του συστήματος. Το μοντέλο μας μετά από 27 επαναλήψεις ήρθε σε ισορροπία και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4-3.

#### **4.4.2 Σενάριο 2**

Το δεύτερο σενάριο ασχολείται με μια σημαντική φυσική καταστροφή πχ ένα τσουνάμι ή μιας μεγάλης κλίμακας σεισμό. Η προκληθείσα καταστροφή θεωρείται πως είναι τέτοιας κλίμακας που μεγάλης σημασίας υποδομές της οικονομίας έχουν επηρεαστεί. Ένα τέτοιο παράδειγμα φυσικής καταστροφής βρίσκουμε στον ισχυρό σεισμό της Ιαπωνίας το 2011. Σε μια τέτοια περίπτωση φυσικής καταστροφής, ένας από τους παράγοντες του μοντέλου μας που επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό είναι αυτός της κοινωνικής σταθερότητας. Αναταραχές και προβλήματα στην κοινωνική δομή μπορεί να ανακύψουν καθώς ο κρατικός μηχανισμός τους δοκιμαζόμενου κράτους έρχεται στα όρια αντοχής του. Θέλοντας να εξετάσουμε την ορθότητα της υπόθεσης μας, δε δώσαμε σταθερή τιμή σε αυτό το παράγοντα αλλά τον αφήσαμε να μεταβληθεί μέσω τις προσομοίωσης του μοντέλου. Για να εξετάσουμε και να προσομοιώσουμε μια τέτοια κατάσταση δώσαμε σταθερές τιμές της τάξεως του 0,85 στο παράγοντα φυσικά φαινόμενα και 0,1 στο παράγοντα της οικονομική σταθερότητα. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εξέταση του μοντέλου μας φαίνονται στο πίνακα 4-3.

#### **4.4.3 Σενάριο 3**

Το τελευταίο σενάριο αφορά μια οικονομική κρίση. Οι σύγχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες έχουν μια αρκετά εύθραυστη δομή ή οποία στηρίζεται κυρίως στην εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων. Αυτή η εμπιστοσύνη μπορεί να επηρεαστεί εύκολα από ενέργειες, ακόμα και από φήμες οι οποίες φαίνεται να έχουν σοβαρή επίπτωση στην εφοδιαστική αλυσίδα προκαλώντας σοβαρά προβλήματα. Σε αυτό το σενάριο θεωρούμε ως δεδομένο ένα προβληματικό οικονομικό περιβάλλον υπό κρίση και προσπαθούμε να διαπιστώσουμε τις επιδράσεις στους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα. Για την προσομοίωση ενός τέτοιου περιβάλλοντος δώσαμε σταθερές τιμές στους παράγοντες της οικονομικής σταθερότητας και κοινωνικού περιβάλλοντος, 0,1 και 0,05 αντίστοιχα. Το μοντέλο μας σταθεροποιήθηκε μετά από 25 επαναλήψεις και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στο πίνακα 4-3.

#### **4.4.4 Αξιολόγηση Σεναρίων**

Για την αξιολόγηση του μοντέλου μας ενεργήσαμε υπό τρία υποθετικά σενάρια στα οποία εξωγενής μακροσκοπικοί παράγοντες επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα. Στο πρώτο σενάριο που περιγράφει μια πολιτική και οικονομική κρίση μεταξύ ισχυρών κρατών τα αποτελέσματα δείχνουν πως οι παράγοντες του οικονομικού και πολιτικού περιβάλλοντος δημιουργούν σημαντικές αλλαγές στην ισορροπία του συστήματος. Συγκεκριμένα μπορούμε να διακρίνουμε μια μείωση στην τιμή της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας και μια αύξηση στο παράγοντα που αφορά το ύψος των αποθεμάτων. Το αποτέλεσμα είναι λογικό και ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, μεταφράζεται δε από το γεγονός ότι, καθώς η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας μειώνεται, προμηθευτές, λιανοπωλητές κτλ. αυξάνουν τα επίπεδα των αποθεμάτων τους για να ανταποκριθούν στη ζήτηση. Επιπρόσθετα αυτό που παρατηρούμε από την εξέταση των αποτελεσμάτων είναι ότι η μείωση στην τιμή της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μεγαλύτερη στο τρίτο σενάριο, το οποίο αναφέρεται σε μια

οικονομική κρίση, από ότι στα υπόλοιπα σενάρια. Το σενάριο 2, που αφορά τη φυσική καταστροφή, έχει μια σημαντική επίδραση στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά ο παράγοντας που επηρεάζεται περισσότερο είναι η ανταπόκριση των μεταφορών. Ο παράγοντάς του επιπέδου παραγωγής επηρεάζεται λιγότερο στο πρώτο σενάριο και περισσότερο στο σενάριο 3. Επιπλέον εξετάζοντας τον παράγοντα της ζήτησης παρατηρούμε ότι παρουσιάζει μια σημαντική μείωση στο σενάριο 3 όπως το επίπεδο παραγωγής.

Αξιολογώντας το μοντέλο μας και βασιζόμενοι σε εμπειρίες από παρόμοιες καταστάσεις που έχουν συμβεί στο παρελθόν η σχέση αιτίας-αιτιατού μεταξύ των κόμβων του μοντέλου μας φαίνεται να έχει τόσο τη σωστή βαρύτητα στις ακμές αλλά και τη σωστή κατεύθυνση διανύσματος. Το μοντέλο μας αντέδρασε σωστά περιγράφοντας την τελική κατάσταση ορθά σε κάθε σενάριο που εξετάσαμε.

**Πίνακας 4-3. Οι τιμές ισορροπίας του FCM συστήματος ανά σενάριο.**

Concepts Names	Initial Activation Values	Final Activation Values	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Economic Stability	0,5	0,5196769	0,1	0,1	0,1
Political Environment	0,6	0,5517814	0,1	0,5099987	0,5099987
Social Environment	0,5	0,6994065	0,5604094	0,6597474	0,05
Natural Phenomena	0,1	0,5312014	0,5306187	0,85	0,5305248
Pollution	0,01	0,6248397	0,6131409	0,6115582	0,6112568
Tech Evolution	0,6	0,6386346	0,6227687	0,6293768	0,6135492
Production Level	0,75	0,7287739	0,6579059	0,648381	0,646569
Asset level	0,65	0,3749965	0,4151447	0,4354953	0,4143628
Transporter Responsiveness	0,8	0,492969	0,432793	0,419249	0,471123
Supplier Reliability	0,75	0,5879247	0,5475337	0,4945	0,5566323
Business Relations	0,75	0,8457599	0,7705536	0,793619	0,8005936
SC Performance	0,6	0,8710013	0,8517931	0,8507447	0,8495011
Demand	0,75	0,7616501	0,6673387	0,72196	0,602919

---

## 5 Μοντέλο διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας με βάση τα γεγονότα

---

### 5.1 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας Βάση Γεγονότων

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας βάση γεγονότων (Supply Chain Event Management-SCEM) συνδυάζει υπάρχουσες επιστημονικές προσεγγίσεις από διαφορετικούς τομείς έρευνας ( Διοικητική , Πληροφορική και Αρχιτεκτονική Υπολογιστικών Συστημάτων) με σκοπό τη διαχείριση γεγονότων που λαμβάνουν χώρα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Το SCEM στοχεύει να αναγνωρίσει έγκαιρα αποκλίσεις από προκαθορισμένες και προγραμματισμένες διαδικασίες εκκινώντας διορθωτικές ενέργειες προς αναδρομολόγηση των εκτελούμενων διαδικασιών. Η διαχείριση παραγγελιών, οι διαδικασίες διαχείρισης αποθέματος, οι διαδικασίες προμηθειών, οι μεταφορές και οι διαδικασίες ολοκλήρωσης μιας παραγγελία, οι συνεργασίες μεταξύ διαφορετικών συνεργατών και τμημάτων σε μια εφοδιαστική αλυσίδα είναι μερικά παραδείγματα διαδικασιών οι οποίες στηρίζονται σε γεγονότα που συμβαίνουν εσωτερικά της αλυσίδας εφοδιασμού και τις οποίες το SCEM επιχειρεί να διαχειριστεί προσφέροντας μέσω μηχανισμών παρακολούθησης και έγκαιρης ειδοποίησης αναγνώριση των ασθενών τους σημείων .

Η αντιμετώπιση αποκλίσεων στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτυγχάνεται συνήθως μέσω προκαθορισμένων επιχειρηματικών κανόνων, οι οποίοι εκφράζουν την επιχειρηματική πολιτική της εκάστοτε επιχείρησης. Αυτοί οι επιχειρηματικοί κανόνες αντανακλώντας τη στρατηγική των επιχειρήσεων παρέχουν ένα πλαίσιο μέσω του οποίου οι διορθωτικές ενέργειες εφαρμόζονται σκοπεύοντας στην αποκατάσταση των αναγνωρισμένων αποκλίσεων.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του SCEM είναι η ικανότητα να μπορεί να παρέχει ένα μηχανισμό για προσομοιώσεις και αξιολογήσεις μεμονωμένων διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας με χρήση ανάλυσης, επιβεβαίωσης και επίβλεψης γεγονότων ενδιαφέροντος. Μέσω αυτού του χαρακτηριστικού ένα σύστημα SCEM μπορεί να παρέχει σχέδια αντίδρασης για την αποτροπή καταστάσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε διαταραχές των επιχειρηματικών διαδικασιών.

Το SCEM έχει απασχολήσει τόσο την ερευνητική κοινότητα από την πλευρά των Logistics όσο και από την πλευρά της Πληροφορικής. Στη βιβλιογραφία είναι σημαντική μια ανάλυση του SCEM από την πλευρά της διοικητικής (Management) και της ανάπτυξης σχετικών εφαρμογών

που παρουσιάζεται στην εργασία του Adreas Otto, (Adreas Otto,2003) ενώ σημαντική επίσης είναι η κατηγοριοποίηση των SCEM συστημάτων με βάση το επίπεδο αυτοματοποίησης τους και των δυνατοτήτων παρακολούθησης των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας που παρουσιάζεται από τους Bearzotti Lorena, Fernandez Erica, 2011. Ο πίνακας 5-1 παρουσιάζει υπάρχουσες εργασίες που έχουν γίνει στο τομέα του SCEM με βάση τη κατηγοριοποίηση στο επίπεδο των υπο-διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας σε συνάρτηση με το επίπεδο παρακολούθησης τους.

Πίνακας 5-1.Εργασίες SCEM

Κατηγοριοποίηση Συστημάτων SCEM (SCEM Classification )			
	Κατηγοριοποίηση (Category Type)	Περιγραφή	Συνάρτηση ενεργοποίησης Propagation Function
Υποδιαδικασία (Sub-process)	Εστίαση στην Παραγγελία	Η βασική διαδικασία που πρέπει να παρακολουθείται είναι η υποβολή της παραγγελίας. Αποκλίσεις $i$ στην υποβληθείσα παραγγελία $O$ , $\Delta O_i$ , περιλαμβάνουν π.χ. καθυστερήσεις ή επισπεύσεις στην αρχή ή στο τέλος μιας παραγγελίας, ακυρώσεις παραγγελιών, αλλαγές στην ποσότητα παραγγελθέντος προϊόντος κλπ	-
	Εστίαση στους Πόρους	Οι παρακολουθούμενες διαδικασίες είναι η παραγγελία και οι υποδιαδικασίες διαχείρισης πόρων. Συμβάντα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αποκλίσεις στη διαδικασία της αλυσίδας εφοδιασμού λαμβάνονται από το σύστημα SCEM ως οποιαδήποτε αλλαγή στην προκαθορισμένη τιμή $j$ ενός πόρου, $\Delta R_j$ που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αποκλίσεις $i$ στη παραγγελία $\Delta O_i$ .	$\Delta O_i = f(\Delta R_j, \text{for all } j)$ όπου $\Delta R_j$ : Κάθε αλλαγή στους αναγκαίους πόρους για την ολοκλήρωση της παραγγελίας $O$

Κατηγοριοποίηση Συστημάτων SCEM (SCEM Classification )			
	Εστίαση στη Παραγγελία, στους Πόρους και στα Οικονομικά στοιχεία	Η βελτιστοποίηση των χρηματοοικονομικών στοιχείων είναι ο στόχος σε κάθε είδους επιχείρηση. Έτσι, τα γεγονότα που σχετίζονται με αλλαγές στα χρηματοοικονομικά στοιχεία $\Delta F_k$ θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη διαχείριση των πόρων π.χ. και τη διαχείριση της παραγγελίας από τη πλευρά του πελάτη.	$\Delta O_i = f(\Delta F_k, \text{ for all } k)$ $\Delta R_j = f(\Delta F_k, \text{ for all } k)$ όπου $\Delta F_k$ : κάθε αλλαγή στη χρηματοοικονομική μεταβλητή $k$ .
	Εστίαση στη Παραγγελία, στους Πόρους, στα Οικονομικά στοιχεία και στις Μεταφορές	Ανεπιθύμητα συμβάντα στην υποδιαδικασία μεταφορών θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αποκλίσεις στα χρηματοοικονομικά στοιχεία, σε πόρους ακόμη και στην υποδιαδικασία της παραγγελίας, καθώς αυτή είναι η ενέργεια που εκπληρώνει το αποτέλεσμα της διαδικασίας της αλυσίδας εφοδιασμού.	$\Delta O_i = f(\Delta T_h, \text{ for all } h)$ $\Delta R_j = f(\Delta T_h, \text{ for all } h)$ $\Delta F_k = f(\Delta T_h, \text{ for all } h)$ $\Delta T_h$ : κάθε αλλαγή στη μεταβλητή των μεταφορών $h$ .
	Εστίαση στη Παραγγελία, στους Πόρους, στα Οικονομικά στοιχεία, στις Μεταφορές και στο Περιβάλλον	Οι μεταβλητές περιβάλλοντος συνδέονται με τις αποκλίσεις των πόρων και των παραγγελιών. Η συνάρτηση ενεργοποίησης περιγράφει πώς μια ανεπιθύμητη απόκλιση μιας περιβαλλοντικής μεταβολής $\Delta E_h$ , μπορεί να προκαλέσει μια αλλαγή και τελικά να προκαλέσει μια ανωμαλία στην παραγγελία.	$\Delta O_i = f(\Delta E_h, \text{ for all } h)$ $\Delta R_j = f(\Delta E_h, \text{ for all } h)$ $\Delta F_k = f(\Delta E_h, \text{ for all } h)$ $\Delta T_h = f(\Delta E_h, \text{ for all } h)$ όπου $\Delta E_h$ : κάθε αλλαγή στη μεταβλητή περιβάλλοντος $h$ .
Επιχειρησιακή Στρατηγική (Operational strategy )	Συστήματα Παρακολούθησης (Monitoring System)	Αυτά τα συστήματα SCEM είναι βασικά μια παραλλαγή συστημάτων εντοπισμού και ανίχνευσης των οποίων η λειτουργικότητα περιορίζεται στην ανίχνευση περιστατικών από προκαθορισμένα προγραμματισμένα συμβάντα	
	Συστήματα Ειδοποίησης (Alarm System)	Ένα σύστημα SCEM χαρακτηρίζεται ως σύστημα ειδοποίησης όταν εντοπίζει συστηματικά ανωμαλίες ως μια προγραμματισμένη και προκαθορισμένη διαδικασία και ενημερώνει το αρμόδιο τμήμα ή τον αρμόδιο διαχειριστή (Hoffmann O., Deschner, D, Reinheimer et al,1999) ,( Speyerer, J.K. & Zeller, Andrew et al,2004), (Teuteberg F. & Schreber, D.,2005),( Zimmermann, R.,2006)	

Κατηγοριοποίηση Συστημάτων SCEM (SCEM Classification )		
Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support System)	Εντοπίζει αποκλίσεις και προτείνει την κατάλληλη λύση για την ελαχιστοποίηση της απόκλισης σε περίπτωση ανεπιθύμητων γεγονότων για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας της αλυσίδας εφοδιασμού. Η ενσωμάτωση του ανθρώπινου παράγοντα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων εντοπίζεται στη εγκριση της τελικής απόφαση.( Cauvin, A.; Ferrarini, A. & Tranvouez, E.,2009) ,( Adhitya, A.; Srinivasan, R. & Karimi, I.A,2007),( Nirupam Julka, Rajagopalan Srinivasan,2002)	
Αυτόνομα Συστήματα Δίορθωσης Αποκλίσεων (Autonomous Corrective System)	Αυτά τα συστήματα είναι σε θέση να ανιχνεύσουν ένα ανεπιθύμητο γεγονός και να αναζητήσουν μια λύση σύμφωνα με την πρόβλεψη του αποτελέσματος που θα είχε αυτό στην όλη διαδικασία. Η εφαρμογή της επιλεγμένης λύσης γίνεται χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα.( Bearzotti Lorena, et al, 2011),( Lorena A. Bearzotti, Enrique Salomone, 2012),( David Pardoe, Peter Stone,2009)	
Προδραστικά – Προγνωστικά Συστήματα (Proactive – Predictive System)	Ένα προδραστικό προγνωστικό σύστημα SCEM είναι σε θέση να ανιχνεύσει μη φυσιολογικά γεγονότα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα πριν αυτά συμβούν. Η πρόβλεψη μπορεί να επιτευχθεί με βάση ιστορικών δεδομένων καθώς και ανάλυση δεδομένων πραγματικού χρόνου. Η προδραστική ενέργεια στην προβλεπόμενη απόκλιση μπορεί να προέλθει από τεχνικές μηχανικής μάθησης ως χαρακτηριστικά του συστήματος.( Freamut Bodendorf, Roland Zimmermann,2005),( Mihalis Giannakis, Michalis Louis,2011)	

Σε συνέχεια των παραπάνω ερευνητικών προτάσεων στο χώρο του SCEM, παρουσιάζουμε στο υπόψη κεφάλαιο τη δική μας προσέγγιση για ένα σύστημα του είδους. Η πρωτοτυπία της πρότασης μας είναι η ενσωμάτωση των εξωτερικών γεγονότων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκεκριμένα ασχοληθήκαμε με γεγονότα που προέρχονται από πραγματικά δεδομένα καιρού και οδικής κυκλοφορίας και προτείνουμε έναν τρόπο διαχείρισης τους προς βελτιστοποίηση της απόδοσης της αλυσίδας εφοδιασμού.

## 5.2 Πρόταση Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας Βάση Γεγονότων

### 5.2.1 Σκοπός

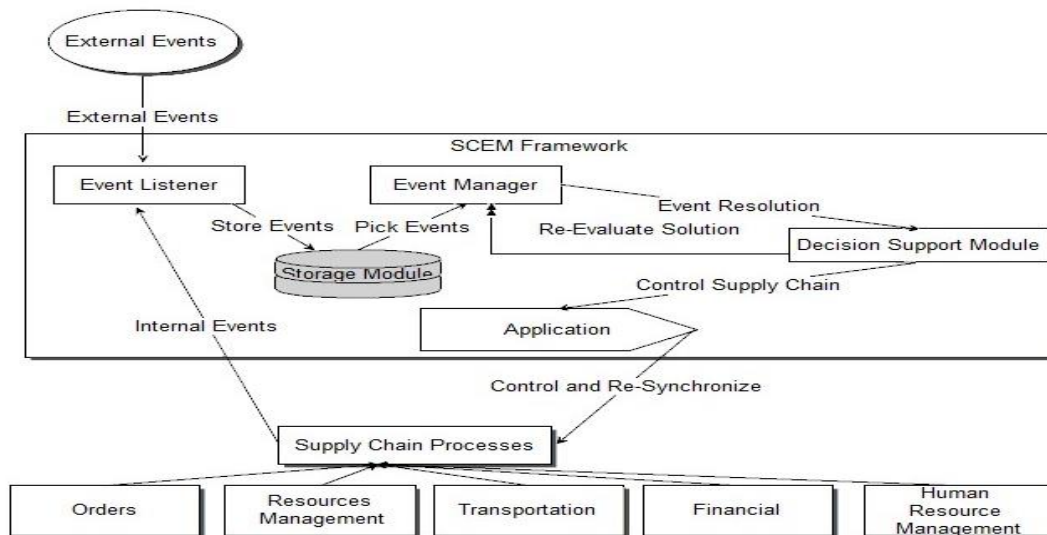
Το προτεινόμενο SCEM σύστημα σκοπεύει να υποστηρίξει την εφοδιαστική αλυσίδα στη διαχείριση γεγονότων βελτιστοποιώντας τις διαδικασίες παραγωγής, τη διαχείριση αποθεμάτων και διαδικασίες logistics, εντοπίζοντας γεγονότα τα οποία δημιουργούν ανεπιθύμητες αποκλίσεις. Ακολούθως προτείνεται μια μέθοδος αντιμετώπισης των αποκλίσεων πριν οι επιδράσεις των αποκλίσεων επηρεάσουν την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός, η προσέγγιση που προτείνεται εστιάζει τόσο στις εσωτερικές διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας όσο και στις εξωτερικές. Οι αντικειμενικοί σκοποί του προτεινόμενου SCEM συστήματος είναι η σχεδίαση και η υλοποίηση μιας δομής η οποία θα είναι κατάλληλη να αντιλαμβάνεται γεγονότα σε πραγματικό χρόνο, να τα



επεξεργάζεται και να προσαρμόζει τη λειτουργία της κατάλληλα επανασυγχρονιζόμενη με βάση προκαθορισμένους επιχειρηματικούς κανόνες και μοντέλα αποφάσεων ώστε να επιτύχει απρόσκοπτα την εκτέλεση των διαδικασιών της βελτιστοποιώντας την παρεχόμενη υπηρεσία προς το χρήστη-πελάτη. Η προσέγγιση στηρίχθηκε σε μια Service Based αρχιτεκτονική η οποία μας επέτρεψε να έχουμε μια χαλαρή σύνδεση μεταξύ των τμημάτων του μοντέλου. Ως αποτέλεσμα αυτού το υπόψη σύστημα έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει στη λειτουργία του μια ποικιλία διαθεσίμων on-line υπηρεσιών.

## 5.2.2 Αρχιτεκτονική συστήματος

Το προτεινόμενο μοντέλο SCEM αποτελείται από πέντε βασικά στοιχεία (σχήμα 5-1) τα οποία παρέχουν τη λειτουργικότητά τους ως υπηρεσία, επιτρέποντας κάθε εσωτερική διασύνδεση εντός του μοντέλου να γίνεται με την ανταλλαγή XML μηνυμάτων μέσω ενός επιχειρησιακού δικτύου (Enterprise Service Bus-ESB). Για το συντονισμό της λειτουργίας των στοιχείων χρησιμοποιήσαμε BPEL 2.0 καθώς κρίθηκε κατάλληλη για τη σύνθεση και παρακολούθηση της χρονογραφίας των υπόψη υπηρεσιών.



Σχήμα 5-1 Προτεινόμενο μοντέλο SCEM

Για την περιγραφή της εσωτερικής λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας αναλύσαμε αυτή σε διαδικασίες. Οι διαδικασίες αυτές εντοπίζονται στο σύνολο της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας και περιλαμβάνουν τη παραγωγή, τη διαχείριση αποθεμάτων, τις μεταφορές, τη διαχείριση παραγγελιών, τις τιμολογήσεις και τη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού. Αυτές οι υποδιαδικασίες δημιουργούν εσωτερικά γεγονότα και είναι υποκείμενες σε επανασυγχρονισμό ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα για την ανεμπόδιστη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Από την ανάλυση μας εξαιρέσαμε την υποδιαδικασία της τιμολόγησης ως μια υποδιαδικασία η οποία συνήθως δε αποδέχεται τροποποιήσεις. Οι λειτουργικότητα των στοιχείων (modules) της προσέγγισης μας περιλαμβάνουν τον Event Listener, το Storage Module, τον Event Manager, το Application (συνήθως ένα ERP σύστημα) και το Decision Support Module. Ακολουθεί μια ανάλυση της λειτουργικότητας και της σκοπιμότητας κάθε στοιχείου παρακάτω.

### **5.2.2.1 Στοιχείο Παρακολούθησης Γεγονότων (Event Listener)**

Το στοιχείο αυτό είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση των εσωτερικών και εξωτερικών γεγονότων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα εσωτερικά γεγονότα (Internal Events) δημιουργούνται από τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας κάθε φορά που το status των διαδικασιών αυτής αλλάζει πχ. «υποβλήθηκε μια παραγγελία» , «το προϊόν αποστάλθηκε» κ.ο.κ. Τα γεγονότα ενεργοποιούν τον Event Listener, ο οποίος τα συλλέγει και τα αποθηκεύει σε μια Βάση Δεδομένων μαζί με το χρονικό στίγμα εμφάνισής τους. Στη περίπτωση των εξωτερικών γεγονότων (external events) ο Event Listener λειτουργεί διαφορετικά. Ο Event Listener ενεργοποιείται για να παρακολουθεί external events βασιζόμενος στην πραγματική λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, κάθε φορά που μια παραγγελία υποβάλλεται ή κάθε φορά που μια παραγγελία είναι έτοιμη για αποστολή στον πελάτη, ο Event Listener ενεργοποιείται και ξεκινά να συλλέγει δεδομένα που αφορούν τις καιρικές συνθήκες και τις κυκλοφοριακές συνθήκες για μια περιοχή ενδιαφέροντος και η οποία βρίσκεται πλησίον της περιοχής παράδοσης του πελάτη, χρησιμοποιώντας τον ταχυδρομικό του κώδικα της υπόψη περιοχής. Ο χειρισμός των external events περιλαμβάνει τη λειτουργία της αποθήκευσης στη Βάση Δεδομένων ώστε να χρησιμοποιηθούν από το στοιχείο διαχείρισης γεγονότων (Event Manager).

### **5.2.2.2 Εφαρμογή (Application)**

Το στοιχείο αυτό αποτελεί την εφαρμογή (συνήθως ένα ERP σύστημα) η οποία είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο και το συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στα πλαίσια της λειτουργίας της ενορχηστρώνει τις διαδικασίες, ενεργώντας διαχείριση της παραγγελίας, διαχείριση των αποθεμάτων, διαχείριση των προμηθειών, διαχείριση των μεταφορών κ.ο.κ. Μέσω αυτής της εφαρμογής, τα παραγόμενα εσωτερικά γεγονότα γίνονται γνωστά στον Event Listener. Το στοιχείο αυτό είναι επίσης υπεύθυνο στο να προβεί στις απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες επανασυγχρονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας καθ' υπόδειξη του στοιχείου Decision Module. Αυτό προϋποθέτει ότι κάποιες διαδικασίες θα πρέπει να επανακινηθούν από την αρχή ή ότι θα πρέπει να αναδρομολογηθούν για να αποφευχθούν τα αποτελέσματα των αποκλίσεις. Σε μια πιο εκτεταμένη έκδοση αυτού του μοντέλου το στοιχείο του Application θα μπορεί να συμπεριλάβει τον έλεγχο αισθητήρων και φορητών συσκευών ώστε να υποστηρίξει και να ενισχύει τη λειτουργία του Event Listener με περισσότερα ανιχνεύσιμα γεγονότα από την εφοδιαστική αλυσίδα.

### **5.2.2.3 Στοιχείο Αποθήκευσης (Storage Module)**

Πρόκειται επί της ουσίας για μια σχεσιακή Βάση Δεδομένων. Η βασική λειτουργία αυτού του στοιχείου έγκειται στην αποθήκευση των γεγονότων που εμφανίζονται στην εφοδιαστική αλυσίδα. Επιπρόσθετα στα πλαίσια της λειτουργικότητας του παρέχει τον απαραίτητο αποθηκευτικό χώρο για τις λειτουργίες του Application, αποθηκεύοντας δεδομένα και υποστηρίζοντας τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με τη χρήση τεχνικών ανάλυσης δεδομένων, αδόμητη πληροφορία που είναι αποθηκευμένη στο στοιχείο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση γνώσης με τη χρήση μηχανικής μάθησης (Machine Learning) ώστε να ενισχυθεί η διαδικασία ανάλυσης των γεγονότων του στοιχείου Event Manager.

### **5.2.2.4 Στοιχείο Διαχείρισης Γεγονότων (Event Manager Module)**

Το στοιχείο του Event Manager προβαίνει σε επιλογή γεγονότων από το στοιχείο Storage. Η επιλογή των γεγονότων προκύπτει από τα γεγονότα τα οποία δημιουργούν αποκλίσεις

υπερβαίνοντας προκαθορισμένα όρια. Η στρατηγική για τον προσδιορισμό των ορίων στηρίζεται σε προγενέστερα αποτελέσματα βασιζόμενη σε ιστορικά δεδομένα. Ο Event Manager προβαίνει επίσης και σε συσχέτιση απλών γεγονότων φαινομενικά μη συσχετιζομένων σε περισσότερο σύνθετα, πχ μια πρόβλεψη για άσχημες καιρικές συνθήκες σε συνδυασμό με τεχνικά έργα σε ένα δρομολόγιο προς την κατεύθυνση παράδοσης μιας παραγγελίας μπορεί να προκαλέσει στη διαδικασία αποστολής την ανάγκη εξεύρεσης εναλλακτικής διαδρομής για την αποφυγή πιθανής καθυστέρησης ενημερώνοντας σχετικά και τον τελικό αποδεκτή της παραγγελίας. Η συσχέτιση γεγονότων, σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιείται με βάση ενός μηχανισμού προκαθορισμένων κανόνων.

#### 5.2.2.5 Στοιχείο Υποστήριξης Απόφασης (Decision Module)

Ο ρόλος αυτού του στοιχείου είναι η αξιολόγηση της συσχετιζόμενης ανάλυσης γεγονότων. Το Decision Module έχει το ρόλο της υποστήριξης του ανθρώπινου παράγοντα προτείνοντας λύσεις είτε επανασυγχρονισμού των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας είτε την απόρριψη τους και την έναρξη νέων. Στο στοιχείο αυτό χρησιμοποιούνται επιχειρηματικοί κανόνες (Business Rules) για την υποστήριξη των αποφάσεων. Οι επιχειρηματικοί κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο προέκυψαν από συνεντεύξεις με επαγγελματίες του χώρου των logistics, ώστε να ανταποκρίνονται περισσότερο σε πραγματικές συνθήκες. Η επεκτασιμότητα του μοντέλου μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε αυτό το στοιχείο με τη ενσωμάτωση τεχνικών λήψης απόφασης όπου θα ενισχύσουν το υπόψη στοιχείο παρέχοντας αξιολόγηση των προτεινόμενων λύσεων προς αποφυγή αποκλίσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα

### 5.2.3 Πλαίσιο Εφαρμογής Σεναρίου

Για την παρουσίαση του μοντέλου σχεδιάστηκε ένα απλοποιημένο σενάριο από το πεδίο των logistics το οποίο προσομοιώνει μια εφοδιαστική αλυσίδα. Το σενάριο αποτελείται από δυο εργοστάσια παραγωγής (F1 και F2) και ένα εργοστάσιο συναρμολόγησης (F3). Τα εργοστάσια παραγωγής F1 και F2 παράγουν τα υλικά P1 και P2 αντίστοιχα ενώ το εργοστάσιο συναρμολόγησης F3 συνθέτει τα δύο αυτά υλικά παράγοντας το προϊόν P3. Καθε εργοστάσιο έχει τους περιορισμούς του και τις αντίστοιχες δυνατότητες παραγωγής βάση του εξοπλισμού του. Μια σύνοψη των περιορισμών και των δυνατοτήτων των υπόψη εργοστασίων εμφανίζεται στο πίνακα 5-2.

Πίνακας 5-2. Τιμές υποθετικών εργοστασίων

	Δυνατότητες /Περιορισμοί		
	<i>Εργοστάσιο F1</i>	<i>Εργοστάσιο F2</i>	<i>Εργοστάσιο F3</i>
Παραγωγή με ένταση Εργασίας WI I	100 P1 per hour	150 P2 per hour	1 P3 / 6 min
Παραγωγή με ένταση Εργασίας WI II	150 P1 per hour	230 P2 per hour	-
Κατανάλωση Α' Υλών με WI I	6 ton/hour	7.5ton/hour	-
Κατανάλωση Α' Υλών με WI II	9 ton/hour	11 ton/hour	

	<b>Δυνατότητες /Περιορισμοί</b>		
	<b>Εργοστάσιο F1</b>	<b>ΕργοστάσιοF2</b>	<b>Εργοστάσιο F3</b>
Απόθεμα Δεξαμενών Πετρελαίου	15.000 tons	20.000 tons	-
Χωρητικότητα Αποθηκών	10.000 pcs	8000 pcs	5000 pcs
Μεταφορική Ικανότητα	2500 pcs	7500 pcs	5000 pcs

Μια περαιτέρω υπόθεση περιλαμβάνει τους ελάχιστους χρόνους αποστολής και μεταφοράς μεταξύ των εργοστασίων . Οι χρόνοι αυτοί αφορούν την μεταφορά προϊόντων μεταξύ των εργοστασίων F1 και F3 και ορίζονται σε μια ημέρα, ενώ ο αντίστοιχος χρόνος μεταξύ των εργοστασίων F2 και F3 ορίζεται σε δύο ημέρες. Είναι κατανοητό ότι οι χρόνοι αυτοί είναι συμβατικοί καθώς ο πραγματικός χρόνος μπορεί να είναι μεγαλύτερος ή μικρότερος καθώς μπορεί να επηρεαστεί από τις κυκλοφοριακές συνθήκες και την απόσταση των εργοστασίων μεταξύ τους . Για την πλαισίωση του σεναρίου άλλη μια παραδοχή εντοπίζεται στο χρόνο παράδοσης. Σε περίπτωση που ο εκτιμώμενος χρόνος παράδοσης υπερβεί το χρονικό διάστημα των 4 ημερών, η αποστολή των προϊόντων μπορεί να ανατεθεί σε ένα εξωτερικό συνεργάτη (Third Party Logistics 3PL). Παρόμοια πολιτική εφαρμόζεται στις αποστολές των τελικών προϊόντων στον πελάτη όπου ο χρόνος παράδοσης δε θα πρέπει να υπερβεί τις 3 ημέρες.

Η εφοδιαστική αλυσίδα ξεκινά με την υποβολή μιας παραγγελίας. Η παραγγελία επεξεργάζεται και ελέγχεται το απόθεμα του προϊόντων P3 στο εργοστάσιο F3.Εφόσον η ποσότητα του προϊόντος είναι επαρκής, η παραγγελία κατευθύνεται στην υποδιεργασία του μεταφορέα διαφορετικά ξεκινά η υποδιεργασία της παραγωγής. Η τελευταία αυτή υποδιεργασία διαχωρίζεται για κάθε εργοστάσιο παραγωγής ανάλογα με τις ζητούμενες ποσότητες για τα υποπροϊόντα P1 και P2 προκειμένου να ολοκληρωθεί η παραγγελία. Η υποδιεργασία της παραγωγής σε κάθε εργοστάσιο περιλαμβάνει την απαραίτητη διαχείριση αποθεμάτων, τη διαχείριση παραγωγής καθώς και τη διαχείριση αποστολής-μεταφοράς. Ένα διάγραμμα BPMN παρουσιάζει την διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας που χρησιμοποιείται στο μοντέλο (σχήμα 5-2). Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται η υποδιεργασία της αποστολής-μεταφοράς, της παραγγελίας και της παραγωγής. Στο σενάριο που προαναφέρθηκε τα αποτελέσματα των υποδιεργασιών καθώς και οι ίδιες οι υποδιεργασίες δημιουργούν και επηρεάζονται από γεγονότα όπως πχ. η διαθεσιμότητα των υποπροϊόντων, η διαθεσιμότητα των μεταφορικών μέσων και το ύψος των πρώτων υλών που είναι απαραίτητες για την παραγωγή. Τα παραδείγματα αυτά μπορούν να δημιουργήσουν εσωτερικά γεγονότα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Επιπρόσθετα, εξωτερικά γεγονότα όπως ακραία καιρικά φαινόμενα και εργασίες στο οδικό δίκτυο αποτελούν συνθήκες που δημιουργούν κυκλοφορικά προβλήματα και είναι δυνατόν να δημιουργήσουν αποκλίσεις στη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας πχ, καθυστερήσεις στην παράδοση μια παραγγελίας ή στη διαδικασία μεταφοράς και παραγωγής.

#### **5.2.4 Υλοποίηση Μοντέλου και Προσομοίωση**

Το προτεινόμενο μοντέλο υλοποιήθηκε ως Service Based εφαρμογή ως ένα πρότυπο SCEM συστήματος. Για την εξέταση της αποτελεσματικότητας του μοντέλου εφαρμόστηκε το προαναφερόμενο σενάριο εφοδιαστικής αλυσίδας υποθέτοντας μια ανάθεση παραγγελίας

από ένα πελάτη. Ο σκοπός της προσομοίωσης είναι η εξέταση της βελτιστοποίησης μέσω επανασυγχρονισμού της διαδικασίας της εφοδιαστικής αλυσίδας στην περίπτωση εμφάνισης γεγονότων που δημιουργούν αποκλίσεις, σύμφωνα με προκαθορισμένους κανόνες και ανάλυση γεγονότων, ενημερώνοντας το πελάτη για την πιθανή ημερομηνία παράδοσης. Ο σχεδιασμός των βασικών στοιχείων της εφαρμογής έγινε σε BPEL 2.0 με τη χρήση Oracle JDeveloper και εφαρμόστηκε σε έναν Oracle WebLogic Server, ενώ ο Event Listener υλοποιήθηκε σε περιβάλλον .NET σε έναν IIS7.

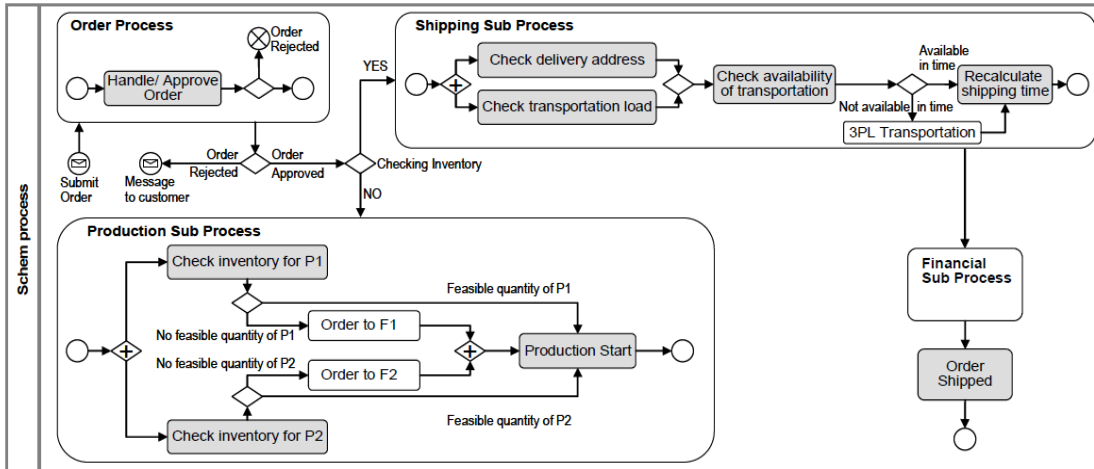
Τα εσωτερικά γεγονότα προσομοιώθηκαν από αλλαγές στο ύψος των αποθεμάτων, τη διαθεσιμότητα των μεταφορικών κτλ. δημιουργήθηκαν με μια ψευδοτυχαία σειρά μέσω της εφαρμογής.

Μια σημαντική παράμετρος στην υλοποίηση της εφαρμογής είναι η αναζήτηση και ή ενσωμάτωση των εξωτερικών γεγονότων τα οποία επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα. Γενικά τα εξωτερικά γεγονότα μπορούν να ανιχνευθούν από ένα σημαντικό εύρος πηγών που περιλαμβάνουν αισθητήρες, συσκευές RFID κτλ. Με την επέκταση των εμπορικών και των εφοδιαστικών διαδικασιών το σύνολο των γεγονότων που προσφέρονται για επεξεργασία είναι τεράστιο ενώ ακόμα και γεγονότα που συμβαίνουν στην μια άκρη του πλανήτη μπορεί να επηρεάσουν μια εταιρεία χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Για την ελαχιστοποίηση αυτής της τεράστιας πηγής γεγονότων, εστιάζουμε στα καιρικά φαινόμενα και στις πληροφορίες ελέγχου κυκλοφορίας καθώς και οι δύο αυτές κατηγορίες γεγονότων μπορούν να επηρεάσουν το σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας τόσο συνδυαζόμενα όσο και μεμονωμένα. Μια σειρά υπηρεσιών διαδικτύου (Web Services) τα οποία παρέχουν πληροφορίες σχετιζόμενες με καιρικές προγνώσεις και κυκλοφοριακές πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία του συστήματος με εξωτερικά γεγονότα. Συγκεκριμένα και στη δική μας περίπτωση, το σύστημα μας χρησιμοποιεί δύο δωρεάν διαθέσιμα web-services τα οποία παρέχουν πληροφορίες για τις δύο ανωτέρω κατηγορίες εξωτερικών γεγονότων. Το Bing Traffic<sup>9</sup> και το web service του National Weather Forecast Agency of United States<sup>10</sup>, παρέχουν σύγχρονη, πραγματική ενημέρωση για την κατάσταση των δρόμων και τις καιρικές συνθήκες σε διάφορες περιοχές των Η.Π.Α και χρησιμοποιήθηκαν για αυτόν το σκοπό.

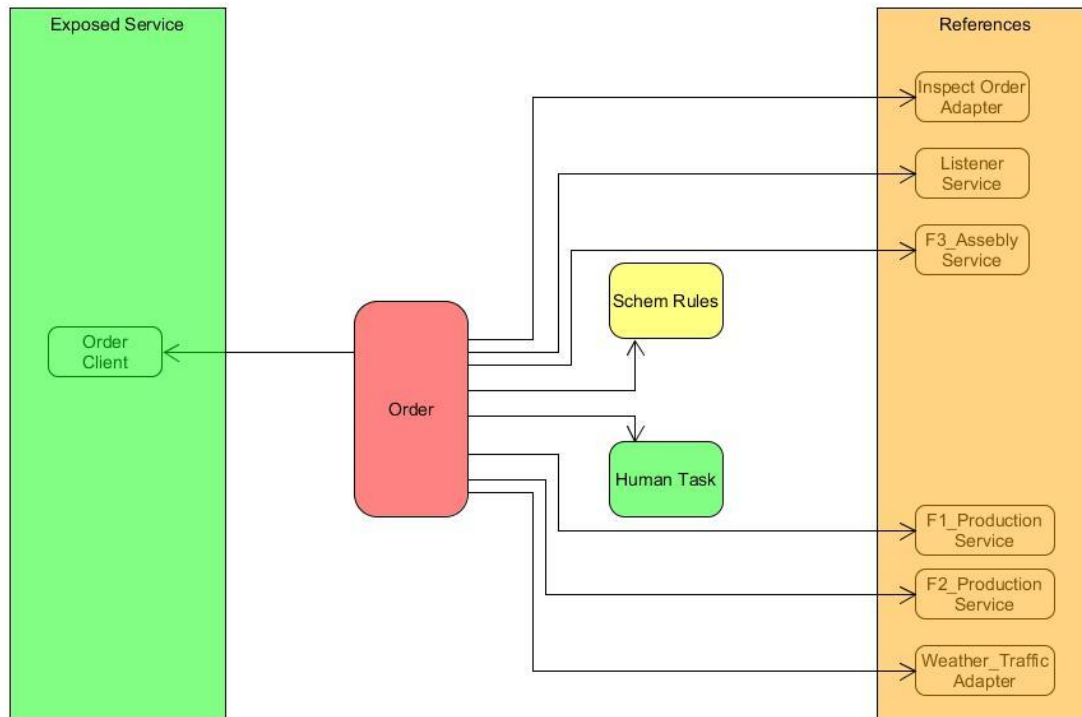
Μια σύνθεση της όλης εφαρμογής παρουσιάζεται στο σχήμα 5-3 όπου παρουσιάζει την SOA υλοποίηση της SCEM προσέγγισης μας. Όλες οι λειτουργίες που παρουσιάζονται στη δεξιά πλευρά του σχήματος εντός του πλαισίου λειτουργούν ως ξεχωριστές υπηρεσίες (Services) υλοποιώντας μέσω χαλαρών συνδέσεων και συμβάλουν στην επεκτασιμότητα του μοντέλου μας. Στο εσωτερικό βρίσκεται η βασική εφαρμογή διαχείρισης της παραγγελίας, το στοιχείο που διαχειρίζεται του επιχειρηματικούς κανόνες και το στοιχείο του Human Task που επιτρέπει την εκδήλωση των προτεινόμενων ενεργειών αποφυγής των αποκλίσεων κατόπιν έγκρισης από το χρήστη. Στην αριστερή πλευρά φαίνεται το Interface του μοντέλου μας ως Web Service.

<sup>9</sup> Bing Traffic <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh441726.aspx> (Το υπόψη Web Service δεν είναι πλέον διαθέσιμο)

<sup>10</sup> National Oceanic and Atmospheric Administrations <http://graphical.weather.gov/xml/>



Σχήμα 5-2. Αναπαράσταση διαδικασίας



Σχήμα 5-3. SOA Model προτεινόμενης αρχιτεκτονικής

Η προσομοίωση ξεκινά με την υποβολή μιας παραγγελίας από τον πελάτη. Ένα παράδειγμα των στοιχείων που καταχωρούνται κατά την υποβολή μιας παραγγελίας από τον πελάτη εμφανίζεται στο σχήμα 5-4. Μετά την υποβολή της παραγγελίας η εφαρμογή ελέγχει τη διαθεσιμότητα ολοκληρωμένων προϊόντων. Στην περίπτωση που δεν είναι επαρκές το απόθεμα προωθεί ένα αίτημα στο εργοστάσιο συναρμολόγησης F3 το οποίο με τη σειρά του επεξεργάζεται το αίτημα και προωθεί ανάλογο αίτημα αποστολής πρώτων υλών προς τα εργοστάσια F1 και F2. Παράλληλα, ο Event Listener συλλέγει και αποθηκεύει γεγονότα για την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος όπως αυτή προέκυψε από τη διεύθυνση αποστολής του

πελάτη που καταχωρήθηκε στο αρχικό στάδιο ενώ παράλληλα παρακολουθεί και τις εσωτερικές διαδικασίες για τον εντοπισμό εσωτερικών γεγονότων

```
<inputVariable>
  <part name="payload">
    <ns1:Order>
      <ns1:OrderQuan>3000</ns1:OrderQuan>
      <ns1:Address>Harrison St</ns1:Address>
      <ns1:StreetNr>76</ns1:StreetNr>
      <ns1:City>Vashon</ns1:City>
      <ns1:ZipCode>98070</ns1:ZipCode>
      <ns1:OrderDate>2014-02-08</ns1:OrderDate>
    </ns1:Order>
  </part>
</inputVariable>
```

**Σχήμα 5-4.Υπόδειγμα μεταβλητής εισόδου.**

Ένα παράδειγμα το τρόπου που τα εξωτερικά γεγονότα λαμβάνονται υπόψη και επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα παρουσιάζεται στο σχήμα 5-5. Στο παράδειγμα αυτό υπο μορφή μηνύματος XML εμφανίζει ένα έργο οδοποιίας σε ένα τμήμα δρόμου στην περιοχή ενδιαφέροντος αποστολής της παραγγελίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυτό το τμήμα του δρόμου να είναι κλειστό χωρίς καμία διαθέσιμη αποτελεσματική παράκαμψη σε μια μέρα με έντονη βροχόπτωση. Αυτό το συμβάν επεξεργάζεται από το στοιχείο Rule Engine το οποίο αντιδρά κατάλληλα προσθέτοντας μια επιπλέον καθυστέρηση στην ημερομηνία παράδοσης.

```
<WeatherTrafficView>
  <coverage>chance</coverage>
  <intensity>light</intensity>
  <weatherType>rain showers</weatherType>
  <maxtemp>38</maxtemp>
  <mintemp>49</mintemp>
  <timeend>2014-04-01T17:35:00.000+03:00</timeend>
  <timestart>2014-01-03T08:00:00.000+02:00</timestart>
  <description>at RAMP - Closed due to roadwork.</description>
  <roadclosed>true</roadclosed>
  <verified>true</verified>
  <detour >NO</detour>
  <zipcode>98070</zipcode>
  <severity>Serious</severity>
  <provisionDate>2014-02-08T00:00:00+02:00</provisionDate>
</WeatherTrafficView>
```

**Σχήμα 5-5.Παράδειγμα μηνύματος καιρικών δεδομένων.**

Εσωτερικά και εξωτερικά δεδομένα επεξεργάζονται από το στοιχείο Rule Engine. Στο στοιχείο αυτό βρίσκονται αποθηκευμένοι προκαθορισμένοι κανόνες οι οποίοι αντιπροσωπεύουν την πολιτική της εταιρίας ανά διαδικασία της όλης εφοδιαστικής αλυσίδας. Ένα παράδειγμα κανόνων που αφορούν τη διαδικασία της μεταφοράς φαίνεται στη σχήμα 5-6 Αυτοί οι κανόνες είναι ένα σύνολο IF-THEN-ELSE προτάσεων κατάλληλων για τον έλεγχο της ροής των διαδικασιών που σχετίζονται με τα εισερχόμενα γεγονότα.

```

IF
  F1OrderNotifications.p1OrderF1 <= F1TransportationAmount and
  F1Transportation.f1ShippingCapability == true and
  F1OrderNotifications.p1OrderF1 > minF1Transportation

THEN
  modify F1Transportation ( f13PLShipping : false , f1ShippingAmount : F1OrderNotifications.p1OrderF1 , f1ShippingCapability : false )

```

---

```

IF
  F1OrderNotifications.p1OrderF1 > F1TransportationAmount and
  F1Transportation.f1ShippingCapability == true and
  F1OrderNotifications.p1OrderF1 -F1TransportationAmount > minF1Transportation

THEN
  modify F1Transportation ( f13PLShipping : true , f1ShippingAmount : F1OrderNotifications.p1OrderF1 -F1TransportationAmount , f1ShippingCapability : false )

```

---

```

IF
  F1OrderNotifications.p1OrderF1 <= F1TransportationAmount and
  ( F1Transportation.f1ShippingCapability == false or F1OrderNotifications.p1OrderF1 > minF1Transportation )

THEN
  modify F1Transportation ( f13PLShipping : true , f1ShippingAmount : F1OrderNotifications.p1OrderF1 )

```

### Σχήμα 5-6. Παράδειγμα επιχειρηματικών κανόνων μοντέλου

Τα αποτελέσματα από το στοιχείο Rule Engine προωθούνται στο στοιχείο Decision Module (Human Task). Στο στοιχείο αυτό η νέα προτεινόμενη ημερομηνία παράδοσης η οποία προέκυψε σαν αποτέλεσμα επεξεργασίας εσωτερικών και εξωτερικών γεγονότων απαιτεί την επέμβαση και έγκριση του ανθρώπινου παράγοντα. Σε περίπτωση απόρριψης της προτεινόμενης ημερομηνίας παράδοσης η διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας επαναδρομολογείται αλλάζοντας στοιχεία όπως η ένταση εργασίας κάθε εργοστασίου ή την επιλογή του μεταφορέα επιδιώκοντας τη βελτιστοποίηση του αποτελέσματος. Σε αυτό το σημείο της ανάπτυξης του μοντέλου η απόφαση για επαναξιολόγηση των στοιχείων που χρειάζονται αλλαγή στηρίζεται στον ανθρώπινο παράγοντα και αποτελεί ένα σημείο προς βελτιστοποίηση στα επόμενα κεφάλαια όπου θα παρουσιαστούν περισσότερο αυτοματοποιημένες λύσεις.

#### 5.2.5 Αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης

Στο παρόν κεφάλαιο προτείναμε ένα μοντέλο SCEM για τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και την αποφυγή αποκλίσεων το οποίο λαμβάνει πραγματικά εξωτερικά δεδομένα online μέσω web-services και γεγονότα προσομοιώσεις που προκύπτουν από το ίδιο το μοντέλο μέσω της εφαρμογής ενός σεναρίου. Γενικά αποδείχτηκε κατόπιν προσομοιώσεων ότι το μοντέλο μπορεί να διαχειριστεί τα απαιτούμενα γεγονότα στην εφοδιαστική αλυσίδα τόσο τα εσωτερικά όσο και τα εξωτερικά όπως αυτά ορίστηκαν με αποτελεσματικό τρόπο βελτιώνοντας τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω επαναδρομολογήσεων.

Στο μοντέλο η συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα στη λήψη της τελικής απόφασής είναι καθοριστική στην εξέλιξη της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το στοιχείο του Responsiveness και του Situation Detection έστω και σε πρώιμο στάδιο μέσω της σύνθεσης απλών γεγονότων είναι χαρακτηριστικά αυτού του μοντέλου. Στοιχεία τα οποία μπορούν να βελτιωθούν εντοπίζονται στην απουσία του στοιχείου μάθησης του μοντέλου καθιστώντας τη



μια δομή η οποία στηρίζεται κυρίως στην εμπειρία και τη γνώση των ειδικών του χώρου. Η επέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα περιορίζεται όμως στην επικύρωση εναλλακτικών λύσεων που προτείνονται από το σύστημα. Τέλος η δυνατότητα Event Awareness του μοντέλου του επιτρέπει να ενσωματώσει στην λειτουργία του γεγονότα και να τα επεξεργαστεί με κατάλληλο τρόπο. Η ικανότητα πρόβλεψης γεγονότων όμως απουσιάζει σε αυτό το μοντέλο καθώς τα γεγονότα δεν προβλέπονται αλλά αντίθετα λαμβάνονται από το σύστημα αφού έχουν συμβεί και επεξεργάζονται κατάλληλα.

Το μοντέλο αυτό κατηγοριοποιείται ως παράδειγμα ενός proactive συστήματος επιπέδου 2 όπως αυτό καθορίστηκε στο κεφ2. Όπου η εφαρμογή λειτουργεί για την υποστήριξη δραστηριοτήτων του χρήστη αλληλοεπιδρώντας με το περιβάλλον λειτουργίας της λαμβάνοντας εξωτερικά και εσωτερικά γεγονότα.

---

## 6 Επίγνωση Καταστάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

---

### 6.1 Ο Ρόλος της Επίγνωσης Κατάστασης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

#### 6.1.1 Εισαγωγή

Η αποτελεσματική διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού απαιτεί ένα σύστημα ικανό να αντιληφθεί το λειτουργικό περιβάλλον, τον τρόπο λειτουργίας των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού και των αντικειμένων που χρησιμοποιούν αυτοί, συμπεριλαμβανομένων των αλληλεπιδράσεών τους και των αλλαγών της κατάστασής τους (βλέπε για παράδειγμα Cimino, Lazzerini, Marcelloni, & Ciaramella, 2012, Feng, Teng, & Tan, 2009, Machado, Maran, Augustin, Wives, & de Oliveira, 2017). Αυτό δεν είναι εύκολο για να επιτευχθεί από ένα σύστημα. Η πλειονότητα των προσεγγίσεων παρουσιάζουν έλλειψη ικανότητας χειρισμού συμβάντων που προέρχονται όχι μόνο από την ίδια την εφοδιαστική αλυσίδα, αλλά και από το σύνολο του επιχειρησιακού περιβάλλοντός της.

Οι παραπάνω αδυναμίες των προσεγγίσεων που εξετάστηκαν αποτέλεσαν το κίνητρο για τη σχεδίαση ενός πλαισίου ικανού να ανιχνεύει, να επεξεργάζεται και να διαχειρίζεται γεγονότα όχι μόνο από την εφοδιαστική αλυσίδα αλλά και από εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία της.

#### 6.1.2 Χρόνος Ζωής Γεγονότων

Τα γεγονότα που επηρεάζουν μια εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να εμφανίζονται, όπως παρουσιάσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια, από εξωτερικές πηγές εκτός αυτής και η διάρκεια που ασκούν επίδραση επί αυτής μπορεί να κυμαίνεται από μερικά λεπτά έως ώρες. Τα συστήματα επεξεργασίας γεγονότων ροής (Complex Event Processing-CEP) είναι σε θέση να επεξεργάζονται δεδομένα για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα και χρησιμοποιούν ερωτήματα με υψηλό υπολογιστικό κόστος. Η εκτεταμένη χρήση της θεωρίας γράφων στην κοινωνική μηχανική (Social Engineering) (El Kassiri & Belouadha, 2015 · Heer & Boyd, 2005 · Lawrence & Latha, 2015) μας ώθησε να θεωρήσουμε τα γεγονότα της εφοδιαστικής αλυσίδας ως κόμβους γραφημάτων και τις σχέσεις τους ως ακμές που συνθέτουν ένα δίκτυο. Ειδικότερα,

η εργασία στο παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται στη χρήση τεχνικών διαχείρισης γεγονότων μέσω μιας ΒΔ γράφων, στο πλαίσιο του SCEM, για τον προσδιορισμό της λειτουργικής κατάστασης και επίγνωσης κατάστασης των αντικειμένων αλυσίδας εφοδιασμού και για τον προσδιορισμό των επιχειρησιακών απαιτήσεων και των χαρακτηριστικών που απαιτούνται για την ανάπτυξη των συστημάτων τύπου SCEM.

### 6.1.3 Ανάγκη Επίγνωσης Καταστάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

Ένας γενικά αποδεκτός ορισμός για την επίγνωση καταστάσεων (Situation Awareness-SA) παρουσιάστηκε από τον Endsley (2008,2016) περιγράφοντας την ως “ η αντίληψη των στοιχείων του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με το χώρο και το χρόνο, η ερμηνεία της σημασίας τους και η προβολή της καταστάσεως τους στο εγγύς μέλλον” (Endsley, 1995; Endsley & Connors 2008; Magoutas, Mentzas, & Apostolou, 2011) . Η επίγνωση καταστάσεων βασίζεται στην αντίληψη ενός επιχειρησιακού περιβάλλοντος όπου ο χρόνος, ο χώρος, τα αντικείμενα και η κατάσταση τους είναι σαφώς καθορισμένα. Η επίγνωση καταστάσεων περιλαμβάνει τη γνώση του τι συμβαίνει υπό το πρίσμα της κατανόησης του πώς οι πληροφορίες, τα γεγονότα και οι πράξεις ενός υποκειμένου μπορούν να επηρεάσουν σκοπούς και τιθέμενους στόχους στο εγγύς μέλλον.

Ένα υποκείμενο με εμπειρία στην επίγνωση καταστάσεων έχει γενικά ένα υψηλό δείκτη γνώσης των δεδομένων εισόδου και εξόδου του συστήματος το οποίο παρακολουθεί, διαθέτοντας ένα έμφυτο «συναίσθημα» καταστάσεων. Επίσης η γνώση άλλων υποκειμένων και γεγονότων τα οποία συμμετέχουν με κάποιο τρόπο στο υπόψη σύστημα αποτελώντας σημαντικές παράμετροι αυτού της επίγνωσης καταστάσεων.

Η σημασία της επίγνωσης καταστάσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι σημαντική καθώς η έλλειψη ή η ανεπάρκεια της έχει αναγνωρισθεί ως ένας βασικός παράγοντας σε ατυχήματα στα οποία έχουν προκληθεί εξαιτίας ανθρώπινου σφάλματος (Nullmeyer et al, 2005). Υπό αυτή την έννοια η επίγνωση καταστάσεων είναι βαρύνουσα σημασίας σε εργασιακά περιβάλλοντα όπως η εφοδιαστική αλυσίδα όπου η ροή πληροφοριών μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη και οι εσφαλμένες αποφάσεις μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρές συνέπειες όπως η καθυστέρηση στην παροχή σημαντικών υπηρεσιών ή υλικών ασφάλειας.

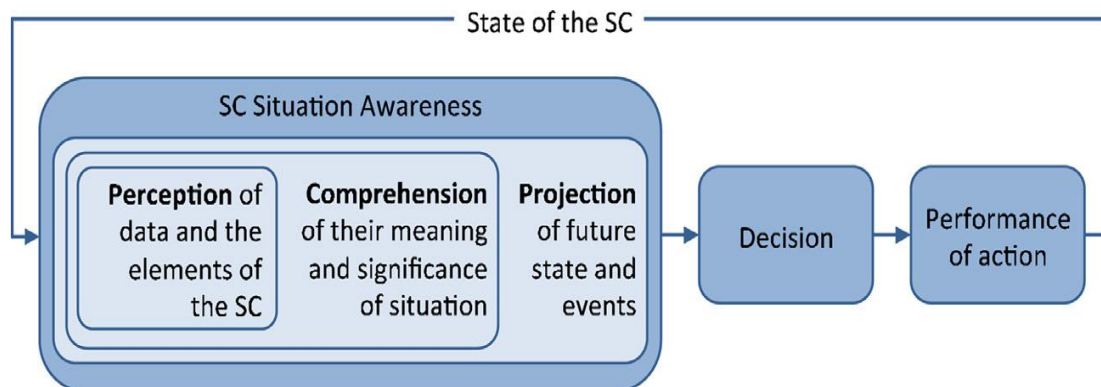
Σύμφωνα με την προαναφερόμενη ανωτέρω επισήμανση, η επίγνωση καταστάσεων μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία κατευθυνόμενη από το σκοπό στην οποία καθορισμένα βήματα πρέπει να ληφθούν. Τα βήματα αυτά σε γενικές γραμμές είναι :

- Ανίχνευση και συλλογή πληροφοριών
- Ανίχνευση καταστάσεων
- Πρόβλεψη μελλοντικών πληροφοριών με τη χρήση ανάλυσης προηγούμενων καταστάσεων
- Εφαρμογή δράσεων για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος εντός καθορισμένων περιορισμών.

Τα βήματα αυτά απεικονίζονται στο μοντέλο επίγνωσης κατάστασης της εικόνας 6-1, το οποίο βασίζεται στο μοντέλο που προτάθηκε από τον Endsley (2016, 1995). Σε αυτό το μοντέλο το

πρώτο βήμα στην επίτευξη επίγνωσης κατάστασης στηρίζεται στην ανίχνευση της κατάστασης, των χαρακτηριστικών και της δυναμικής των σχετικών αντικειμένων του περιβάλλοντος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Υπό αυτό το πρίσμα η αντίληψη της κατάστασης περιλαμβάνει τις διαδικασίες της παρακολούθησης (monitoring), της ανίχνευσης συμβάντων, και την απλή αναγνώριση τους. Οι διαδικασίες αυτές οδηγούν σε μια αντίληψη πολλαπλών αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας (άνθρωποι, συστήματα, περιβαλλοντικοί παράγοντες) και της τρέχουσας κατάστασης αυτών (τοποθεσία, κατάσταση, ενέργειες που πράττουν, ο τρόπος που πράττουν τις ενέργειες κτλ.) Η κατανόηση αποτελεί το επόμενο βήμα στην επίγνωση καταστάσεων και περιλαμβάνει μια σύνθεση διακριτών αντιλήψεων των στοιχείων μέσω μιας διαδικασίας αναγνώρισης προτύπων, μετάφρασης αυτών και αξιολόγησης τους. Η κατανόηση απαιτεί πληροφορίες για την αντίληψη του τρόπου που θα επηρεάσουν τα αντικείμενα τον τρόπο λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η πρόγνωση, το τρίτο βήμα στην επίγνωση καταστάσεων περιλαμβάνει την ικανότητα της προβολής μελλοντικών ενεργειών των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας στο περιβάλλον.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στα δύο πρώτα βήματα του μοντέλου επίγνωσης καταστάσεων, ενώ δεν εμπλέκεται στη διαδικασία πρόγνωσης της μελλοντικής κατάστασης των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας ή στην πρόγνωση μελλοντικών καταστάσεων.



**Σχήμα 6-1. Επίγνωση Καταστάσεων.**

Στο προτεινόμενο μοντέλο επίγνωσης καταστάσεων κεντρικό στοιχείο είναι το η παρακολούθηση, monitoring του επιχειρησιακού περιβάλλοντος της εφοδιαστικής αλυσίδας και ο καθορισμός της κατάστασης των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σαν αντικείμενο της εφοδιαστικής αλυσίδας θεωρούμε μια λογική ή φυσική οντότητα πχ, η παραγγελία ενός πελάτη ή ένα εμπορευματοκιβώτιο, δραστηριότητα εντός μιας εφοδιαστικής διαδικασίας, όπως επίσης και μια ολόκληρη εφοδιαστική διαδικασία (Winkelmann, Fleischer, Herwig & Becker, 2009).

## 6.2 SCEM και Επίγνωση Κατάστασης

Το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελείται από επιχειρηματικές οντότητες-αντικείμενα τα οποίες συνεργάζονται στο πλαίσιο αυτής. Έτσι, για την επίτευξη επίγνωση καταστάσεως, υπάρχει μια ανάγκη να ληφθούν υπόψη οι συνεργατικές σχέσεις των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ένα SCEM σύστημα για την επίτευξη επίγνωσης καταστάσεων θα πρέπει να είναι ικανό όχι μόνο να κατανοεί την παρούσα κατάσταση ενός αντικειμένου της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά θα πρέπει επίσης να κάνει συσχετίσεις με αντίστοιχες καταστάσεις του αντικειμένου στο παρελθόν, όπως επίσης και να αναμένει ανάλογες καταστάσεις στο μέλλον. Αυτή η ικανότητα μπορεί να επιτευχθεί από ένα σύστημα SCEM ικανό να ανιχνεύει την παρούσες καταστάσεις και να τις αποθηκεύει σε μια Βάση Δεδομένων. Η Βάση Δεδομένων με τη σειρά της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναζήτηση ομοιοτήτων με παρόμοιες καταστάσεις του παρελθόντος για την πρόβλεψη μελλοντικών αντίστοιχων καταστάσεων.

### 6.2.1 Συμμετέχοντες και οι Σχέσεις Αυτών

Για την επίτευξη επίγνωσης καταστάσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα θα πρέπει αρχικά να μοντελοποιηθούν τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα γεγονότων που συνθέτουν καταστάσεις καθώς επίσης και των σχέσεων που έχουν μεταξύ τους. Μια τυπική εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από οντότητες-αντικείμενα, όπως οι προμηθευτές, οι 3PLs<sup>11</sup> φορτηγά, μέσα παραγωγής καθώς και οι σχέσεις που έχουν μεταξύ τους. Κάθε αντικείμενο της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει ιδιότητες σχετιζόμενες με το ρόλο του σε αυτήν, όπως για παράδειγμα ένα προϊόν περιγράφεται από τις ιδιότητες του δηλαδή τις διαστάσεις του, τη τιμή του, το βάρος του, ενώ μία 3PL εταιρεία περιγράφεται από ιδιότητες όπως η τοποθεσία της έδρας της, οι μεταφορικές της ικανότητες κτλ. Οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας διαθέτουν επίσης ιδιότητες οι οποίες καθορίζουν περισσότερες πληροφορίες πχ αν μια σχέση συνεργασίας είναι περιορισμένου χρόνου ή αν ένας συνεργάτης είναι περισσότερο κατάλληλος από άλλους ή σχέση αυτή ενισχύεται με μια σχετική βαρύτητα σαν ιδιότητα. Ο πίνακας 6-1 παρουσιάζει τις οντότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας τα χαρακτηριστικά τους και τις σχέσεις μεταξύ τους.

Πίνακας 6-1 Τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας και οι σχέσεις τους σε αυτήν

SC object	Notation	Properties
Supplier	<i>S</i>	{id, Name, Location, lat, long, NumberOfEmployes, ProductionCapabilty}
3PL	<i>T</i>	{id, Name, Location, lat, long, NumberOfTransports}
Product	<i>Pr</i>	{id, Name, Price, Weight, Length, Height, Width}
Truck	<i>Tr</i>	{id, Capacity, lat, long}
Order	<i>O</i>	{id, Quantity, Address, Price, CustomerName, lat, long}
Relation	Notation	Description
Cooperates	→ <i>Cop</i>	Σχέση μεταξύ δυο συνεργατών στην εφοδιαστική αλυσίδα

<sup>11</sup> Third Partner Logistics -3PL. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην εφοδιαστική αλυσίδα για λειτουργίες όπως η αποθήκευση υλικών και προϊόντων και μεταφορές.

Undertakes	→ <i>Und</i>	Σχέση μεταξύ της παραγγελίας και των συνεργατών στην εφοδιαστική αλυσίδα
Produces	→ <i>Prod</i>	Σχέση μεταξύ ενός προμηθευτή και προϊόντος
Operates	→ <i>Oper</i>	Σχέση μεταξύ ενός εξωτερικού συνεργάτη και ενός μεταφορικού του μέσου

### 6.2.2 Τα γεγονότα

Στη συνέχεια απαιτείται μια ανάλυση των γεγονότων τα οποία συνδέονται με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας και επηρεάζουν ή ορίζουν την κατάσταση αυτών. Οι διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας και τα συστήματα που εμπλέκονται στη λειτουργία της είναι οι κύριες πηγές δημιουργίας γεγονότων. Οι συμμετέχοντες σε αυτή, προμηθευτές, μεταφορείς, λιανοπωλητές δημιουργούν γεγονότα επίσης μέσω των δραστηριοτήτων τους στην εφοδιαστική αλυσίδα. Επιπρόσθετα διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας δημιουργούν τις γεγονότα όπως οι προμήθειες και οι μεταφορές. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των προαναφερόμενων γεγονότων είναι ότι συνήθως αποτελούν δομημένα γεγονότα με επαρκή στοιχεία περιγραφής αφού προέρχονται εσωτερικά της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τέτοιου είδους γεγονότα είναι άμεσα αξιοποιήσιμα από τα συστήματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και δεν απαιτούν ιδιαίτερα θέματα χειρισμού όντας τις περισσότερες φορές μοντελοποιημένα εντός των διαδικασιών από τις οποίες δημιουργούνται.

Επιπλέον πηγές γεγονότων περιλαμβάνουν στοιχεία τα οποία δε συνδέονται απευθείας με την εφοδιαστική αλυσίδα, παράδειγμα αυτού του είδους γεγονότα προέρχονται από το φυσικό, οικονομικό και πολιτικό περιβάλλον όπως αναλύθηκε νωρίτερα στο κεφάλαιο 4. Οι φυσικές καταστροφές είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός εξωτερικού γεγονότος με επιρροή στην εφοδιαστική αλυσίδα. (Vlahakis & Apostolou, 2015) .

Στην πράξη, μια σημαντική πηγή γεγονότων περιλαμβάνει, σενσορες , RFID Tags και συστήματα GIS, τα οποία παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα, καθώς επίσης και ERP συστήματα τα οποία μέσα από τη λειτουργική τους διαδικασία παρέχουν τις αναγκαίες πληροφορίες που αφορούν πελάτες, διαχείριση παραγγελιών της διαδικασίας παραγωγής και διαχείρισης αποθεμάτων. Σχετικά με τα εξωτερικά δεδομένα οι πληροφορίες που τα αφορούν προέχονται συνήθως από Web Services που είναι διαθέσιμα από κάποιο συνεργάτη η ελεύθερα στο διαδίκτυο.

### 6.2.3 Απλά και Σύνθετα Γεγονότα και οι Σχέσεις τους

Για την κατηγοριοποίηση των γεγονότων διακρίνουμε δύο τύπους (πίνακας 6-2) τα απλά γεγονότα και τα σύνθετα γεγονότα. Τα απλά γεγονότα είναι αυτά που εμφανίζονται μεμονωμένα και περιγράφονται από ιδιότητες όπως η ταυτότητα τους (id ) ως το μοναδικό αναγνωριστικό τους, ο χρόνος εμφάνισης τους, η διάρκεια τους, η περιγραφή τους, ο βαθμός επιρροής τους προς το σύστημα, η πηγή τους και πληροφορίες σχετιζόμενες με το τόπο εμφάνισης όπως το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Τα σύνθετα γεγονότα αποτελούνται από σύνθεση πέραν των δύο απλών γεγονότων.

Για τη συσχέτιση των γεγονότων μεταξύ τους και με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδα στην ανάλυσή μας χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους συσχέτισης: μια σχέση «Επηρεάζει» (Affects) η οποία αφορά μια σχέση ενός γεγονότος και ενός αντικειμένου της εφοδιαστικής αλυσίδας, μια σχέση «Συνδέεται» (Associated) που αφορά μια σχέση μεταξύ δύο

ή περισσότερων απλών γεγονότων, μια σχέση «Σχετίζεται» (Correlated) αναφέρεται σε μια σχέση μεταξύ γεγονότων που συνθέτουν ένα σύνθετο γεγονός. Μια σχέση «Ενεργοποιεί» (Trigger) αναφέρεται μεταξύ γεγονότων και καταστάσεων που θα αναλυθεί στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου.

Τα γεγονότα στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βασιζόμενα σε διάφορους παράγοντες όπως, ανάλογα με την προέλευση τους ( γεγονός αποθέματος, γεγονός παράδοσης κτλ.), με τη φύση της εμφάνισής τους (αναμενόμενα ή έκτακτα) ή ανάλογα με την επιρροή τους στην εφοδιαστική αλυσίδα. Εναλλακτικές κατηγορίες γεγονότων στην εφοδιαστική αλυσίδα (Liu et al, 2007) περιλαμβάνουν κατηγορίες προσδιορισμού κατάστασης ενός σκοπού (task status events πχ έναρξη ή λήξη μιας διαδικασίας κτλ.) και γεγονότα που παράγονται από τις ίδιους του σκοπούς (task events, πχ έλλειψη αποθέματος). Τα εξωτερικά γεγονότα επίσης κατηγοριοποιούνται ώστε να μπορούν να είναι αποδοτικά διαχειριστικά από τις διεργασίες της παρακολούθησης, της συσχέτισης και της αναγνώρισης προτύπων. Ο πίνακας 6-3 παρουσιάζει μια κατηγοριοποίηση των γεγονότων της εφοδιαστικής αλυσίδας η οποία στηρίζεται στην πιθανότητα εμφάνισής τους, στο βαθμό επιρροής τους στην εφοδιαστική αλυσίδα καθώς και στη πηγή τους. Ειδικότερα για τα σύνθετα γεγονότα μπορούμε να διακρίνουμε B2B γεγονότα (Business to Business, Επιχείρηση προς Επιχείρηση), ένα τύπο γεγονότων ο οποίος επηρεάζει δύο συμμετέχουσες συνεργαζόμενες εταιρίες στην εφοδιαστική αλυσίδα, ένα τύπο O2B (Order to Business, Παραγγελία προς Επιχείρηση), που περιγράφει ένα γεγονός σε παραγγελία που σχετίζεται με μια εταιρία της εφοδιαστικής αλυσίδας και τέλος ένα τύπο E2B (Environment to Business, Περιβάλλον προς Επιχείρηση), το οποίο αφορά την περιγραφή ενός γεγονότος που επηρεάζει και ένα συνεργάτη της εφοδιαστικής αλυσίδας.

#### 6.2.4 Ορισμός Καταστάσεων

Στην προσέγγισή μας οι καταστάσεις ξεκινούν ή τερματίζονται από γεγονότα τα οποία έχουν μια επίδραση σε σημαίνουσες οντότητες του πραγματικού κόσμου και αναπαριστούν μια σημαντική φάση των οντοτήτων (Etzion, 2009). Ορίζουμε ως καταστάσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα εμφανίσεις μια σειράς γεγονότων τα οποία υποδεικνύουν μια σημαντική αλλαγή κατάστασης των αντικειμένων στην εφοδιαστική αλυσίδα και η οποία απαιτεί μια δράση υπό το πρίσμα της λήψης απόφασης ή εφαρμογής διορθωτικών δράσεων. Στην προσέγγισή μας μια κατάσταση αναπαρίσταται με τη χρήση ενός προκαθορισμένου συνόλου συσχετίσεων μεταξύ απλών γεγονότων, σύνθετων γεγονότων και αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μια κατάσταση μπορεί να ενεργοποιηθεί (βλέπε τελευταία γραμμή πίνακα 6-2 και σχήμα 6-2), να ξεκινήσει ή να τερματιστεί από ένα σύνθετο ή απλό γεγονός, το οποίο συνδέεται μέσω μιας συσχέτισης με ένα ή περισσότερα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας και έχει επίδραση επί αυτών.

Ένα παράδειγμα δημιουργίας μιας κατάστασης φαίνεται στη σχήμα 6-3. Σε αυτό το διάγραμμα, ένας προμηθευτής «S» λαμβάνει μια παραγγελία «O» από ένα πελάτη. Ο προμηθευτής επικοινωνεί με ένα μεταφορέα «Tr» μέσω μιας σχέσης τύπου «Cooperates» που δηλώνει την επιχειρησιακή τους σχέση. Η εταιρία μεταφορών επιχειρεί «Operates», δύο φορτηγά αυτοκίνητα «Tr\_01» και «Tr\_02» τα οποία αναλαμβάνουν την παράδοση των προϊόντων. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μη αναμενόμενα γεγονότα εμφανίζουν τη σχέση «Affects» τόσο με την εταιρία μεταφορών όσο και με τον προμηθευτή. Αυτά τα γεγονότα επηρεάζονται και

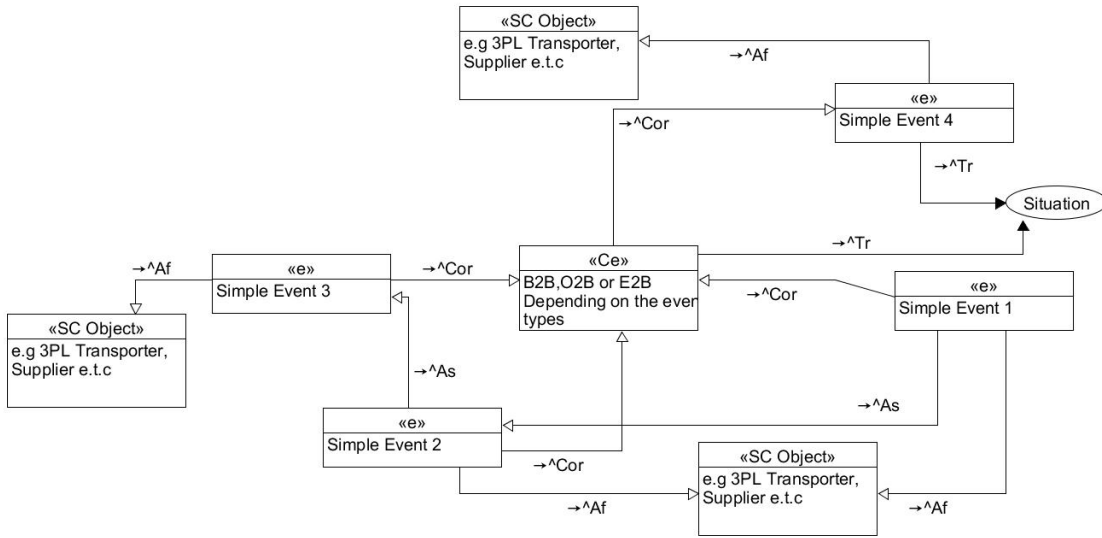
συσχετίζονται με τις σχέσεις «Associated» και «Correlated» για τη δημιουργία ενός σύνθετου γεγονότος «Ce». Ένα παράδειγμα σύνθετου γεγονότος είναι η ανίχνευση μιας καθυστέρησης σε ένα καθορισμένο τμήμα οδού σε μια συγκεκριμένη περιοχή στην οποία τα μέσα του μεταφορά κινούνται πολύ αργά, εξαιτίας έργων στο οδόστρωμα και μια ταυτόχρονη πτώση της ζήτησης εξαιτίας της πτώσης της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Το παράδειγμα αυτό δείχνει τη δημιουργία ενός σύνθετου γεγονότος από γεγονότα τα οποία συνέβησαν στο ίδιο χρονικό παράθυρο ή από γεγονότα τα οποία συνέβησαν σε διαφορετικά χρονικά παράθυρα αλλά εξακολουθούν να επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα. Η συσχέτιση δύο ή περισσότερων απλών γεγονότων δημιουργεί σύνθετα γεγονότα των οποίων η επίδραση δεν περιορίζεται σε ένα συμμετέχοντα στην εφοδιαστική αλυσίδα αλλά επεκτείνουν την επίδραση τους σε ένα ευρύτερο πλαίσιο επιρροής, ακόμα και στο σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας και ευθύνονται για την έναρξη ή τον τερματισμό μιας κατάστασης.

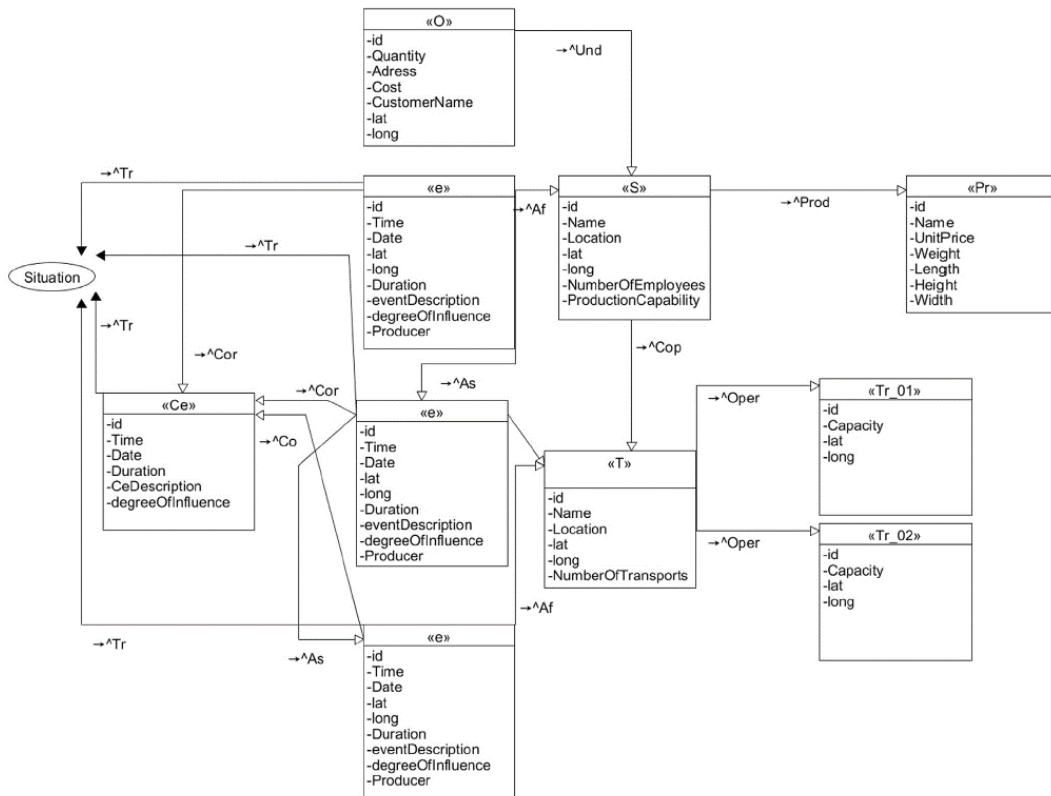
**Πίνακας 6-2 Τα γεγονότα της εφοδιαστικής αλυσίδας και οι σχέσεις τους**

Γεγονός	Συμβολισμός	Ιδιότητες
Απλό Γεγονός (Simple event)	<i>e</i>	{id, time,date, duration, eventDescription, degreeOfInfluence, Producer, lat,long}
Σύνθετο Γεγονός (Complex event)	<i>Ce</i>	{id, time, date, duration, CeDescription, degreeOfInfluence}
Σχέσεις μεταξύ γεγονότων και αντικειμένων της Εφ.Αλυσίδας	Συμβολισμός	Περιγραφή
Επηρεάζει (Affects)	$\rightarrow Af$	Η σχέση μεταξύ ενός γεγονότος και ενός αντικειμένου της εφ.αλυσίδας
Συνδέεται (Associated)	$\rightarrow As$	Η σχέση μεταξύ απλών γεγονότων
Σχετίζεται (Correlated)	$\rightarrow Cor$	Η σχέση μεταξύ απλών και σύνθετων γεγονότων
Ενεργοποιεί (Triggers)	$\rightarrow Tr$	η σχέση μεταξύ ενός (σύνθετου) γεγονότος και μιας κατάστασης





Σχήμα 6-2 Μια κατάσταση μπορεί να ενεργοποιηθεί από ένα (σύνθετο) γεγονός συνδεδεμένο με αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας



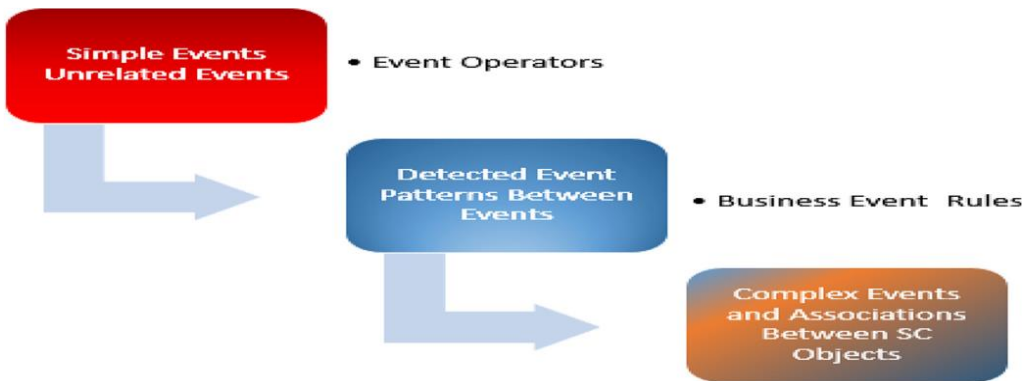
Σχήμα 6-3 Αναγνώριση καταστάσεων

Πίνακας 6-3 Κατηγοριοποίηση γεγονότων εφοδιαστικής αλυσίδας

Παράγοντας Κατηγοριοποίησης	Ομάδα – Κλάση	Περιγραφή
Πιθανότητα Εμφάνισης	Άμεσα Αναμενόμενο	Μπορεί να συμβεί άμεσα ή επίκειται. Αναμένεται να συμβεί συνήθως από συγκεκριμένες διαδικασίες ή συμμετέχοντες.
	Προσδοκώμενο Μακροπρόθεσμα	Μπορεί να συμβεί μακροπρόθεσμα. Αναμένεται να συμβεί συνήθως από συγκεκριμένες διαδικασίες ή συμμετέχοντες.
	Πιθανόν να συμβεί	Αναμένεται να συμβεί κάποια στιγμή στο μέλλον.
	Απίθανο να συμβεί	Απίθανο να συμβεί.
Βαθμός Επιρροής	Καταστροφικός	Μπορεί να έχει καταστροφική επίδραση στην εφοδιαστική αλυσίδα. Απώλεια κρίσιμων υποδομών της αλυσίδας εφοδιασμού . πχ μια φωτιά στις εγκαταστάσεις ενός προμηθευτή.
	Κρίσιμος	Μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σοβαρές και μακροχρόνιες επιδράσεις στη λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού πχ οικονομικός αποκλεισμός μια συγκεκριμένης αγοράς.
	Περιορισμένος	Μπορεί να έχει μία περιορισμένη επίδραση στην εφοδιαστική αλυσίδα για κάποιο χρονικό διάστημα πχ μια απεργία του προσωπικού
	Ελάχιστων	Η επίδραση ενός γεγονότος είναι μικρή στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας και είναι εύκολο να ξεπεραστεί με απλές διορθωτικές ενέργειες πχ γεγονότα που δημιουργούν καθυστερήσεις.
Εσωτερικά Γεγονότα	Σχετίζονται με στόχους και ενέργειες εντός της αλυσίδας εφοδιασμού	Π.χ. Ολοκλήρωση παραγωγής ή Ακύρωση παράδοσης.
Εξωτερικά Γεγονότα	Κοινωνικά – Πολιτικά	Π.χ. Μια ανακοίνωση απεργίας που επηρεάζει τόσο παραγωγή όσο και τις ημερομηνίες παράδοσης έτοιμων προϊόντων.
	Οικονομικά Μεταφορών	Π.χ. Οι μεταβολές στις τιμές των πρώτων υλών. Π.χ. Αποκλεισμοί δρόμων και κυκλοφοριακή συμφόρηση.
	Καιρικά	Ακραία καιρικά φαινόμενα τα οποία μπορεί να επηρεάζουν την παραγωγή και την παράδοση προϊόντων.

### 6.3 Αναγνώριση Καταστάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα μέσω Συσχέτισης Γεγονότων

Η περιγραφή του τρόπου απεικόνισης της κατάστασης όπως διατυπώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο παρέχει ένα καθορισμένο μοντέλο δημιουργίας των καταστάσεων. Η μέθοδος βασίζεται σε συσχετίσεις απλών και σύνθετων γεγονότων με αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας περιγράφοντας τη λειτουργία της στο χρόνο. Επιπλέον, η κατάσταση (state) της εφοδιαστικής αλυσίδας στο χώρο περιγράφεται με τη χρήση της τοποθεσίας εμφάνισης των γεγονότων και της θέσης των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας στο χώρο με τη χρήση γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Η αναγνώριση καταστάσεων πραγματοποιείται μέσω μίας διαδικασίας συσχέτισης δύο σταδίων σε πραγματικό χρόνο, απλών και σύνθετων γεγονότων με αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η συσχέτιση γεγονότων βασίζεται σε τελεστές γεγονότων και κανόνες γεγονότων οι οποίοι λειτουργούν σε δύο στάδια.



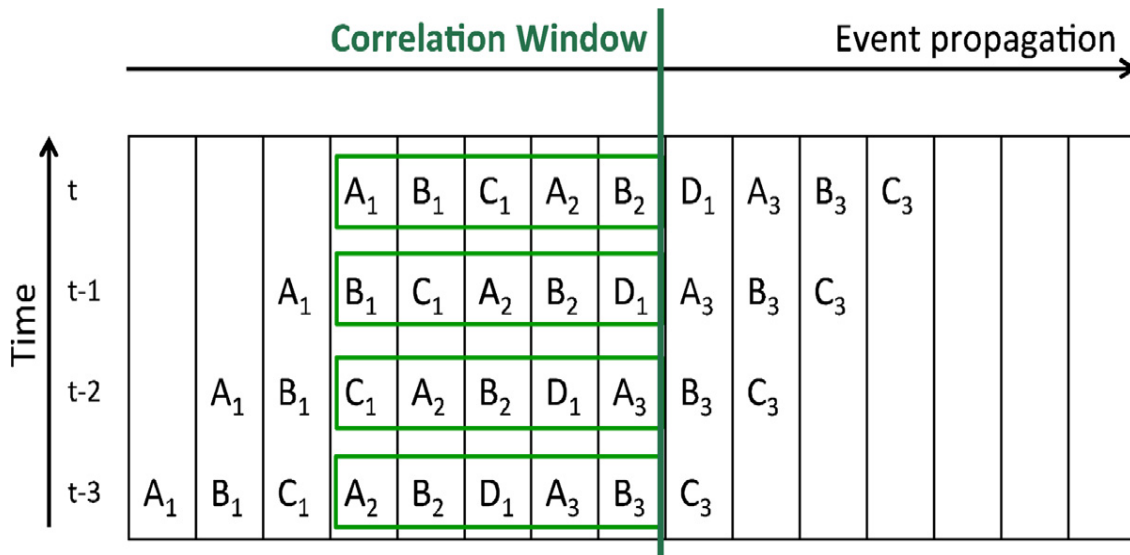
Σχήμα 6-4. Στάδια λειτουργία μοντέλου.

Στο πρώτο στάδιο, οι βασικοί τελεστές χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της ύπαρξης απλών γεγονότων και για το συνδυασμό τους. Η συσχέτιση γεγονότων είναι μια τεχνική η οποία χρησιμοποιείται σε μεγάλο αριθμό γεγονότων εντοπίζοντας γεγονότα με τη μεγαλύτερη σημασία. Αυτό επιτυγχάνεται με την αναζήτηση και ανάλυση σχέσεων μεταξύ των γεγονότων στο χρόνο, αναζήτηση δηλαδή σύνθετων προτύπων γεγονότων και στη σύνθεση απλών γεγονότων σε σύνθετα. Ο πίνακας 6-4 παρουσιάζει του τελεστές γεγονότων που χρησιμοποιούνται στη συσχέτιση απλών γεγονότων όπως προτάθηκε από τους Mei and Madden (2009).

Πίνακας 6-4 Τελεστές συσχέτισης γεγονότων

Τελεστής	Συμβολισμός	Περιγραφή	Παράδειγμα στην Εφ.Αλυσίδα
Ακολουθία	$Seq^t$	Ένα γεγονός E1 ακολουθείται από ένα άλλο γεγονός E2 εντός ενός χρονικού παραθύρου t.	Μια βλάβη σε μια μηχανή ακολουθείται από μια παραγωγή προϊόντων εκτός προδιαγραφών.
Άρνηση	$!^t$	Η άρνηση αντιπροσωπεύει την απουσία ενός γεγονότος E. Μπορεί	Η ολοκλήρωση μια παραγγελίας σε μια χρονική περίοδο t.

		να συνδυαστεί με ένα χρονικό παράθυρο ή όχι.	
Σύνδεση	$+^t$	Το γεγονός E1 και το γεγονός E2 μπορεί να συμβούν μαζί εντός ενός συγκεκριμένου χρονικού παραθύρου αλλά η σειρά εμφάνισής τους δεν έχει σημασία.	Μια βλάβη σε μια μηχανή παραγωγής ακολουθείται από μια έλλειψη σε πρώτες ύλες.
Διαχωρισμός	$x^t$	Είτε το γεγονός E 1 ή το γεγονός E 2 η και τα δύο μπορούν να συμβούν σε ένα χρονικό παράθυρο t.	Μια βλάβη σε μια μηχανή παραγωγής ακολουθείται από μια έλλειψη σε πρώτες ύλες
Επανάληψη	$E^{v,t}$	Ένα γεγονός E μπορεί να συμβεί v φορές εντός ενός χρονικού παραθύρου t το οποίο μπορεί και να είναι περιορισμένο ή όχι .	Επαναλαμβανόμενες απεργίες από τους εργαζόμενους.



Σχήμα 6-5. Παράδειγμα ανίχνευσης καταστάσεων.

Το παράδειγμα της εικόνας 6-5 δείχνει τον τρόπο σύνθεσης που χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις μεγάλου αριθμού γεγονότων για τον εντοπισμό προτύπων με ιδιαίτερη σημασία. Στο παράδειγμα αυτό το σύνθετο γεγονός (A Se B), πχ είναι ένα μοτίβο ακολουθίας μεταξύ των γεγονότων A και B. Η συσχέτιση γεγονότων λαμβάνει χώρα σε συγκεκριμένα χρονικά παράθυρα. Στην παραπάνω περίπτωση το χρονικό πλαίσιο είναι πέντε χρονικές μονάδες. Τη χρονική στιγμή  $t-3$ , έχουμε δύο περιπτώσεις που ικανοποιούν τη συνθήκη και δημιουργούν δύο

σύνθετα γεγονότα (A2 Se B2) και (A3 Se B3). Τη χρονική στιγμή t-2, έχουμε αντίστοιχα μια περίπτωση ικανοποίησης της συνθήκης με τα απλά γεγονότα (A2 Se B2) αλλά όχι νέες συσχετίσεις. Τη χρονική στιγμή t-1 έχουμε όμοια αποτελέσματα με το προηγούμενο χρονικό πλαίσιο. Τη χρονική στιγμή t εντοπίζεται δύο περιπτώσεις της συνθήκης ενώ έχουμε τη δημιουργία εντός νέου σύνθετου γεγονότος (A1 Se B1).

Στο δεύτερο στάδιο, χρησιμοποιούνται κανόνες γεγονότων για τη συσχέτιση γεγονότων στο επίπεδο της επιχειρηματικής λογικής. Τέτοιου είδους συσχετίσεις επιτρέπουν τη δημιουργία σχέσεων μεταξύ απλών γεγονότων, σύνθετων γεγονότων και αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας, οδηγώντας στη δημιουργία σύνθετων μοτίβων γεγονότων που μπορούν να ενεργοποιήσουν την έναρξη ή τον τερματισμό μιας κατάστασης. Στην υπόψη προσέγγιση προτείνεται η σύνθεση γεγονότων με αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η κατάσταση αυτών να είναι χρονικά ορισμένη. Επιπλέον ο παράγοντας χώρος των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας περιγράφεται με τις παραμέτρους θέσεις (γεωγραφικό μήκος, πλάτος) των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας..

Οι κανόνες γεγονότων εκτελούνται ως ερωτήματα γεγονότων και για τη σύνθεση των γεγονότων γίνεται χρήση των σχέσεων που έχουν αυτά μεταξύ τους και με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η γενική μορφή των ερωτημάτων γεγονότων παρουσιάζεται στη σχήμα 6-6.

Η περίπτωση στην οποία μια συσχέτιση οδηγεί στην επιρροή ενός ή περισσότερων αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας παρουσιάζεται στη σχήμα 6-7

*MATCH E1, E2*

*WHERE relations between events and supply chain object e.g.  $E1 \rightarrow O \leftarrow E2$*

*AND Constrains in event properties criteria. SC Object and event operators.*

**Σχήμα 6-6 Γενική δομή ερωτημάτων συσχέτισης γεγονότων E1 και E2 με το αντικείμενο O1**

*MATCH E1, E2*

*WHERE  $E1 \rightarrow O1 - [Relation\ Between\ the\ two\ Objects] - O2 \leftarrow E2$*

*AND Constrains in relation between SC Objects, event properties criteria, and event operators.*

**Σχήμα 6-7 Γενική δομή ερωτημάτων συσχέτισης γεγονότων E1 και E2 με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας O1 και O2**

Σε αυτή την περίπτωση οι κανόνες γεγονότων αντιπροσωπεύουν επιχειρηματική λογική και έχουν ένα χρονικό παράθυρο εφαρμογής σχετικά μεγαλύτερο από τη σύνθεση απλών γεγονότων σε σύνθετα, επιτρέποντας γεγονότα από διαφορετικές χρονικές περιόδους να συνδυαστούν μεταξύ τους και με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

## 6.4 SCEM μοντέλο για Επίγνωση Καταστάσεων

Ο σχεδιασμός του προτεινόμενου μοντέλου (φαίνεται στο σχήμα 6-8) έγινε με σκοπό να προσδώσει στην εφοδιαστική αλυσίδα χαρακτηριστικά επίγνωσης κατάστασης με και αναγνώρισης αυτών μέσω συσχέτισης γεγονότων. Ειδικότερα, σκοπεύουμε στην υποστήριξη των συμμετεχόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα με δυνατότητες επίγνωσης κατάστασης σε όλα τα στάδια της αλυσίδας όπως για παράδειγμα στην υποβολή της παραγγελίας, στο έλεγχο των αποθεμάτων, στις μεταφορές κτλ. Το μοντέλο μας έχει σχεδιαστεί ώστε να περιλαμβάνει τις παρακάτω βασικές δραστηριότητες που προτάθηκαν από τους (Knickle & Kemmeter, 2002):

- Παρακολούθηση (Monitor) : Ένας βασικό ρόλος σε ένα μοντέλο SCEM είναι η παρακολούθηση των γεγονότων που πραγματοποιούνται. Αυτή η λειτουργία είναι υπεύθυνη για τον εντοπισμό κάθε ανωμαλίας στα δεδομένα που παράγονται μέσω των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συνήθως στη λειτουργία αυτή χρησιμοποιούνται δίκτυα αισθητήρων, RFID tags, web-services και γενικά κάθε πηγή πληροφορίας η οποία μπορεί να παράγει γεγονότα στην εφοδιαστική αλυσίδα.
- Ειδοποίηση (Notify): Αυτή η λειτουργία αναφέρεται στη δυνατότητα να ειδοποιείται ο κατάλληλος ρόλος της εφοδιαστικής αλυσίδας την κατάλληλη στιγμή, σχετικά με ανωμαλίες και παρεκκλίσεις που δημιουργήθηκαν μέσω γεγονότων. Παράδειγμα της λειτουργίας αυτής είναι ο υπεύθυνος για τις προμήθειες θα πρέπει να ενημερώνεται άμεσα και σε πραγματικό χρόνο για ένα γεγονός το οποίο επηρεάζει το ύψος των αποθεμάτων.
- Προσομοίωση (Simulate). Αυτή η λειτουργία αναφέρεται στις δυνατότητες υποβοήθησης των διαχειριστών της εφοδιαστικής αλυσίδας στο να εκτιμήσουν την επίδραση των αλλαγών που συμβαίνουν στην εφοδιαστική αλυσίδα.
- Έλεγχος (Control). Η λειτουργία αυτή αφορά στις δυνατότητες που παρέχονται στους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας να πραγματοποιούν αλλαγές σε αυτή υπό μορφή δράσεων.
- Μετρήσεις (Measure). Η τελευταία αυτή λειτουργία γεφυρώνει το κενό μεταξύ ενός συστήματος SCEM και ενός SCM. Μέσω της ανάλυσης των δεδομένων επιτρέπει στους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα να αναγνωρίσουν συγκεκριμένα πρότυπα σχετιζόμενα με τις αιτίες που δημιουργούνται ανεπιθύμητα γεγονότα σε αυτή με σκοπό να βελτιστοποιήσουν τις διαδικασίες τους και τις δομές τους. Μετά από την ανάλυση τα αποτελέσματα μπορούν να επιστρέφουν πίσω στο σύστημα για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των επιχειρηματικών κανόνων ανατροφοδοτώντας την όλη διαδικασία.

Ο πίνακας 6-5 παρουσιάζει τις αντιστοιχίες μεταξύ των στοιχείων του μοντέλου και τη λειτουργία τους η οποία παρουσιάζεται ακολούθως:

**Πίνακας 6-5.Αντιστοίχιση στοιχείων μοντέλου και διαδικασιών SCEM.**

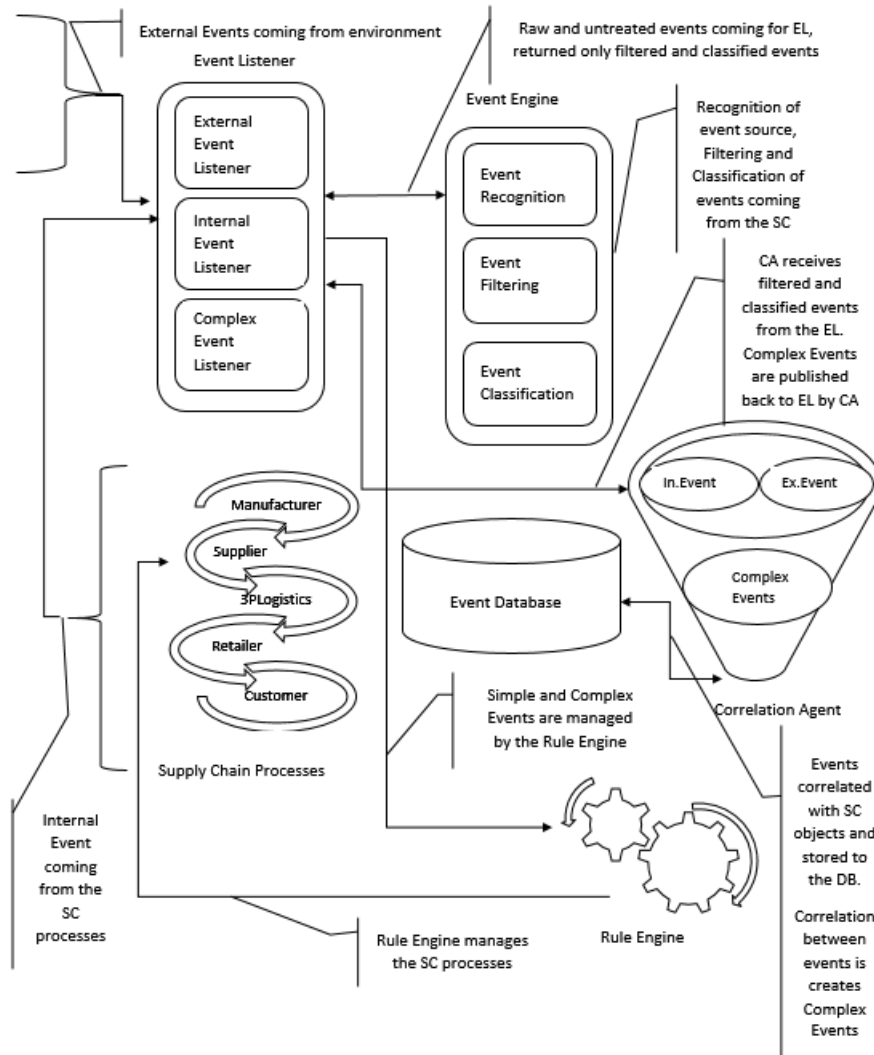
Βασικές Λειτουργίες SCEM	Στοιχεία της Αρχιτεκτονικής
Παρακολούθηση (Monitor)	Event Listener-CEP engine
Ειδοποίηση (Notify)	
Προσομοίωση (Simulate)	Correlation Agent-Event Database
Μετρήσεις (Measure)	
Έλεγχος (Control)	Rule Engine

- **Event Listener:** Ο Event Listener είναι ένα στοιχείο υπεύθυνο για τη παρακολούθηση και για την ειδοποίηση των γεγονότων. Αποτελείται από τρία υποστοιχεία, το Internal Event Listener, το External Event Listener και το Complex Event Listener. Το υποστοιχείο internal event listener είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση γεγονότων τα οποία συμβαίνουν αποκλειστικά στην εφοδιαστική αλυσίδα μέσω των συστημάτων που λειτουργούν εντός αυτής (ERPs) και γενικότερα από τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παραδείγματα γεγονότων που παρακολουθεί το υποστοιχείο αυτό είναι «Η παραγγελία υποβλήθηκε» ή «Το προϊόν αποστάλθηκε» κτλ.

Το υποστοιχείο External Event Listener διαχειρίζεται γεγονότα τα οποία προέρχονται εκτός της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για να επιτευχθεί αυτό μια σειρά από εξωτερικές πηγές πληροφοριών παρακολουθούνται για τον εντοπισμό γεγονότων τα οποία είναι πιθανό να είναι χρήσιμα στη διαδικασία λήψης απόφασης. Τέτοιου είδους γεγονότα μπορεί να προέρχονται από διάφορα Web Services τα οποία παρέχουν πληροφορίες οικονομικής φύσεως, καιρικά δεδομένα ή δεδομένα ελέγχου κυκλοφορίας ή άλλες σχετικές πληροφορίες.

Εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα προωθούνται σε στοιχείο του CEP μέσω ενός επιχειρησιακού καναλιού πληροφοριών για ανάλυση και αξιολόγηση της σημασίας του και του καθορισμού της επίδρασης τους στην εφοδιαστική αλυσίδα, μέσω φιλτραρίσματος, κατηγοριοποίησης και συσχέτισης με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μετά από αυτή την επεξεργασία τα γεγονότα επιστρέφουν στον Event Listener και μέσω αυτού προωθούνται στο στοιχείο Correlation Agent για περαιτέρω επεξεργασία.

Ο υποστοιχείο Complex Event Listener εστιάζει τη λειτουργία του στον εντοπισμό σύνθετων γεγονότων τα οποία έχουν προκύψει από το στοιχείο Correlation Agent.



**Σχήμα 6-8. Το προτεινόμενο μοντέλο**

- **CEP Engine:** Το στοιχείο CEP Engine λειτουργεί υποστηρικτικά στο Event Listener διενεργώντας φιλτράρισμα γεγονότων, αναγνώριση γεγονότων και κατηγοριοποίηση αυτών. Το φιλτράρισμα γεγονότων διαχωρίζει τα γεγονότα ανάμεσα σε αυτά που είναι σχετικά και κάποιας σημασίας για την υποστήριξη της εφοδιαστικής αλυσίδας από αυτά που δεν είναι βάσει προκαθορισμένων κανόνων. Αυτοί οι κανόνες αφορούν βασικά χαρακτηριστικά των γεγονότων, όπως ο χρόνος εμφάνισης των γεγονότων ή πηγή τους κτλ. και μπορούν να παραμετροποιηθούν.

Η διαδικασία του φιλτραρίσματος είναι σημαντική για δύο λόγους, πρώτον είναι σημαντικό να μειωθεί το κόστος παρακολούθησης και διαχείρισης γεγονότων τα οποία δεν έχουν σημασία για τη διαδικασία της επίγνωσης κατάστασης και δεύτερον για τον περιορισμό του αριθμού των γεγονότων τα οποία είναι υποψηφία για συσχέτιση στο στοιχείο του Correlation Agent.

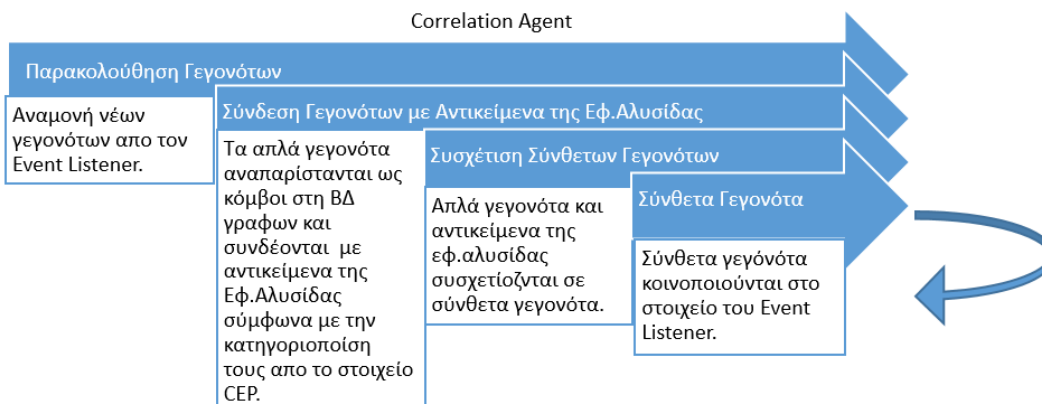
Η αναγνώριση των γεγονότων έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό της προέλευσης των γεγονότων και του καθορισμού της πηγής τους, στοιχείο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί αργότερα στο στοιχείο Correlation Agent για τη συσχέτιση γεγονότων και αντικείμενων της εφοδιαστικής



αλυσίδας. Η κατηγοριοποίηση των γεγονότων έχει ως σκοπό το προσδιορισμό της σημασίας των γεγονότων και την κατάταξη του στις αντίστοιχες κατηγορίες όπως αναλύθηκε παραπάνω στο πίνακα 6-3. Μετά την επεξεργασία, τα γεγονότα κοινοποιούνται στην εφοδιαστική αλυσίδα μέσω του Event Listener είτε για τη λήψη δράσεων μέσω επιχειρησιακών κανόνων και του στοιχείου Rule Engine είτε για να συσχετισθούν και να σχηματίσουν σύνθετα γεγονότα στο στοιχείο του Correlation Agent.

- **Correlation Agent:** Το στοιχείο του Correlation Agent είναι υπεύθυνο για την ανίχνευση καταστάσεων βασιζόμενο στις σχέσεις που εντοπίστηκαν μεταξύ των γεγονότων και των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για την πραγματοποίηση αυτής της ενέργειας ο Correlation Agent λειτουργεί σε παράλληλες φάσεις (σχήμα 6-9). Ειδικότερα σε συνεργασία με το στοιχείο του Event Listener, το στοιχείο Correlation Agent αναλαμβάνει τη διαχείριση των γεγονότων αποθηκεύοντας αυτά ως κόμβους στη Βάση Δεδομένων γεγονότων και συσχετίζοντας τα με τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας τα οποία είτε τα δημιούργησαν είτε επηρεάζονται από αυτά. Επιπρόσθετα με τη χρήση επιχειρηματικής λογικής και γνώση που έχει προηγηθεί από την εμφάνιση παρόμοιων γεγονότων και αποτυπώνεται σε ερωτήματα της βάσης δεδομένων, το στοιχείο Correlation Agent εκτελεί αναζήτηση για απλά γεγονότα και αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας για τον εντοπισμό και δημιουργία σύνθετων γεγονότων.

Όταν ένα σύνθετο γεγονός ανιχνευθεί κοινοποιείται στον Event Listener (Complex Event Listener) για περαιτέρω ανάλυση από το στοιχείο CEP Engine. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των σύνθετων γεγονότων επιστρέφουν στο στοιχείο Correlation Agent το οποίο αποθηκεύει αυτά στη βάση δεδομένων γεγονότων ενώ μια νέα σειρά ερωτημάτων ξεκινά από την αρχή.



**Σχήμα 6-9 Το στοιχείο του Correlation Agent**

- **Event Database:** Η βάση δεδομένων γεγονότων λειτουργεί με δύο βασικούς σκοπούς. Αρχικά αποθηκεύει σχηματικά την αναπαράσταση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελούμενη από αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας, suppliers, μεταφορείς 3PLs όπως επίσης και τις επιχειρηματικές τους σχέσεις. Κάθε αντικείμενο της εφοδιαστικής αλυσίδας αναπαρίσταται ως κόμβος ενώ με ακμές αναπαρίστανται οι σχέσεις των κόμβων μεταξύ τους. Όποτε ένας νέος συμμετέχοντας προστεθεί στην εφοδιαστική αλυσίδα ένα νέος κόμβος προστίθεται και νέες

ακμές δημιουργούνται αναπαριστώντας τις σχέσεις αυτού του κόμβου με τα υπόλοιπα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Δευτερεύοντος, η βάση δεδομένων γεγονότων αποθηκεύει απλά και σύνθετα γεγονότα τα οποία έχουν επεξεργαστεί από το στοιχείο CEP Engine και βοηθά στην αποτύπωση των σχέσεων αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας και των σύνθετων γεγονότων. Νέοι κόμβοι γεγονότων αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων γεγονότων μέσω του Correlation Agent ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία κόμβων γεγονότων στο σχήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Εξαιτίας του μεγάλου υπολογιστικού κόστους το οποίο οφείλεται στις σύνθετες αναζητήσεις που απαιτούνται να εκτελούνται στη βάση δεδομένων και εξαιτίας των ιδιοτήτων αποθήκευσης που παρουσιάζει μια βάση δεδομένων κόμβων η χρήση της στην περίπτωση μας κρίθηκε ως η καταλληλότερη επιλογή έναντι σε μια παραδοσιακή σχεσιακή βάση δεδομένων. Στον αντίποδα μια βάση δεδομένων τύπου NoSQL και ειδικότερα οι βάσεις δεδομένων γράφων έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε τομείς της πληροφορικής και ειδικότερα στο λεγόμενο Social Engineering και θεωρούνται ως λύση σε προβλήματα σύνθεσης γεγονότων όπου είναι επιθυμητή η αναζήτηση αιτίων και αποτελεσμάτων όπως το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι βάσεις δεδομένων του τύπου αυτού βασίζονται στη θεωρία γράφων και χρησιμοποιούν ανάλογες δομές με κόμβους, και ιδιότητες για την αναπαράσταση και την αποθήκευση των δεδομένων. Σε σύγκριση με τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων, όπου οι συνδέσεις μεταξύ των δεδομένων βασίζονται σε κλειδιά και στην ουσία στα ίδια τα δεδομένα, μια βάση δεδομένων γράφων χρησιμοποιεί ακμές για τη συσχετίσει των δεδομένων. Αυτό του τύπου η αποθήκευση έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει την απλούστερη και ταχύτερη ανάκτηση πολύπλοκων ιεραρχικών δομών. Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων για την ίδια ανάκτηση δεδομένων χρησιμοποιούν σύνθετα ερωτήματα με μεγαλύτερο υπολογιστικό κόστος.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των βάσεων δεδομένων γράφων γίνεται αντιληπτό όταν εκτελούνται ερωτήματα τα οποία είναι περισσότερο σύνθετα από ένα επίπεδο. Για παράδειγμα όταν εκτελείται το ερώτημα ποιος 3PL λειτουργεί ένα συγκεκριμένος μεταφορικό μέσο και ποιος ήταν ο οδηγός του σε μια συγκεκριμένη ημερομηνία, μια σχεσιακή βάση δεδομένων θα απαιτούσε την προσπέλαση πλέον των 3 πινάκων όπως Trucks, Drivers, και Date ανάλογα με το σχεσιακό μοντέλο και των αριθμό των υπαρχόντων συνδέσεων. Σε αντίθεση σε μια βάση δεδομένων κόμβων ένα τέτοιο ερώτημα απαιτεί μόνο μια προσπέλαση μεταξύ των ήδη συνδεδεμένων κόμβων. Τέτοιου τύπου ερωτήματα απαιτούν λιγότερο υπολογιστικό κόστος και είναι απλούστερα από αυτά που εκτελούνται σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων.

Συνοψίζοντας μια βάση δεδομένων κόμβων χρησιμοποιούμενη για την αποτύπωση του περιβάλλοντος της εφοδιαστικής αλυσίδας παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από τον τύπο της ίδιας της βάσης δεδομένων, όπως οι σύνθετες αναζητήσεις με χαμηλό υπολογιστικό κόστος συγκριτικά με μια σχεσιακή βάση δεδομένων. Συμπερασματικά η αποθήκευση του μοντέλου της εφοδιαστικής αλυσίδας σε μια βάση δεδομένων κόμβων κρίνεται ως κατάλληλη για την αναπαράσταση του σύνθετου περιβάλλοντος αυτής.

Στη περίπτωση μας τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελούν στοιχεία του περιβάλλοντος της αλυσίδας και αποτελούνται από συμμετέχοντες σε αυτή όπως προμηθευτές

και 3PL εταιρείες καθώς και το υπάρχον επιχειρησιακό του μοντέλο. Οι επιχειρηματικές σχέσεις αναφέρονται στις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αναλογιζόμενοι την εφοδιαστική αλυσίδα ως ένα δίκτυο αντικειμένων και σχέσεων μπορούμε να μορφοποιήσουμε αυτή την απεικόνιση ως ένα γράφο σε μια βάση δεδομένων του είδους, όπου οι συμμετέχοντες αποτελούν τους κόμβους και οι σχέσεις μεταξύ τους είναι οι ακμές του σχήματος. Τα ερωτήματα στη βάση δεδομένων κόμβων επιτρέπουν των συνδυασμό πληροφοριών που αφορούν τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας, τη χρησιμοποίηση της πληροφορίας σχετικά με την κατάσταση τους καθώς και την αναζήτηση προτύπων σε οποιοδήποτε επίπεδο και στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επίσης ο συνδυασμός γεγονότων που επηρεάζουν περισσότερο από ένα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι εφικτός με ερωτήματα του είδους. Μετά την ανίχνευση μια κατάστασης αυτή, (σύνολο συσχετισμένων απλών και σύνθετων γεγονότων) προωθείτε στο επόμενο στοιχείο του μοντέλου το Rule Engine για την πρόταση διορθωτικών δράσεων.

- Rule Engine: Το στοιχείο αυτό ελέγχει τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας και προτείνει διορθωτικές ενέργειες προς τους διαχειριστές των διαδικασιών στην περίπτωση που μια κατάσταση ανιχνευθεί. Οι ενέργειες αυτές περιλαμβάνουν πιθανές επαναδρομολογήσεις των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας επιλέγοντας εναλλακτικούς τρόπους εκτέλεσης αυτών πχ, επιλογή ενός διαφορετικού προμηθευτή ή 3PL παρόχου, ή επιλέγοντας την εμπλοκή περισσότερων συνεργατών στη διαδικασία, τροποποιώντας τις οδούς μεταφοράς ή κάνοντας αλλαγές στις διαδικασίες παραγωγής.

Οι ενέργειες αυτές γίνονται εφικτές μέσω επιχειρηματικών κανόνων που βασίζονται σε δείκτες απόδοσης και επιχειρηματική λογική. Όταν ένα κανόνας ενεργοποιείται λόγω της ανίχνευσης μια κατάστασης διορθωτικές ενέργειες προτείνονται από το σύστημα. Οι διορθωτικές ενέργειες που προτάθηκαν στο παρελθόν καθώς και οι καταστάσεις που τις ενεργοποίησαν αποθηκεύονται για μελλοντική αξιοποίηση. Ομοίως τα τελικά αποτελέσματα των προαναφερόμενων ενεργειών αποθηκεύονται για να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα ανατροφοδότησης του μοντέλου. Σε περίπτωση εμφάνισης παρόμοιων συνθηκών οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται ως αναφορά και παρουσιάζονται στο χρήστη.

## 6.5 Υλοποίηση

### 6.5.1 Τεχνικές Παράμετροι

Η σχεδίαση του μοντέλου ακολουθεί μια Event-Driven, Service Oriented προσέγγιση η οποία συνδέει διαφορά στοιχεία μέσω χαλαρών συνδέσεων χρησιμοποιώντας ένα κοινό Service Bus για τη μεταφορά μηνυμάτων μεταξύ των στοιχείων. Αυτή η αρχιτεκτονική κρίθηκε ως κατάλληλη για το μοντέλο μας καθώς επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση και την εύκολη προσθαφαίρεση στοιχείων, χαρακτηριστικά τα οποία είναι σημαντικά για ένα μοντέλο που στοχεύει σε ένα μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό περιβάλλον. Με τη χρήση της Service Oriented αρχιτεκτονικής το προτεινόμενο μοντέλο εκπληρώνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά όπως αυτή προσδιορίστηκε από τον Erl (2008) για παρόμοια συστήματα.

- Vendor Neutral: Σκοπεύοντας να μην είναι εξαρτώμενο από ένα κατασκευαστή λογισμικού, χρησιμοποιήσαμε πρότυπα software και ανοικτό κώδικα όπως BPEL 2.0 και

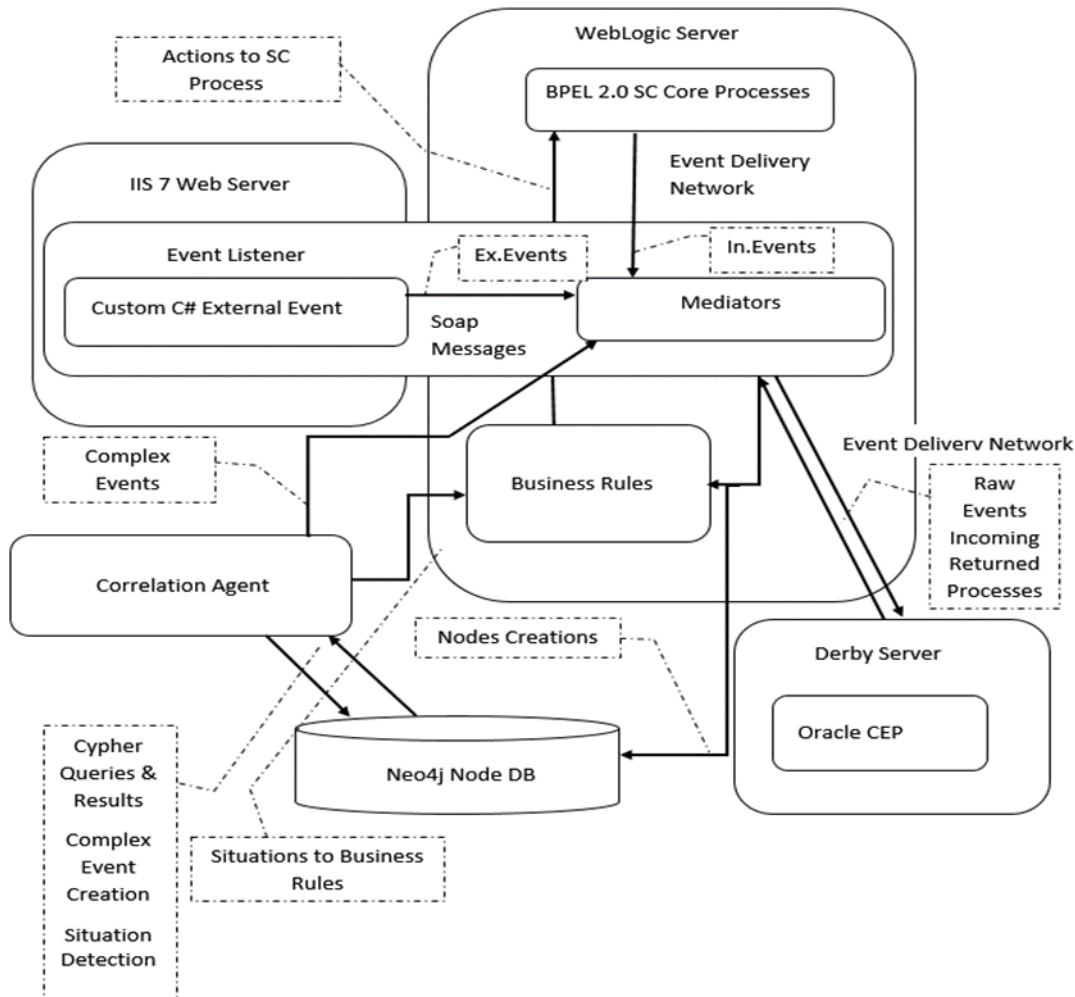
γλώσσες προγραμματισμού όπως Java και C#. Μην εξαρτώμενοι από έναν συγκεκριμένο κατασκευαστή λογισμικού πετύχαμε στοιχεία του μοντέλου των οποίων η τεχνολογία παύει να υποστηρίζεται να μπορούν να αντικατασταθούν στο μέλλον χωρίς την ανάγκη συνολική αλλαγής άλλων στοιχείων ή ανάγκης ολοκληρωτικού επανασχεδιασμού

- **Business Driven:** Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί για τις ανάγκες της εφοδιαστικής αλυσίδας και ως εκ τούτου λαμβάνει υπόψη το περιβάλλον των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού καθώς και των απαιτήσεων τους.
- **Enterprise Centric:** Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη επιχειρηματικές απαιτήσεις για τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας και υποστηρίζει επαναχρησιμοποιούμενες υπηρεσίες της. Π.χ. οι 3PLs μοιράζονται μια κοινή υπηρεσία επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης με τις υπόλοιπες διαδικασίες και τους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα.
- **Composition Centric:** Βασιζόμενο σε SOA, το μοντέλο μας μπορεί να ανταπεξέλθει με αλλαγές στις απαιτήσεις κάνοντας χρήση των ήδη υπαρχόντων στοιχείων του αλλά και συμπεριλαμβάνοντας νέα μέσα από πρότυπα Web-Services.

### 6.5.2 Τεχνική Περιγραφή

Για την υλοποίηση και την προσομοίωση των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας στο μοντέλο μας, χρησιμοποιήσαμε BPLE 2.0 , Η BPEL 2.0 είναι ένα πρότυπο για την υλοποίηση συστημάτων βασισμένων σε διαδικασίες με τη χρήση Web Services. Με τη χρήση αυτού του προτύπου μοντελοποιήσαμε όλες τις βασικές διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως την υποβολή παραγγελιών, την επεξεργασία της παραγγελίας και την αίτηση για μεταφορά. Αυτές οι διαδικασίες σχεδιάστηκαν στην πλατφόρμα Oracle Fusion Middleware JDeveloper 12c Studio και αναπτύχθηκαν για δοκιμές σε ένα Oracle Web Logic Server 12c.

Τα γεγονότα διακινούνται στο μοντέλο μέσω του λογισμικού Oracle Delivery Network το οποίο είναι μια Java based υπηρεσία μεταφοράς μηνυμάτων και λειτουργεί ως ενδιάμεσος για τις πηγές γεγονότων και για τα στοιχεία που χρειάζεται να ενημερωθούν από αυτά. Αυτή η τεχνολογία μας επέτρεψε την αποδοτική δημοσιοποίηση και την επεξεργασία γεγονότων από όλο το δίκτυο των συμμετεχόντων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα γεγονότα ορίστηκαν με τη χρήση της γλώσσας Event Description Language (EDL), η οποία χρησιμοποιεί μια δομημένη αποτύπωση για την αναπαράσταση επιχειρηματικών γεγονότων που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές Service Oriented. Η τεχνική αναπαράσταση του μοντέλου αποτυπώνεται στο σχήμα 6-10 παρουσιάζοντας όλες τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν.



Σχήμα 6-10 Τεχνική αναπαράσταση

Η υλοποίηση του Event Listener έγινε με τη χρήση .Net σε γλώσσα προγραμματισμού C# καθώς και με τη χρήση Oracle Mediators, ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό του Oracle Fusion Middleware. Το υποστοιχείο του external Event Listener υλοποιήθηκε ως Web Service με τη χρήση πρότυπου κώδικα προγραμματισμού. Η λειτουργία αυτού του υποστοιχείου συνοψίζεται στην ανίχνευση γεγονότων από εξωτερικές πηγές, όπως αισθητήρες, συσκευές GPS όπως επίσης και διαθέσιμες υπηρεσίες καιρικών πληροφοριών και κυκλοφορίας. Τα υποστοιχεία external και internal Event Listener χρησιμοποιούν Oracle Mediators υποστηρίζοντας την ανίχνευση εσωτερικών και συνθέτων γεγονότων που συμβαίνουν στην εφοδιαστική αλυσίδα. Όλα τα γεγονότα κοινοποιούνται από το στοιχείο Event Listener σε ανεπεξέργαστη μορφή, αφιτράριστα, μη συσχετιζόμενα και μη κατηγοριοποιημένα και προωθούνται στο στοιχείο CEP Engine, το οποίο υλοποιεί φιλτράρισμα, κατηγοριοποίηση και συσχέτιση με την κατάλληλη πηγή για περαιτέρω επεξεργασία από το στοιχείο του Rule Engine.

Το στοιχείο CEP Engine υλοποιήθηκε μέσω του Oracle Event Processing. Η διαδικασία του φιλτράρισματος, της κατηγοριοποίησης και της συσχέτισης με το κατάλληλο αντικείμενο της

εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτυγχάνονται μέσω της Continuous Query Language (CQL) η οποία λειτουργεί σε έναν Derby Server. Αυτός ο εξυπηρετητής δέχεται εισερχόμενα γεγονότα από το στοιχείο του Event Listener, τα επεξεργάζεται και τα κοινοποιεί πίσω στο Event Listener. Αν και αυτό το στοιχείο είναι πολύ χρήσιμο για μια CEP εφαρμογή και παρέχει την αναγκαία ευελιξία σχετικά με το χρονικό παράθυρο παρακολούθησης των γεγονότων, δεν διαχειρίζεται το πρόβλημα της συσχέτισης γεγονότων τα οποία ανήκουν σε διαφορετικά χρονικά παράθυρα και μας οδήγησε στη χρησιμοποίηση μιας διαφορετικής προσέγγισης χειρισμού των γεγονότων.

Το στοιχείο Business Rule Engine είναι ένα άλλο συστατικό της πλατφόρμας Oracle Middleware SOA, το οποίο χρησιμοποιείται από το μοντέλο μας για την παροχή επιχειρηματικής λογικής μέσω κανόνων και τον έλεγχο των διαδικασιών. Ο τύπος των κανόνων που είναι διαθέσιμοι είναι είτε της μορφής «if then else» ή λογικών πινάκων. Αυτό το στοιχείο δημοσιεύθηκε στον Web Logic Server ως Web Service, επιτρέποντας τη χαλαρή σύνδεση με τις υπόλοιπες διαδικασίες και στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η βασική λειτουργία του στοιχείου Rule Engine είναι η διαχείριση των γεγονότων που φτάνουν στο Event Listener και ο έλεγχος της διαδικασίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όταν ένα γεγονός φτάνει σε αυτό το στοιχείο, κανόνες ενεργοποιούνται σύμφωνα με προκαθορισμένη επιχειρηματική λογική ως πολιτικές που ορίζονται εκ των προτέρων. Οι ενέργειες ελέγχου της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν είτε αναδρομολογήσεις πχ επιλογή άλλου προμηθευτή όταν ο αρχικός δε μπορεί να ανταπεξέλθει στις αρχικές απαιτήσεις εφαρμογή επιχειρηματικών πολιτικών όπως για παράδειγμα εκπτώσεις στην τιμή των προϊόντων σε περίπτωση καθυστερήσεων.

Η λειτουργία του Correlation Agent αποτελεί μια συνεχή διαδικασία η οποία βασίζεται σε .Net και υλοποιήθηκε με γλώσσα προγραμματισμού C#. Αποτελείται από κλάσεις υπεύθυνες για τη συσχέτιση απλών γεγονότων έως και τη δημιουργία και σύνθεση καταστάσεων, εκτελώντας ερωτήματα στο Event Database σε περιόδους των 2-5 λεπτών, ανάλογα με τον τύπο του ερωτήματος και τον επιθυμητό αποτέλεσμα συσχέτισης που επιθυμούμε να επιτύχουμε.

Τα ερωτήματα που αλληλοεπιδρούν με το στοιχείο Event Database είναι γραμμένα σε Cypher (σχήμα 6-11 και σχήμα 6-12), συνθέτοντας γεγονότα και αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας με σκοπό την ανίχνευση και τη δημιουργία καταστάσεων. Εξαιτίας του ότι τα γεγονότα είναι αποθηκευμένα στο στοιχείο Event Database το χρονικό παράθυρο αναζήτησης μπορεί να είναι παράμετρος στη γλώσσα Cypher. Λόγω της συνεχούς περιοδικής λειτουργίας του στοιχείου Correlation Agent, το μειονέκτημα του περιορισμένου χρονικού παραθύρου της επεξεργασίας ροών πληροφοριών δεν επηρεάζει τη προσέγγιση μας.

Η ανίχνευση καταστάσεων στηρίζεται στην εκτέλεση ερωτημάτων συσχέτισης σε απλά και σύνθετα γεγονότα τα οποία είναι αποθηκευμένα στο στοιχείο Event Database. Όταν ανιχνευθεί μια κατάσταση, αυτή κοινοποιείται στο στοιχείο του Business Rule Engine και ενέργειες για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδα ενεργοποιούνται.

```

MATCH Event e, Supply Chain Object (T, S, Pr, O) sc
WHERE (e) - [:af] -> (sc) <-[:af] - (e) AND

        (e) - [:af] -> (sc) AND
        (e) - [:as]-> (e) AND
        (e) - [:as]-> (e) AND

    IF query result is true THEN
{CREATE Complex Event ce (Complex event stored in DB as node)
WHERE (e)-[:Cor]->(ce)<-[:Cor]-(e) AND

    (e)-[:Cor]->(Ce) }
ELSE
    {TIMER SET TO 2 min}
LOOP

```

#### Σχήμα 6-11 Παράδειγμα ανίχνευσης σύνθετου γεγονότος με χρήση γλώσσας Cypher

```

MATCH Event e, Complex Event ce, Supply Chain Object (T, S, Pr, O) sc
WHERE (Ce)-[:Cor]->(e)-[:Af]->(sc) AND {Criteria and Constraints
Related to events and SC properties}

    IF query result is true THEN
{CREATE Situation S (S stored in DB as node)
WHERE (Ce)-[:For]->(S)<-[:For]-(e) }
ELSE
    {TIMER SET TO 5 min}
LOOP

```

#### Σχήμα 6-12 Παράδειγμα ανίχνευσης κατάστασης

Για τη δημιουργία του στοιχείου Event Database χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό Neo4j όπου αποθηκεύονται γεγονότα απλά και σύνθετα καθώς και οι καταστάσεις που δημιουργούνται όπως επίσης και το σχεσιακό σχήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε αυτή τη βάση δεδομένων υπάρχουν δύο τύποι κόμβων, οι κόμβοι των αντικειμένων της εφοδιαστικής αλυσίδας οι οποίοι σχετίζονται μεταξύ του προσομοιώνοντας τις υπάρχουσες επιχειρηματικές σχέσεις και οι κόμβοι γεγονότων. Ο πρώτος τύπος κόμβων περιλαμβάνει τους προμηθευτές, τις εταιρείες 3PL και τις παραγγελίες που υποβάλλονται ενώ ο δεύτερος τύπος κόμβων περιλαμβάνει απλά, εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα καθώς και σύνθετα γεγονότα. Τα γεγονότα και τα αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας συνδέονται μεταξύ τους από το στοιχείο του Correlation Agent με ακμές που αναπαριστούν τις σχέσεις που δημιουργούνται μετά από την τριών σταδίων λειτουργία του στοιχείου αυτού.

## 6.6 Αξιολόγηση

### 6.6.1 Ροή Διαδικασίας και Στόχοι

Για την αξιολόγηση του μοντέλου σχεδιάσαμε ένα τυπικό σενάριο εφοδιαστικής αλυσίδας. Το σενάριο αποτελείται από τέσσερις προμηθευτές και τρεις εταιρείες 3PL εγκατεστημένες σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, όπως επίσης και έναν λιανοπωλητή ο οποίος υποβάλει παραγγελίες στο σύστημα. Κάθε εταιρεία 3PL καθώς και οι προμηθευτές έχουν διαφορετικές ικανότητες μεταφοράς προϊόντων και προμήθειας αυτών οι οποίες δημιουργούν περιορισμούς στη διαδικασία.

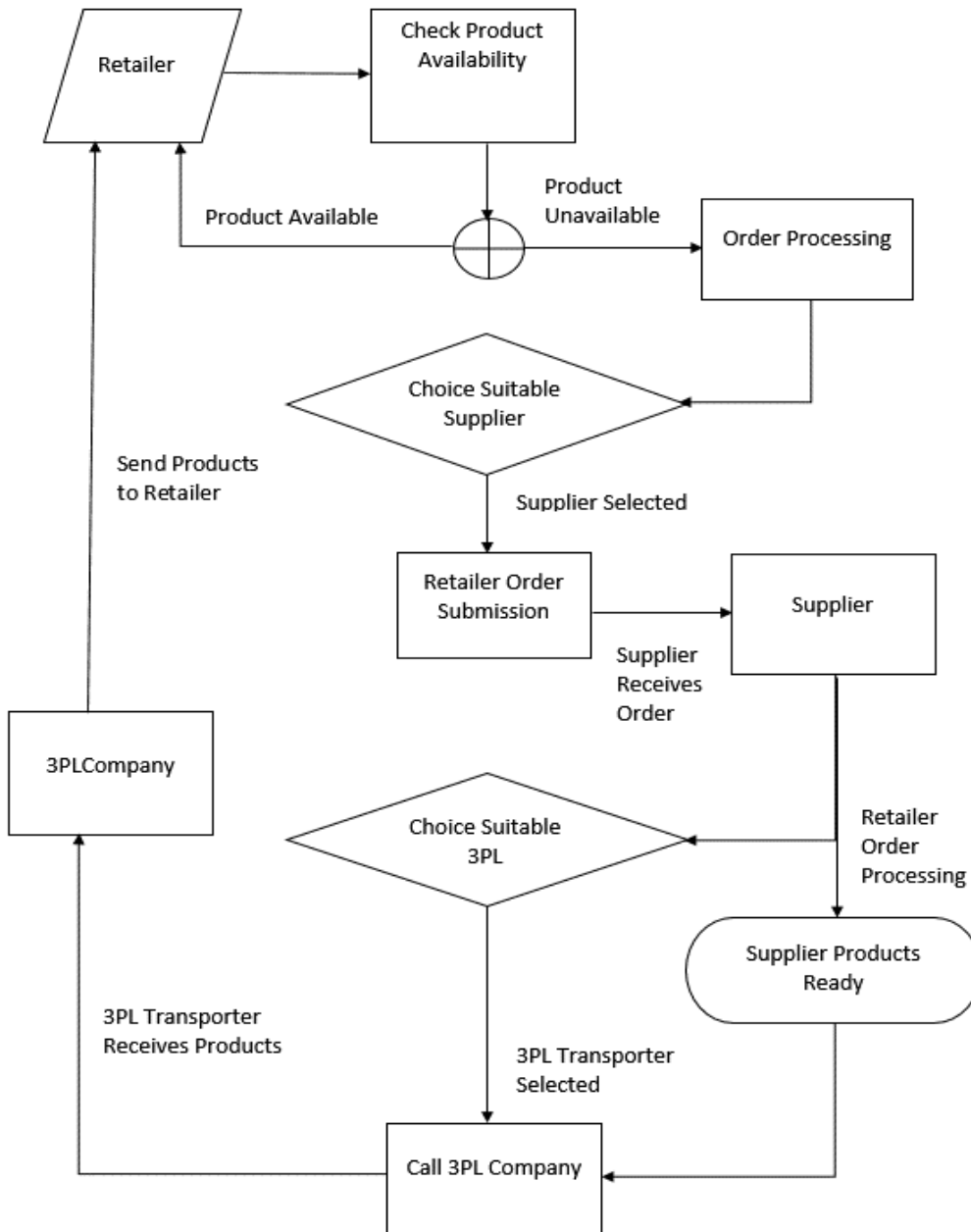
Οι προσομοιώσεις σχεδιάστηκαν ώστε να δημιουργούν διαφορετικά σενάρια που στηρίζονται στη διαθεσιμότητα των προϊόντων και να κατευθύνουν τη διαδικασία ανάλογα. Το σχήμα 6-13 παρουσιάζει τη ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας. Κάθε σενάριο ξεκινά με τον υπολογισμό της διαθεσιμότητας των προϊόντων από την πλευρά του λιανοπωλητή. Αν η ποσότητα των προϊόντων δεν είναι επαρκής, μια παραγγελία δρομολογείτε και η εφαρμογή ξεκινά την αναζήτηση για το κατάλληλο προμηθευτή να την εκπληρώσει. Παράλληλα αναζητά τη κατάλληλη εταιρεία 3PL για να διαχειριστεί την παράδοση. Όταν τα προϊόντα είναι έτοιμα, ο προμηθευτής καλεί την εταιρεία 3PL και τα προϊόντα παραδίδονται στο λιανοπωλητή.

Ο πρωταρχικός μας στόχος αξιολόγησης ήταν να εκτιμήσουμε ποσοτικά τις δυνατότητες επίγνωσης της κατάστασης του προτεινόμενου μοντέλου και να αποδείξουμε τα πιθανά οφέλη για τη SCEM προσέγγιση όσον αφορά:

- Την ανίχνευση καταστάσεων σε διάφορα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού. Με την ανίχνευση καταστάσεων από γεγονότα που συνέβησαν σε δύο ή περισσότερα διαφορετικά αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω συσχέτισή τους, επιτυγχάνοντας επίγνωση καταστάσεων σε όλα τα στάδια και τελικά βελτιώνοντας της ικανότητα λήψης αποφάσεων.
- Συσχέτιση γεγονότων ανεξάρτητα από το χρονικό παράθυρο τους. Τα γεγονότα που συμβαίνουν σε διαφορετικά χρονικά παράθυρα και τα οποία διαφέρουν από μερικά λεπτά έως ημέρες και εξακολουθούν να επηρεάζουν τη διαδικασία της αλυσίδας εφοδιασμού, μπορούν να συσχετιστούν προκειμένου να εντοπιστεί μια κατάσταση.
  - Ικανότητα του μοντέλου να ανιχνεύει καταστάσεις πριν από την εμφάνισή τους.
  - Ευελιξία του μοντέλου σε σχέση με τον αριθμό των παραγόμενων γεγονότων.

Για να εντοπίσουμε γεγονότα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας, ερωτήθηκαν επαγγελματίες της εφοδιαστικής αλυσίδας οι οποίοι μας έδωσαν παραδείγματα απλών γεγονότων που θα μπορούσαν να διαταράξουν αυτή τη διαδικασία. Για να προσομοιώσουμε τα γεγονότα στην εφοδιαστική αλυσίδα, κρίθηκε ότι έπρεπε να καθοριστεί η πιθανότητα εμφάνισης καθώς και ένα επίπεδο κρισιμότητας. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν ψευδοτυχαία τυπικά εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα τα οποία υλοποιήθηκαν σε διαφορετικά στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού. Για να προσομοιώσουμε τα εξωτερικά συμβάντα, χρησιμοποιήσαμε μια γεννήτρια εξωτερικών γεγονότων, η οποία αναπαράγει επίσης ψευδοτυχαία εξωτερικά γεγονότα που σχετίζονται με την εφοδιαστική αλυσίδα. Οι τύποι των παραγόμενων γεγονότων και η πιθανότητα εμφάνισής τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-6.





Σχήμα 6-13 Ροή της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Πίνακας 6-6 Τα γεγονότα της εφοδιαστικής αλυσίδας και η πιθανότητα εμφάνισής τους

Εσωτερικά Γεγονότα		
Τύπος Γεγονότος	Περιγραφή	Πιθανότητα εμφάνισης
Προμηθευτής (Supplier)	Εργαζόμενοι σε απεργία. Η παράδοση θα καθυστερήσει.	20%
	Πρόβλημα στις προδιαγραφές του προϊόντος.	20%
	Ανεπαρκής Ποσότητα (Προϊόντων, πρώτων υλών κτλ.)	30%
	Βλάβη σε συστήματα παραγωγής.	30%
Μεταφορέας (3PL Company)	Εργαζόμενοι σε απεργία. Η παράδοση θα καθυστερήσει.	30%
	Βλάβη Οχήματος. Καθυστερήσεις.	30%
	Προβλήματα παράδοσης. Αριθμός προϊόντων καταστράφηκαν κατά τη μεταφορά.	20%
	Μεγάλη ποσότητα παράδοσης. Θα πραγματοποιηθούν τμηματικές παραδόσεις.	20%
Εξωτερικά Γεγονότα		
Τύπος Γεγονότος	Περιγραφή	Πιθανότητα εμφάνισης
Καιρικά Γεγονότα	Ασήμαντες καθυστερήσεις λόγω καιρικών συνθηκών	33%
	Άσχημες καιρικές συνθήκες. Μπορεί να προκύψουν καθυστερήσεις.	33%
	Ακραία Καιρικά Φαινόμενα. Η διαδικασία πιθανόν να επηρεαστεί.	33%
Οικονομικά Γεγονότα	Απόρριψη αίτησης δανείου.	30%
	Η συγχώνευση ακυρώθηκε	20%
	Προβλήματα ρευστότητας, καθυστερήσεις πληρωμών.	40%

	Ο συνεργάτης προσωρινά ανέστειλε τη λειτουργία του λόγω οικονομικών προβλημάτων.	10%
Γεγονότα Μεταφοράς	Καθυστερήσεις λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης	40%
	Καθυστερήσεις λόγω έργων.	30%
	Δρόμος κλειστός, θα πρέπει να ακολουθηθεί παράκαμψη.	15%
	Το μέσο μεταφορά ενεπλάκη σε ατύχημα.	15%

Τα παραγόμενα γεγονότα κάθε τύπου έχουν ιδιότητες όπως διάρκεια, ώρα και ημερομηνία, που προσομοιώνουν τα γεγονότα μιας πραγματικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Το φιλτράρισμα των γεγονότων πραγματοποιείται με βάση το βαθμό επιρροής τους στο σε αυτή, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6-7.

**Πίνακας 6-7 Η επίδραση των γεγονότων στην αλυσίδα εφοδιασμού**

	Διάρκεια σε Μέρες	Επίδραση στην Αλυσίδα Εφοδιασμού
Εσωτερικά Γεγονότα	$0 \leq e_{dur} \leq 2$	Μικρή
	$3 \leq e_{dur} < 10$	Περιορισμένη
	$10 \leq e_{dur} < 15$	Σοβαρή
	$15 \leq e_{dur} < 30$	Κρίσιμη
Εξωτερικά Γεγονότα	$0 \leq e_{dur} \leq 2$	Μικρή
	$3 \leq e_{dur} < 5$	Περιορισμένη
	$5 \leq e_{dur} < 8$	Σοβαρή
	$8 \leq e_{dur} \leq 10$	Κρίσιμη

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε γεγονότος (π.χ. διάρκεια), το στοιχείο CEP υπολογίζει σε πραγματικό χρόνο το βαθμό επιρροής τους λαμβάνοντας υπόψη τα διάφορα όρια ανοχής κάθε επιχειρηματικού επιπέδου. Για λόγους αξιολόγησης, περιορίσαμε τη διάρκεια των γεγονότων σε χρονικό παράθυρο 30 ημερών για τα εσωτερικά γεγονότα και 10 ημέρες για τα εξωτερικά γεγονότα.

### 6.6.2 Σχεδιασμός Σεναρίων

Με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε από τη συζήτησή μας με τους επαγγελματίες του κλάδου, σχεδιάσαμε πέντε σενάρια χρήσης που περιγράφονται παρακάτω και τα οποία συνδυάζουν διαφορετικά εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα. Τα σενάρια αποσκοπούν στην απεικόνιση της ικανότητας ανίχνευσης καταστάσεων που δημιουργούνται από γεγονότα που εμφανίζονται σε διαφορετικά αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας και σε διάφορα χρονικά παράθυρα. Επιπρόσθετα σκοπός είναι να δείξουν την ικανότητα του μοντέλου να ανιχνεύει τις δοκιμασμένες καταστάσεις πριν αυτές τερματιστούν .

Για να αποτυπώσουμε την εξέλιξη των καταστάσεων στο χρόνο, καθορίσαμε δυο στάδια στη δημιουργία τους, το στάδιο  $S_{init}$  και το στάδιο  $S_{fin}$  . Μια σειρά συσχετισμένων γεγονότων, σε κάθε σενάριο, αντιπροσωπεύει μια αρχική κατάσταση  $S_{init}$  μιας κατάστασης ή πυροδοτεί μια τελική κατάσταση  $S_{fin}$ . Η κατάσταση  $S_{fin}$  ενεργοποιείται όταν το στοιχείο Rule Engine δεν έχει να ενεργοποίηση τον κατάλληλο κανόνα για να διαχειριστεί την κατάσταση ή όταν ο κανόνας που ενεργοποιείται δεν είναι ικανός να αποτρέψει την κατάσταση, π.χ. η επιλογή άλλης εταιρείας 3PL ή άλλου προμηθευτή δεν είναι δυνατή λόγω των επιχειρηματικών περιορισμών όπως η υφιστάμενη γραμμή παραγωγής ή η ανεπαρκής ικανότητα μεταφοράς. Οι καταστάσεις που φθάνουν στην κατάσταση  $S_{fin}$  θεωρούνται ως χαμένες, δηλαδή ότι δεν διαχειρίστηκαν εγκαίρως.

Στο μοντέλο λαμβάνονται υπόψη μόνο γεγονότα με κρίσιμο ή σοβαρό αντίκτυπο και τα οποία χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση καταστάσεων. Οι περιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν από την εκτίμηση των γεγονότων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Ένα απλό γεγονός εκτιμάται ότι έχει μικρό ή περιορισμένο αντίκτυπο. Επιχειρηματικοί κανόνες ενεργοποιούνται για τη βελτίωση ή τον περιορισμό των επιπτώσεων του συμβάντος.
- Ένα απλό γεγονός αξιολογείται ως σοβαρό ή κρίσιμο, αλλά χωρίς συσχετισμό με άλλα γεγονότα. Οι επιχειρηματικοί κανόνες εφαρμόζονται για τον αντίκτυπο του γεγονότος στη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Ένα σύνολο συμβάντων αξιολογείται ως κρίσιμο ή καταστροφικό και εμφανίζεται μια αρχική κατάσταση ( $S_{init}$ ). Εφαρμόζονται επιχειρησιακοί κανόνες ή η διαδικασία επαναπροσανατολίζεται για να αποτραπεί η εμφάνιση του  $S_{fin}$  .
- Η πρόληψη της κατάστασης δεν είναι δυνατή από το μοντέλο και ενεργοποιείται μια  $S_{fin}$  . Οι επιχειρηματικοί κανόνες εφαρμόζονται για τον περιορισμό των επιπτώσεων της κατάστασης στη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τα σενάρια δοκιμάστηκαν σε μια σειρά πειραματικών προσομοιώσεων. Η ευελιξία ως χαρακτηριστικό του μοντέλου δοκιμάστηκε χρησιμοποιώντας διαφορετικά σύνολα δοκιμών με αυξανόμενο αριθμό εσωτερικών και εξωτερικών γεγονότων. Οι πειραματικές δοκιμές διεξήχθησαν σε μία ακολουθία πέντε ομάδων με ένα βήμα κλιμακούμενο αυξητικά ανά 100 δοκιμές. Ο συνολικός αριθμός των δοκιμών που εκτελέστηκαν ήταν 1500. Όλες οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε επεξεργαστή Core i5 2.6 MHz με RAM 6 GHz. Τα σενάρια που εκτελέστηκαν περιγράφονται παρακάτω:

Scenario1: Οι υπάλληλοι μιας από τις μεγαλύτερες εταιρείες 3PL ανακοίνωσαν επανειλημμένες απεργίες. Ενδεχομένως λόγω ακατάλληλης συντήρησης, η οποία προέκυψε λόγω παρατεταμένης απεργίας, καταστράφηκε ένα μέσο μεταφοράς. Η εταιρεία δηλώνει ότι είναι ακόμη σε θέση να παραδώσει την παραγγελία, χρησιμοποιώντας ένα άλλο όχημα. Ωστόσο, ο λιανοπωλητής ανακοίνωσε ότι πολλά προϊόντα παραδόθηκαν σε κακή κατάσταση. Τα γεγονότα που περιγράφουν την αρχική κατάσταση  $S_{init}$  είναι διαδοχικά:  $e_1$  που περιγράφει τις επαναλαμβανόμενες απεργίες από το προσωπικό της εταιρείας 3PL, το  $e_2$  γεγονός το οποίο περιγράφει τη βλάβη του φορτηγού καθώς το  $e_3$  γεγονός το οποίο περιγράφει την ανακοίνωση του λιανοπωλητή σχετικά με την κατάσταση των παραδιδόμενων προϊόντων, η οποία αντιπροσωπεύει επίσης το τελικό στάδιο  $S_{fin}$  της κατάστασης. Η κατάσταση περιγράφεται στην εξίσωση 6. Για την ανίχνευση της κατάστασης λαμβάνονται υπόψη μόνο τα γεγονότα με βαθμό επιρροής σοβαρός και άνω. Το αποτέλεσμα της κατάστασης αυτού του σεναρίου είναι η δημιουργία ενός σύνθετου B2Bevent, το οποίο διαχειρίζεται το στοιχείο του Rule Engine ενεργοποιώντας τη κατάλληλη ενέργεια σύμφωνα με έναν προκαθορισμένο κανόνα ο οποίος λαμβάνει υπόψη τη σημασία του σύνθετου γεγονότος όπως αυτή υπολογίστηκε από το στοιχείο CEP Engine. Ένα παράδειγμα του κανόνα που ενεργοποιήθηκε όταν αυτός ο τύπος του B2B σύνθετου γεγονότος δημιουργήθηκε παρουσιάζεται στο σχήμα 6-14.

$$Situation1 = Seq^{t2}(e_1^{t1}, e_2, e_3)$$

#### Εξίσωση 6 Ανίχνευση σεναρίου 1

```

Rule 1 :Damaged Products 10%
B2bEvent.eventDegree=="Serious" and
B2BEvent.eventExplanation=="Number of products damaged during transport."
THEN
assert new OutcomingValues (deliveryDate: OutcomingValues.deliveryDate,
response: "The retailer will get 10% discount in products.")

Rule 2 :Damaged Products 20%
B2BEvent.eventExplanation=="Number of products damaged during transport."
THEN
assert new OutcomingValues (deliveryDate: OutcomingValues.deliveryDate,
response: "The retailer will get 20% discount in products.")

```

#### Σχήμα 6-14 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 1

Scenario 2: Ένα μηχάνημα που χρησιμοποιείται σε μια παραγωγική διαδικασία ενός προμηθευτή υφίσταται σημαντική βλάβη, αυτό δημιουργεί έλλειψη του αντίστοιχου συστατικού στους εταίρους της εφοδιαστικής αλυσίδας που χρησιμοποιούν το υπόψη στοιχείο στις διαδικασίες παραγωγής τους. Αυτά τα δύο συμβάντα δημιουργούνται σε διαφορετικούς συνεργάτες και τα οποία δεν σχετίζονται μεταξύ τους όταν εμφανίζονται στο δίκτυο συμβάντων. Το τρίτο γεγονός αναφέρεται στο ότι η παραγγελία δε μπορεί να περατωθεί, λόγω

έλλειψης ενός απαραίτητου συστατικού. Ως αποτέλεσμα, η παραγγελία απευθύνεται σε εξωτερικό συνεργάτη με πρόσθετο κόστος για την εφοδιαστική αλυσίδα σε χρόνο και πόρους. Η παράσταση που περιγράφει το πρότυπο της κατάστασης παρουσιάζεται στην εξίσωση 7. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης είναι ένα σύνθετο O2Bevent που επηρεάζει τόσο τον προμηθευτή όσο και την εταιρεία 3PL. Η αρχική κατάσταση  $S_{init}$  για το σενάριο αυτό περιγράφεται από το γεγονός  $e_1$  που αναφέρεται στην ανακοίνωση του πρώτου προμηθευτή ότι το μηχάνημά του έπαθε βλάβη και το γεγονός  $e_2$  που περιγράφει την έλλειψη στο υπόψη ανταλλακτικό. Το τελικό στάδιο  $S_{fin}$  είναι η ανακοίνωση της ακύρωσης της παραγγελίας. Ο κανόνας συμβάντος που διαχειρίζεται αυτόν τον τύπο του σύνθετου γεγονότος τύπου O2Bevent παρουσιάζεται στο σχήμα 6-14.

$$\text{Situation2} = \text{Seq}^{t2}[(e_1 + e_2)! xe_3^{t1}, e_4]$$

#### Εξίσωση 7 Ανίχνευση σεναρίου 2

```

" * Rule:1 The order quantity is less than 25000 and more than 50000
IF
O2BEvent.eventDegree=="Serious" and
O2BEvent.eventDescription=="The order may cancelled." and
OrderInputValues.orderQuantity < 50000 and
OrderInputValues.orderQuantity >= 25000
THEN
Assert new OutcomingValues( deliveryDate: XMLDate add days to (OrderInputValues.orderDeliveryDate,
10), response:"The order will be registered to third party partner.")

" * Rule 2:The order quantity is more than 50000
IF
O2BEvent.eventDegree=="Critical" and
O2BEvent.eventDescription=="The order may cancelled." and
OrderInputValues.orderQuantity > 50000
THEN
Assert new OutcomingValues( deliveryDate: XMLDate add days to (OrderInputValues.orderDeliveryDate,
0), response:"The order will be cancelled.")

```

Σχήμα 6-15 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 2

Scenario 3: Η εταιρεία 3PL ανακοινώνει ότι ένα από τα φορτηγά είναι εκτός λειτουργίας, αλλά αναφέρει ότι, η εταιρεία είναι σε θέση να παραδώσει τα προϊόντα και να ολοκληρώσει την παραγγελία με μια σύντομη καθυστέρηση εντός των ορίων παράδοσης. Κατά τη μεταφορά, μια βασική αρτηρία κλείνει και πρέπει να γίνει παράκαμψη. Ένας αριθμός προϊόντων επιθεωρείται από τον τελικό αποδέκτη και προκύπτει ότι έχουν καταστραφεί κατά τη μεταφορά. Η συσχέτιση αυτών των γεγονότων δημιουργεί ένα σύνθετο γεγονός En2Bevent, που συνδυάζει γεγονότα που προέρχονται τόσο από την εφοδιαστική αλυσίδα όσο και από το επιχειρησιακό περιβάλλον. Το πρότυπο που χρησιμοποιείται για τη συσχέτιση σε αυτή την περίπτωση είναι μια ακολουθία γεγονότων και περιγράφεται από την εξίσωση 8. Η αρχική κατάσταση  $S_{init}$  για αυτή την κατάσταση περιλαμβάνει το συμβάν  $e_1$  και το  $xe_2$ , που περιγράφουν αντίστοιχα την

αποτυχία του φορτηγού και της κλειστές οδικής αρτηρίας. Η κατάσταση ολοκληρώνεται με  $S_{fin}$  όταν ανακοινωθεί στην εταιρεία 3PL το γεγονός  $e_3$ , που υποδεικνύει την κατάσταση των παραδοθέντων προϊόντων.

$$Situation3 = Seq^t[(e_1 + xe_2), e_3]$$

#### Εξίσωση 8 Ανίχνευση σεναρίου 3

Το σύνθετο γεγονός En2Bevent διαχειρίζεται από το στοιχείο Rule Engine χρησιμοποιώντας τους κανόνες του σεναρίου 1, προσφέροντας μια έκπτωση στο λιανοπωλητή ανάλογα με τη ζημιά που σημειώθηκε.

Scenario 4: Ένας εταίρος αναμένει μια επιχειρηματική συμφωνία, η οποία θα επηρεάσει θετικά τα οικονομικά της επιχείρησης. Η οικονομική συμφωνία ακυρώνεται και εμφανίζονται προβλήματα ρευστότητας. Παράλληλα, οι εργαζόμενοι συνεχίζουν τις επαναλαμβανόμενες απεργίες. Η αρχική κατάσταση  $S_{init}$  αποτελείται από το  $xe_1$  που περιγράφει την ανακοίνωση της ακύρωσης της συμφωνίας και τα προβλήματα ρευστότητας, τις καθυστερήσεις στις πληρωμές των υπαλλήλων  $xe_2$  και τις επαναλαμβανόμενες απεργίες από τους υπαλλήλους του εταίρου  $xe_3$ . Η τελική κατάσταση είναι η  $S_{fin}$ , η οποία προκύπτει όταν ανιχνευθεί το γεγονός  $e_4$ , αναφέρεται στον κίνδυνο ακύρωσης εκκρεμών παραγγελιών. Η ανίχνευση προτύπου χρησιμοποιώντας περιγράφεται από την εξίσωση 9.

$$Situation4 = Seq^{t3}[(! xe_1^{t1}, xe_2) e_3^{vt2}, e_4]$$

#### Εξίσωση 9 Ανίχνευση σεναρίου 4

Τα χρονικά διαστήματα  $t_1, t_2$  αναφέρονται στο χρόνο που πέρασε μεταξύ της δημοσίευσης του συμβάντος, ενώ το  $t_3$  αναφέρεται στη συνολική διάρκεια της κατάστασης, ενώ το  $v$  στον αριθμό των επαναλαμβανόμενων απεργιών. Η κατάσταση δημιουργεί δύο σύνθετα γεγονότα En2Bevent και O2Bevent, το πρώτο διαχειρίζεται με τον κανόνα του σχήματος 6-15 και το δεύτερο με τους προηγούμενους κανόνες του σεναρίου 2 ανάλογα με την ποσότητα της παραγγελίας.

```

Rule 3: Financial Event
En2BEvent.eventDegree=="Serious" or
En2BEvent.eventDegree=="Critical" and
En2BEvent.eventExplanation=="Liquidity Problems, payments delays."
THEN
Assert new OrderProcessValues( orderInformationDetails : "Loan request is necessary.")

```

#### Σχήμα 6-16 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 4

Scenario 5: Λόγω κακών καιρικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή παράδοσης μιας παραγγελίας ένα βασικό δρομολόγιο μεταφοράς προϊόντων κλείνει, μην επιτρέποντας τη χρησιμοποίησή του για τη παράδοση. Ο υπάλληλος που εκτελεί τη μεταφορά πρέπει να χρησιμοποιήσει παράκαμψη για να ολοκληρώσει την παράδοση. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, το όχημα εμπλέκεται σε τροχαίο ατύχημα. Η παραγγελία δεν παραδίδεται εξαιτίας αυτής της απροσδόκητης κατάστασης. Το  $S_{init}$  περιλαμβάνει τα εξωτερικά συμβάντα  $xe_1$  και

$xe_2$ . Το πρώτο αφορά τις καιρικές συνθήκες που οδήγησαν στο κλείσιμο του δρόμου και το δεύτερο γεγονός στην ανάγκη για την εταιρεία 3PL να χρησιμοποιήσει μια παράκαμψη για την παράδοση της παραγγελίας. Το γεγονός  $xe_3$  περιγράφει το τροχαίο ατύχημα και ολοκληρώνει την κατάσταση του σεναρίου. Το σύνθετο συμβάν En2Bevent που δημιουργείται από αυτή την κατάσταση διαχειρίζεται από το στοιχείο Rule Engine. Το προτύπου ανίχνευσης της κατάστασης αυτής περιγράφεται στην εξίσωση 10 ενώ ο κανόνας διαχείρισης του στοιχείου Rule Engine που ενεργοποιείται στο σχήμα 6-16.

$$Situation5 = Seq^t(xe_1, xe_2, xe_3)$$

#### Εξίσωση 10 Ανίχνευση σεναρίου 5

##### Rule 1: Traffic Event Rule 1

IF

En2BEvent.eventDegree=="Serious" and

En2BEvent.eventExplanation=="Truck had a road accident."

En2BEvent.Duration < 1

THEN

Assert new OrderProcessValues ( orderInformationDetails:" The order may delivered with different truck.")

Assert new OutcomingValues ( deliveryDate: XMLDate add days to (OrderInputValues.orderDeliveryDate, 2), response:"The order may delayed.")

##### Rule 2: Traffic Event Rule 2

IF

En2BEvent.eventDegree=="Critical" and

En2BEvent.eventExplanation=="Truck had a road accident."

En2BEvent.Duration >1

THEN

Assert new OrderProcessValues ( orderInformationDetails:" Order Delivery must be assigned to another transporter.")

Assert new OutcomingValues ( deliveryDate: XMLDate add days to (OrderInputValues.orderDeliveryDate, 3), response:" Delivery Delays.")

Σχήμα 6-17 Ο επιχειρηματικός κανόνας για το σενάριο 5

## 6.7 Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Η ικανότητα του μοντέλου να ανιχνεύει μια κατάσταση στην αρχικό της στάδιο ανά κάθε σειρά δοκιμών παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-8. Αναλύοντας τα αποτελέσματα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο δείκτης ανίχνευσης και πρόληψης υπερβαίνει το 70%. Αυτή η αναλογία υπολογίστηκε σε κάθε σύνολο δοκιμών για κάθε σενάριο προσθέτοντας τον αριθμό καταστάσεων που ανιχνεύθηκαν ( $S_{init}$ ,  $S_{fin}$ ) και αντιπροσωπεύει το συνολικό αριθμό πιθανών καταστάσεων και διαιρώντας το αποτέλεσμα με τον αριθμό της αρχικής κατάστασης  $S_{init}$ . Αυτό σημαίνει ότι από το σύνολο των 100 καταστάσεων που εμφανίζονται σε κάθε σενάριο, έως και 70 εντοπίστηκαν πριν από την εμφάνισή τους και αποφευχθήκαν στο αρχικό τους στάδιο. Αυτό



το ποσοστό δείχνει ότι το μοντέλο είναι ικανό να ανιχνεύσει και τελικά να αποτρέψει ένα σημαντικό αριθμό καταστάσεων πριν από την κατάσταση  $S_{fin}$ . Λόγω τυχαιότητας των παραγόμενων συμβάντων, αυτό το ποσοστό ποικίλλει, αλλά από τις εκτελεσμένες δοκιμές και συμπεραίνουμε ότι το 70% είναι ένα όριο για την ανίχνευση της κατάστασης και την ικανότητα πρόληψης του μοντέλου.

**Πίνακας 6-8 Ποσοστά Ανίχνευσης Καταστάσεων ανά Σενάριο**

Δοκιμές	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
100	75%	100%	-	-	-
200	76,92%	81,8%	80%	100%	-
300	71,8%	73,68%	77,78%	87,5%	-
400	71,42%	75,86%	81,25%	76,92%	80%
500	70,5%	71,05%	77,78%	70,83%	81,82%

Ο Πίνακας 6-9 δείχνει την ικανότητα ανίχνευσης του μοντέλου σε σχέση με τον αριθμό των γεγονότων που επεξεργάστηκαν. Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των ανιχνεύσεων καταστάσεων είτε στην αρχική κατάσταση  $S_{init}$  είτε στην τελική κατάσταση  $S_{fin}$  είναι σύμφωνος με τον αριθμό των παρουσιαζόμενων γεγονότων. Καθώς το σύνολο δεδομένων σε κάθε εκτέλεση προσομοίωσης παράγεται τυχαία, ορισμένες δοκιμές ενδέχεται να μην παράγουν συμβάντα (π.χ. μια παραγγελία ολοκληρώθηκε χωρίς προβλήματα).

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα σενάρια 3, 4 και 5 είναι λιγότερο πιθανό να εμφανιστούν επειδή βασίζονται σε ένα πολύπλοκο σενάριο που δεν είναι εύκολο να επιβεβαιωθεί. Αυτό αντικατοπτρίζεται στον Πίνακα 6-9, ο οποίος δείχνει ότι τα σενάρια 3, 4 και 5 ανιχνεύονται μόνο μετά από μεγάλο αριθμό δοκιμών. Σημειώνεται επίσης ότι ο αριθμός των συμβάντων δε φαίνεται να έχει αντίκτυπο στην απόδοση του πλαισίου, καθώς ο χρόνος απόκρισης από τη δοκιμή δεν ξεπερνά τα 50,00 χιλιοστά του δευτερολέπτου, που ήταν το καθορισμένο όριο για ένα μεμονωμένη δοκιμή (σχήμα 6-18).

Συνοψίζοντας στα αποτελέσματα των δοκιμών, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το προτεινόμενο μοντέλο είναι ικανό να συσχετίζει γεγονότα που παράγονται από διαφορετικά αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας και να εντοπίζει καταστάσεις σε αυτή σε διάφορα χρονικά παράθυρα.

Πίνακας 6-9 Η συμπεριφορά των σεναρίων σε σχέση με την εμφάνιση των γεγονότων

Δοκιμές	Εσωτερικά Γεγονότα	Εξωτερικά Γεγονότα	Σενάριο1		Σενάριο2		Σενάριο3		Σενάριο4		Σενάριο5	
			$S_{init}$	$S_{fin}$	$S_{init}$	$S_{fin}$	$S_{init}$	$S_{fin}$	$S_{init}$	$S_{fin}$	$S_{init}$	$S_{fin}$
100	75	10	12	4	3	0	0	0	0	0	0	0
200	109	33	20	6	9	2	4	1	2	0	0	0
300	158	49	28	11	14	5	7	2	7	1	0	0
400	193	83	35	14	22	7	13	3	10	3	4	1
500	305	141	43	18	27	11	21	6	17	7	9	2

Request **Response**

Stress Test Status Executed 30 of 500 tests

Number of Tests with Errors 0

Average Response Time (ms) 13183

Minimum Response Time (ms) 12284

Maximum Response Time (ms) 16809

View ▾

Thread	Loop	Duration (ms)	Start Time	End Time	Invocation Status
0	1	16476	9:22:45 PM	9:23:02 PM	Passed
1	1	16476	9:22:45 PM	9:23:02 PM	Passed
4	1	16478	9:22:45 PM	9:23:02 PM	Passed
3	1	16585	9:22:45 PM	9:23:02 PM	Passed
2	1	16809	9:22:45 PM	9:23:02 PM	Passed
2	2	12578	9:24:52 PM	9:25:05 PM	Passed
0	2	12921	9:24:52 PM	9:25:05 PM	Passed
1	2	12925	9:24:52 PM	9:25:05 PM	Passed
4	2	12922	9:24:52 PM	9:25:05 PM	Passed
3	2	12756	9:24:52 PM	9:25:05 PM	Passed
4	3	12566	9:25:55 PM	9:26:07 PM	Passed
3	3	12539	9:25:55 PM	9:26:07 PM	Passed
0	3	12594	9:25:55 PM	9:26:07 PM	Passed
2	3	12666	9:25:55 PM	9:26:07 PM	Passed
1	3	12643	9:25:55 PM	9:26:07 PM	Passed
2	4	12284	9:26:57 PM	9:27:10 PM	Passed
0	4	12350	9:26:57 PM	9:27:10 PM	Passed
3	4	12359	9:26:57 PM	9:27:10 PM	Passed

Σχήμα 6-18 Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

---

## 7 Προδραστικές Αποφάσεις στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

---

### 7.1 Γενικό Πλαίσιο και η Διαδικασία Αγοράς ως Μελέτη Περίπτωσης

Λόγω της ευρείας χρήσης του Διαδικτύου, η δυνατότητα των επιχειρήσεων να έχουν εύκολη πρόσβαση, όχι μόνο σε προϊόντα, αλλά και σε προμηθευτές ή άλλους επιχειρηματικούς συνεργάτες-εταίρους έχει αυξηθεί. Ως αποτέλεσμα, η αναγνώριση και η επιλογή κατάλληλων προμηθευτών στην αλυσίδα εφοδιασμού έχει καταστεί βασική διαδικασία (Chen et al, 2006). Εστιάζοντας στην ανάπτυξη στρατηγικών συνεργασιών με τους προμηθευτές, ο Ellram (1990) ισχυρίστηκε ότι τα παραδοσιακά μοντέλα επιλογής προμηθευτών πρέπει να συμπληρωθούν από παράγοντες που σχετίζονται με οικονομικά θέματα, την τεχνολογία, την οργάνωση του πολιτισμό και τη στρατηγική. Σύμφωνα με τον Gunasekaran (2004), η αξιολόγηση των προμηθευτών στο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού περιλαμβάνει μέτρα σημαντικά στο στρατηγικό επίπεδο (π.χ. επίπεδο ποιότητας, τιμολόγηση και χρόνος παράδοσης) στη τακτική (π.χ. αποτελεσματικότητα κύκλου εντολής αγοράς, μεθοδολογία διασφάλισης ποιότητας) και στο επιχειρησιακό επίπεδο (π.χ. καθημερινές τεχνικές απαντήσεις). Δεδομένου ότι οι αποφάσεις αυτές είναι συχνά πολύπλοκες και μη δομημένες, η διαδικασία προμήθειας στην εφοδιαστική αλυσίδα έχει καταστεί όλο και πιο περίπλοκη, δημιουργώντας την ανάγκη συνεχούς ελέγχου και βελτίωσης (Monczka et al., 2009).

Η ανάπτυξη μιας αποτελεσματικής στρατηγικής εξασφάλισης αγαθών είναι μια πολύ σημαντική πρόκληση στο πλαίσιο της διαχείρισης των προμηθειών (Katsikeas et al., 2004). Ως εκ τούτου, οι εταιρείες αναζητούν λύσεις για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών του στο τομέα αυτό. Σύμφωνα με τους Monczka et al. (2015), η αποτελεσματική απόκτηση αγαθών σχετίζεται με τη σωστή ποιότητα και ποσότητα, στη κατάλληλη στιγμή, στη σωστή τιμή και από τη σωστή πηγή. Ωστόσο, η επίτευξη αυτού του στόχου δεν είναι εύκολη υπόθεση. Ο Mohamed και ο Coutry (2015) επί του θέματος διεξήγαγαν μια μελέτη σχετικά με μια πολυεθνική εταιρεία που δραστηριοποιείται στο χώρο της πώλησης ηλεκτρολογικού υλικού σε παγκόσμια κλίμακα. Χρησιμοποίησαν δείγμα 2.425 παραγγελιών αγαθών που εξήχθησαν από τα αρχεία της εταιρείας και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το 30% των παραγγελιών παραδόθηκαν με κάποια καθυστέρηση από την προγραμματισμένη ημερομηνία λήξης.

Σύμφωνα με τον Parikh, & Joshi (2005), μια διαρκής ανησυχία για τους περισσότερους οργανισμούς είναι η μείωση του κόστους αγοράς. Όπως ισχυρίζονται, μια τυποποιημένη διαδικασία προμήθειας μπορεί να δημιουργήσει υψηλά γενικά και διοικητικά έσοδα, ειδικά στις περιπτώσεις περιορισμένων κλίμακας αγορών. Μπορεί επίσης να οδηγήσει σε καθυστερήσεις επίτευξης της προμήθειας, λόγω υψηλού ποσοστού αστοχίας των αγαθών από επιθυμητές προδιαγραφές και χαμηλή συμμετοχή των προμηθευτών.

Το πρόβλημα της επιλογής προμηθευτών ή επιχειρηματικών εταιρών έχει εξεταστεί από πολλούς ερευνητές στη βιβλιογραφία. Ο Ho et al. (2010) εξέτασε 78 άρθρα περιοδικών, από το 2000 έως το 2008, τα οποία αντιμετώπιζοντας το πρόβλημα της αξιολόγησης και επιλογής του προμηθευτή, ακολούθησαν ποικίλες προσεγγίσεις, όπως π.χ. Linear και Integer programming, Fussy Logic, Case-Based Reasoning, Analytic Hierarchy Process (AHP) και Analytic Network Process (ANP ολοκληρωμένες ή μεικτές προσεγγίσεις. Το καταληκτικό συμπέρασμα αυτής της μελέτης είναι ότι στη σύγχρονη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η αξιολόγηση και η επιλογή των προμηθευτών βασίζεται σε ένα σύνολο πολλαπλών παραγόντων και κριτηρίων, παρά σε ένα ενιαίο κριτήριο κόστους. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα είναι το έργο του Chen et al (2006) που παρουσιάζει μια ασαφή προσέγγιση στη λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπιση του προβλήματος επιλογής συνεργατών. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν ασαφείς περιγραφικές μεταβλητές για να προσδιορίσουν τις αξιολογήσεις και τα βάρη ποσοτικών και ποιοτικών παραγόντων, όπως η ποιότητα, την τιμή, την ευελιξία και την απόδοση παράδοσης.

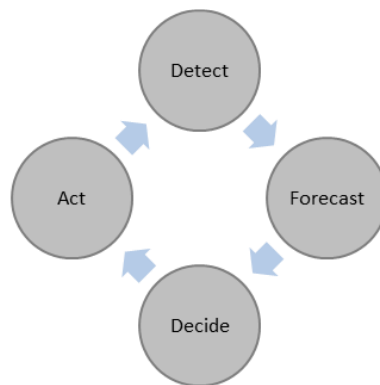
Στοχεύοντας να συνεισφέρουμε στο πεδίο της μελέτης της διαδικασίας προμήθειας και επιλογής συνεργατών στην εφοδιαστική αλυσίδα η ερευνητική εργασία σε αυτό το κεφάλαιο επικεντρώνεται στη παρουσίαση μιας αρχιτεκτονικής προδραστικής υποστήριξης αποφάσεων. Η προσέγγιση που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο εμπλέκεται στη διαδικασία λήψης απόφασης τόσο στο αρχικό στάδιο επιλογής προμηθευτών / συνεργατών όσο και στην περίπτωση αντιμετώπισης απροσδόκητων γεγονότων μέσω ενδεχόμενου επαναπροσανατολισμού ή ακύρωσης μιας παραγγελίας. Ο κύριος στόχος της προσπάθειας εντοπίζεται στη στήριξη αποφάσεων μέσω προληπτικών συστάσεων για τη διασφάλιση του ελάχιστου κόστους παραγγελίας και της αξιόπιστης λειτουργίας της εφοδιαστική αλυσίδας.

## **7.2 Προσέγγιση για την Εφαρμογή Προδραστικής Λήψης Αποφάσεων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα και στη Διαδικασία Αγορών**

Μια διαδικασία αγοράς αρχίζει συνήθως με αναζήτηση για τα κατάλληλα προϊόντα. Αρχικά δημιουργείται μια αίτηση για προσφορά (RFQ) η οποία περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των απαιτήσεων των αιτούντων, την αξιολόγηση της ανάγκης, τον εντοπισμό και την επιλογή των προμηθευτών, καθώς και τη διαπίστωση ότι η ανάγκη ήταν ουσιαστική (Monczka et al., 2009). Οι προμηθευτές αποστέλλουν απαντήσεις επί του RFQ οι οποίες αξιολογούνται ενώ λαμβάνεται υπόψη και το κόστος μεταφοράς. Αφού επιλεγεί ο προμηθευτής και ο μεταφορέας, υπολογίζεται το κόστος παραγγελίας, ακολουθούμενο από την υποβολή παραγγελίας για την προμήθεια του προϊόντος.

Καθώς η διαδικασία αυτή μπορεί να διαταραχθεί από απροσδόκητα γεγονότα, υπάρχει ανάγκη για μια προσέγγιση ικανή να υποστηρίξει την προδραστική λήψη αποφάσεων για την αποφυγή ανεπιθύμητων, μη αναμενόμενων γεγονότων ενώ παράλληλα να αντιμετωπίζει αποτελεσματικά γεγονότα τα οποία δεν ήταν δυνατόν να αποφευχθούν. Η ανάγκη να παρακολουθείται συνεχώς η διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας και να λαμβάνονται προληπτικά οι απαραίτητες αποφάσεις για την αποφυγή των ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων, διατηρώντας παράλληλα ένα ελάχιστο κόστος είναι ένα σημαντικό ενισχυτικό στοιχείο της εφοδιαστικής αλυσίδας .

Για να υλοποιήσουμε την προσέγγισή μας, χρησιμοποιούμε το πλαίσιο λήψης αποφάσεων "Detect-Forecast-Decide-Act" (Σχήμα 7-1) που προτάθηκε από τον Engel et al (2012). Το πλαίσιο αυτό απεικονίζει τις τέσσερις βασικές φάσεις που αφορούν την προδραστική λήψη αποφάσεων.



**Σχήμα 7-1. Το πλαίσιο λήψης απόφασης.**

Σύμφωνα με τον Engel & Etzion (2011) και τους Engel et al. (2012), το πλαίσιο της "ανίχνευσης-πρόβλεψης-απόφασης-δράσης" είναι κατάλληλο για το σχεδιασμό προδραστικών συστημάτων. Αυτό το πλαίσιο επεκτείνει το αντίστοιχο reactive πρότυπο, το οποίο αποτελείται από δύο φάσεις της ανίχνευσης και της αντίδρασης, συμπεριλαμβανομένων των επιπρόσθετων σταδίων πρόβλεψης και λήψης αποφάσεων. Το πλαίσιο "Detect-Forecast-Decide-Act" έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές στον τομέα του Event Driven Architecture, Proactive Computing and Self Aware Decision Making Systems (π.χ., Kounev, 2011, Bousdekis et al.). Προκειμένου να υποστηρίξουμε τη προδραστική λήψη αποφάσεων στη διαδικασία αγορών της εφοδιαστικής αλυσίδας, επιλέξαμε αυτό το πλαίσιο ως κατάλληλο για το μοντέλο μας.

Η προσέγγισή μας υιοθετεί αυτό το πλαίσιο και το εφαρμόζει στην εφοδιαστική αλυσίδα, ξεκινώντας από την επιλογή των συνεργατών και τον υπολογισμό του κόστους μιας παραγγελίας. Παράλληλα υποστηρίζει προδραστική λήψη αποφάσεων, μέσω του εντοπισμού ανεπιθύμητων γεγονότων, της πρόβλεψης για την επίπτωση τους, της λήψης αποφάσεων και της υλοποίησης αυτών ώστε να αντιμετωπιστούν οι επιδράσεις τους. Οι προκλήσεις και τα βασικά χαρακτηριστικά της προσέγγισής μας περιγράφονται στη συνέχεια.

### 7.2.1 Επιλογή Συνεργατών και Υπολογισμός Κόστους Παραγγελίας

Η αρχική μας υπόθεση στηρίζεται στο γεγονός ότι η επιλογή συνεργατών βασίζεται σε δύο παράγοντες: την αξιοπιστία και το κόστος του συνεργάτη, δηλαδή την καλύτερη προσφορά που συνήθως βασίζεται στη διαθεσιμότητα και την τιμή.

Το κριτήριο της αξιοπιστίας έχει ιδιαίτερη σημασία στην προσέγγισή μας και αξιολογείται με βάση το ιστορικό της συνεργασίας με κάθε συνεργάτη. Η αξιοπιστία των συνεργατών στην εφοδιαστική αλυσίδα ορίζεται ως η ικανότητα εκτέλεσης εργασιών όπως αναμένεται και είχε αρχικά προγραμματιστεί. Επιπλέον, η αξιοπιστία επικεντρώνεται στην προβλεψιμότητα των αναμενόμενων αποτελεσμάτων μιας διαδικασίας. Τα χαρακτηριστικά για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας περιλαμβάνουν την εκπλήρωση των παραγγελιών, την ποσοτική και ποιοτική ακρίβεια όπως αναμένεται.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αξιοπιστίας χρησιμοποιούμε το σύνολο των προηγούμενων παραγγελιών που έχει συμπληρώσει ένας συγκεκριμένος συνεργάτης προς το συνολικό αριθμό των εκτελεσθέντων παραγγελιών από τον ίδιο (εξίσωση 11).

$$ReliabilityFactor(i) = \frac{OrdersCompletedOnTime(i)}{TotalNumberOfOrders(i)}$$

#### Εξίσωση 11 Ο συντελεστής αξιοπιστίας

όπου  $i$  είναι από 1 έως  $N$ ,  $N$  = αριθμός συνεργατών.

Ο συντελεστής κόστους αναφέρεται στο κόστος της παραγγελίας, που περιλαμβάνει το κόστος για την αποστολή μιας παραγγελίας, το κόστος προετοιμασίας της και την προσφορά του προμηθευτή ή του μεταφορέα. Μεταξύ των διαφόρων μεθόδων που προτείνονται για τον προσδιορισμό της συνάρτησης κόστους (Perrakis, 1982), υπολογίζουμε το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας ως το άθροισμα των δύο τύπων κόστους ενός σταθερού και ενός μεταβλητού. Το σταθερό κόστος ορίζεται ως ένα σύνολο σταθερών δαπανών (FC) που αντιστοιχούν στη παραγγελία, το οποίο αντιπροσωπεύει ένα πιθανό σταθερό κόστος του προμηθευτή ή του μεταφορέα και χρεώνεται από το συνεργάτη μόλις αναλάβει μια παραγγελία. Το μεταβλητό κόστος (VC) αντιθέτως εξαρτάται από την προσφορά του συνεργάτη και σχετίζεται με παράγοντες όπως η ποσότητα των προϊόντων και ο επιθυμητός χρόνος παράδοσης. Το VC συνήθως υπολογίζεται ως μια συνάρτηση γραμμικού κόστους (εξίσωση 12). Ορισμένοι ερευνητές όπως ο William J. Baumol et al (Contestable Markets και Theory of Industry Structure) αναφέρουν επίσης την πιθανότητα μιας τετραγωνικής εξίσωσης κόστους(εξίσωση 13).

$$VC(q, t) = a * q + b * t^{-1} \quad (\text{linear cost function})$$

#### Εξίσωση 12 Γραμμική εξίσωση υπολογισμού κόστους

$$VC(q, t) = a * q + b * t^{-1} + c * t^{-2} \quad (\text{quadratic cost function})$$

#### Εξίσωση 13 Τετραγωνική συνάρτηση κόστους

Όπου  $q$  αναφέρεται στην ποσότητα παραγγελίας,  $t$  είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωσή του και τα  $a$ ,  $b$ ,  $c$  είναι σταθερές τιμές. Στην έρευνά μας χρησιμοποιούμε τη γραμμική συνάρτηση κόστους του VC και υπολογίζουμε το συνολικό κόστος συνεργάτη (PC) με βάση την εξίσωση 14.

$$PC(q, t) = FC + VC(q, t)$$

#### Εξίσωση 14 Συνάρτηση υπολογισμού συνολικού κόστους

Για τον υπολογισμό του συντελεστή κόστους, το συνολικό κόστος κάθε συνεργάτη  $i$  (PC) διαιρείται με το μέγιστο συνολικό κόστος μεταξύ όλων των εναλλακτικών εταιρών (εξίσωση 15).

$$CostFactor(i) = \frac{PC_i}{\max(PC_1, PC_2, \dots, PC_N)}$$

#### Εξίσωση 15 Εξίσωση υπολογισμού κόστους εταιρών

Για τη στάθμιση των δύο συντελεστών, αξιοπιστίας και κόστους, εισάγουμε την ανάθεση διαφορετικών βαρών για τα δύο κριτήρια:  $w_r$  είναι το βάρος του κριτηρίου αξιοπιστίας και  $w_c$  το βάρος του κριτηρίου κόστους. Τα βάρη αποδίδονται βάσει επιχειρηματικών προτεραιοτήτων του φορέα που εφαρμόζει το προτεινόμενο μοντέλο. Τελικά η επιλογή ενός συνεργάτη πραγματοποιείται με βάση τη βαθμολογία που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση 16.

$$Partners\ Score(i) = Reliability\ Factor(i) * w_r + Cost\ Factor(i) * w_c$$

#### Εξίσωση 16 Υπολογισμός βαθμολογίας εταιρών

όπου  $i$  είναι από 1 έως  $N$ ,  $N$  = αριθμός εταιρών και  $w_r + w_c = 1$ .

Η επιλογή των συνεργατών ακολουθείται από τον υπολογισμό του συνολικού κόστους της παραγγελίας. Το συνολικό κόστος παραγγελίας για συνεργάτες (προμηθευτές ή / και μεταφορείς) που συμμετέχουν στην ολοκλήρωση της παραγγελίας προσδιορίζεται με από την εξίσωση 17, η οποία αντιστοιχεί στο κόστος κάθε εταιρού για  $q$  ποσότητα προϊόντων και για το χρόνο ολοκλήρωσης.

$$OC(q, t) = \sum_{i=1}^{i=k} PC_i(q, t)$$

#### Εξίσωση 17 Συνολικό κόστος

## 7.2.2 Εφαρμογή του Προτύπου Detect – Decide- Forecast- Act

### 7.2.2.1 Ανίχνευση (Detect)

Η ανίχνευση ανεπιθύμητων γεγονότων είναι σημαντικό στοιχείο σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων διαδικασίας προμηθειών. Μπορεί να βασιστεί σε δεδομένα που κοινοποιούνται από πληροφοριακά συστήματα συνεργατών τα οποία σχετίζονται με το τρέχον πλαίσιο της διαδικασίας αλλά και από δεδομένα που παράγονται από αισθητήρες ή άλλες συσκευές που λειτουργούν για την υποστήριξη της διαδικασίας. Ως ανεπιθύμητα γεγονότα ορίζονται ως

σημαντικές αλλαγές στις αρχικές προδιαγραφές παραγγελίας ή στις προγραμματισμένες τιμές της διαθεσιμότητας πόρων (Bearzotti et al., 2012).

Τα ανεπιθύμητα γεγονότα μπορούν να αφορούν: καθυστερήσεις στις παραδόσεις, προβλήματα στην εκπλήρωση των παραγγελιών, αλλαγές στις αρχικά αιτηθείσες ποσότητες προϊόντων, αλλαγές στα τρέχοντα επίπεδα πόρων ή στην αναμενόμενη διαθεσιμότητα τους κτλ. Τα ανεπιθύμητα συμβάντα μπορούν να προκύψουν από πλήθος απροσδόκητων καταστάσεων που συμβαίνουν στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ο Πίνακας 7-1 ομαδοποιεί ανεπιθύμητα συμβάντα σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες που αντιπροσωπεύουν την κατηγοριοποίηση αυτών. Οι συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα καθώς επίσης και το πλαίσιο αυτής ορίζονται παρουσιάζονται στο πίνακα 7-1.

**Πίνακας 7-1. Περιγραφή οντοτήτων της αρχιτεκτονικής και ιδιοτήτων αυτών.**

Οντότητα	Περιγραφή	Ιδιότητες
Παραγγελία (Order)	Η παραγγελία είναι η βασική οντότητα στην αρχιτεκτονική μας. Το ελάχιστο των χαρακτηριστικών που χρειάζονται για την παρακολούθηση της οντότητας αυτής είναι η ημερομηνία παραγγελίας, η ημερομηνία παράδοσης, η ποσότητα παραγγελίας και το κόστος.	OrderID, Quantity, OrderDate, DeliveryDate, OrderCost
Συνεργάτης (SC Partner)	Ένας συνεργάτης μπορεί να είναι είτε ένας προμηθευτής είτε ένας μεταφορέας. Αντιπροσωπεύει τις συνεργαζόμενες οντότητες που θα πρέπει να παρακολουθούνται .	PartnerID, OrderDateReceived, OrderDateFinished, PartnerCostFunction ReliabilityFactor
Ανεπιθύμητο Γεγονός (Undesired Event)	Ένα ανεπιθύμητο γεγονός θα μπορούσε να είναι ένα εξωτερικό γεγονός, ένα γεγονός που αφορά ποσότητες ή γεγονός υπηρεσίας στη περίπτωση ενός μεταφορέα, γεγονός εξοπλισμού και γεγονός διαχείρισης. Αυτοί οι τύποι των ανεπιθύμητων γεγονότων αντιπροσωπεύουν τις τέσσερις κατηγορίες που χρησιμοποιούνται στην προσέγγισή μας για την παρακολούθηση γεγονότων.	eventProducer, eventTime, eventDuration, eventDescription, eventDelayFactor, eventFrequency

Τα εξωτερικά γεγονότα αφορούν γεγονότα της εφοδιαστικής αλυσίδας τα οποία ενώ επηρεάζουν τις διαδικασίες της η πηγή τους δεν εντοπίζεται εντός αυτής. Παράδειγμα εξωτερικών γεγονότων αποτελούν , μια παρατεταμένη απεργία ή ένας τυφώνας που επηρεάζει



τη μεταφορά αγαθών κλπ. Αντίθετα, τα γεγονότα που αφορούν μεταβολές της ποσότητας, του εξοπλισμού και τα γεγονότα διαχείρισης είναι κυρίως εσωτερικά γεγονότα της αλυσίδα εφοδιασμού. Τα συμβάντα "Ποσότητας" αφορούν γεγονότα που σχετίζονται με ελλείψεις προμηθειών, για κάποιο χρονικό διάστημα ή πρόκειται για ελαττωματικά προϊόντα. Ο τύπος γεγονότων εξοπλισμού έχει να κάνει με τα γεγονότα που συμβαίνουν στα μηχανήματα των συνεργατών, σχετικά παραδείγματα αφορούν μια ενδεχόμενη καταστροφή ενός μέσου μεταφοράς ή η δυσλειτουργία ενός μέσου παραγωγής. Τα γεγονότα τύπου διαχείρισης ασχολούνται με τις εσωτερικές διαδικασίες ενός εταιρίου και αντιπροσωπεύουν ασυμφωνίες μεταξύ του προγραμματισμένου και του τελικού αποτελέσματος. Αυτή η ταξινόμηση των γεγονότων ανταποκρίνεται πλήρως και καλύπτει γενικά τις κύριες πτυχές της αλυσίδας εφοδιασμού.

Για την ανίχνευση ανεπιθύμητων συμβάντων, όπως έχει προαναφερθεί απαιτείται η ύπαρξη μιας λειτουργίας «ανίχνευσης συμβάντων» η οποία σε πραγματικό χρόνο θα προσδιορίζει το περιεχόμενο των διαδικασιών της αλυσίδας εφοδιασμού και θα εντοπίζει αποκλίσεις. Η λειτουργία αυτή θα πρέπει να υποστηρίζει την ανίχνευση ανεπιθύμητων συμβάντων που αφορούν τους προμηθευτές, τους μεταφορείς κ.λπ. που πιθανόν να επηρεάζουν την αξιοπιστία της διαδικασίας αλλά και να είναι σε θέση να τα κοινοποιεί σε ένα ευρύτερο λειτουργικό πλαίσιο.

Το φιλτράρισμα ανεπιθύμητων γεγονότων είναι μια κρίσιμη λειτουργία και αφορά τον περιορισμό του αριθμού των ανεπιθύμητων συμβάντων στα πλέον κρίσιμα. Ο Πίνακας 7-2 παρουσιάζει μια ταξινόμηση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το φιλτράρισμα συμβάντων, με βάση το βαθμό επίδρασής τους στη διαδικασία.

**Πίνακας 7-2 Κατηγοριοποίηση Γεγονότων Βάση της Επίδρασης τους στην Εφοδιαστική Αλυσίδα**

Κρίσιμο	Μπορεί να επηρεάσει σοβαρά την αλυσίδα εφοδιασμού ή να έχει μακροχρόνια επίδραση στην αλυσίδα εφοδιασμού, π.χ. ένας οικονομικός αποκλεισμός μιας συγκεκριμένης αγοράς, μια μακροχρόνια απεργία των εργαζομένων.
Μέσο	Μπορεί να έχει μια μέση επίδραση στη διαδικασία της αλυσίδας εφοδιασμού, για περιορισμένη έως μέση χρονική περίοδο, π.χ. απεργία εργαζομένων, έλλειψη προσφοράς.
Ελάχισον	Μπορεί να έχει μικρή ή περιορισμένη επίδραση στην απόδοση της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι διορθωτικές ενέργειες προκειμένου να αποφευχθεί ο αντίκτυπος του γεγονότος εφαρμόζονται εύκολα. Π.χ., μικρή καθυστέρηση της παράδοσης.

#### **7.2.2.2 Πρόβλεψη (Forecast)**

Με βάση τον εντοπισμό των ανεπιθύμητων συμβάντων, είναι αναγκαία η πρόβλεψη της επίπτωσης και της επίδρασης αυτών των γεγονότων στην αξιοπιστία του συνόλου της διαδικασίας. Αναλυτικότερα θα πρέπει να προσδιοριστεί η επίδραση στη αξιοπιστία των εμπλεκόμενων συνεργατών όσον αφορά την έγκαιρη εκπλήρωση παράδοσης της παραγγελίας, στην περίπτωση που συμβαίνουν ανεπιθύμητα συμβάντα στις εσωτερικές τους διαδικασίες.

Η πρόβλεψη μπορεί να εκτελεστεί σε κάθε στάδιο της διαδικασίας προμήθειας, τόσο σε επίπεδο προμηθευτή όσο και σε επίπεδο μεταφορέα. Η τεκμηρίωση της υπόθεσης αυτής μπορεί να δοθεί με το ακόλουθο παράδειγμα: Λόγω των ανεπιθύμητων συμβάντων, εκτιμάται ότι ο προμηθευτής καθυστερεί την παράδοση προϊόντων στο επόμενο στάδιο, δηλ. στο μεταφορέα. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος μεταφορέας έχει τα μέσα και τις δυνατότητες να παραδώσει την παραγγελία εγκαίρως, απορροφώντας τυχόν καθυστερήσεις για τις οποίες ευθύνεται ο προμηθευτής. Η πρόβλεψη δύο σταδίων μας επιτρέπει να συνεχίσουμε την ολοκλήρωση της παραγγελίας όταν το εκτιμώμενο όριο πρόβλεψης κινδύνου στην αξιοπιστία είναι πάνω από μια ορισμένη τιμή.

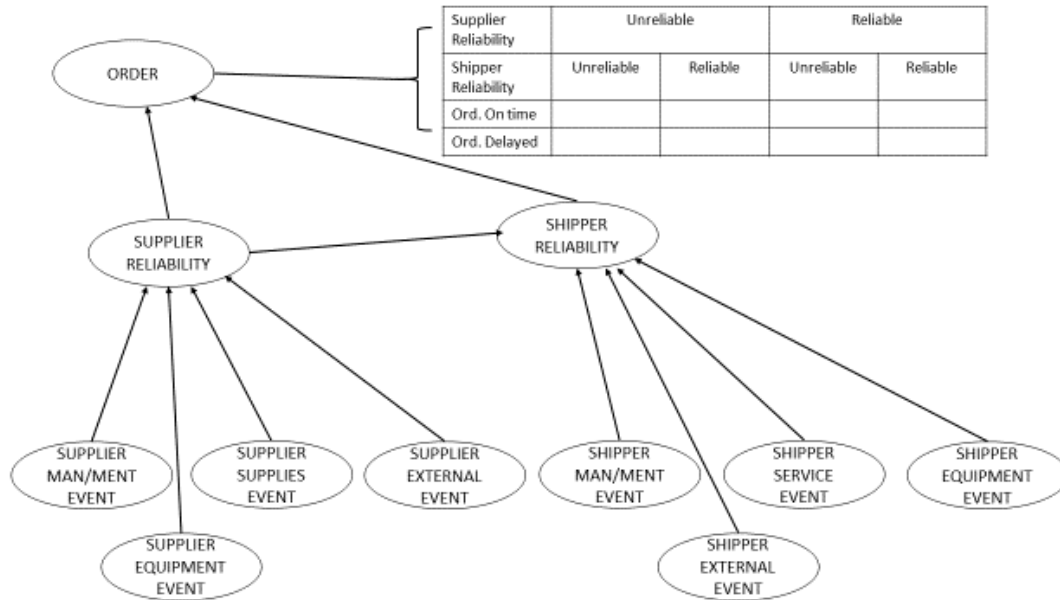
Για να επιτευχθεί η πρόβλεψη, πρέπει πρώτα να αποτυπωθεί η αιτιώδη συνάφεια μεταξύ των οντοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς και τα ανεπιθύμητα συμβάντα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της και επηρεάζοντας την αξιοπιστία ολοκλήρωσης της παραγγελίας. Οι αιτιώδεις σχέσεις μπορούν να αναπαρασταθούν με τη χρήση ενός Μπαεσιανού Δικτύου (Bayesian Network -BN). Ένα BN είναι μια μέθοδος αναπαράστασης γνώσης με βάση πιθανότητες και είναι κατάλληλη για τη μοντελοποίηση αιτιωδών εξαρτήσεων μεταξύ οντοτήτων με αβεβαιότητα. Ένα BN είναι στην ουσία ένα κατευθυνόμενο άκυκλικό γράφημα (Directed Acyclic Graph-DAG) του οποίου οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τυχαίες οντότητες ενώ οι δεσμοί ορίζουν εξαρτήσεις πιθανοτήτων μεταξύ των οντοτήτων. Αυτές οι σχέσεις ποσοτικοποιούνται συνδυάζοντας έναν πίνακα πιθανοτήτων για την ενσωμάτωση κάθε κόμβου.

Για κάθε οντότητα του BN υπάρχει μια σειρά πιθανών καταστάσεων που μπορεί αυτή να λάβει. Ο Πίνακας 7-3 περιγράφει τις πιθανές καταστάσεις κάθε οντότητας. Η κατάσταση κάθε οντότητας εμφανίζεται με μια πιθανότητα. Οι πιθανότητες αυτές υπολογίζονται βάσει ιστορικών δεδομένων και στη προσέγγιση μας ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο. Η πρόβλεψη με ένα BN συνίσταται στον καθορισμό των τιμών των οντοτήτων που αντιστοιχούν στις παρατηρούμενες μεταβλητές και στον υπολογισμό μεταγενέστερων πιθανοτήτων ορισμένων οντοτήτων που αντιστοιχούν σε μη παρατηρούμενες μεταβλητές.

**Πίνακας 7-3.Οι οντότητες του συστήματος και οι πιθανές καταστάσεις τους.**

Οντότητα	Κατάσταση	Περιγραφή
Παραγγελία	Ακριβής παράδοση	Ολοκλήρωση Παραγγελίας
	Καθυστερημένη παράδοση	Καθυστέρηση Παραγγελίας
Συνεργάτης	Αξιόπιστος	Ο συνεργάτης ολοκληρώνει τη δοθείσα παραγγελία έγκαιρα.
	Αναξιόπιστος	Ο συνεργάτης υπερβαίνει το χρόνο της παραγγελίας.
Ανεπιθύμητο Γεγονός	Αληθές	Το γεγονός συνέβη
	Ψευδές	Το γεγονός δε συνέβη.

Το σχήμα 7-2 παρουσιάζει ένα ενδεικτικό BN για υπολογισμό της αξιοπιστίας και της απόκρισης των παραγγελιών στη διαδικασία προμηθειών. Όπως φαίνεται στο σχήμα, και οι τέσσερις κατηγορίες γεγονότων επηρεάζουν την αξιοπιστία τόσο του προμηθευτή όσο και του αποστολέα. Επιπλέον, η αξιοπιστία του Προμηθευτή επηρεάζει την αξιοπιστία του μεταφορέα, π.χ. μια καθυστέρηση που προκαλείται από τον Προμηθευτή μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στο μεταφορέα, ο οποίος ενδέχεται να μη μπορεί να ανταποκριθεί έγκαιρα στην εκπλήρωση της παραγγελίας. Ως εκ τούτου, η ολοκλήρωση της παραγγελίας επηρεάζεται τόσο από την αξιοπιστία του Προμηθευτή όσο και του Μεταφορέα.



**Σχήμα 7-2. Το Bayes Δίκτυο.**

Η χρήση των αιτιωδών σχέσεων που απεικονίζονται στο BN μας επιτρέπει να υπολογίσουμε το κόστος κινδύνου όσον αφορά την εκπλήρωση της παραγγελίας. Η εκτίμηση του κόστους κινδύνου έχει απασχολήσει την ερευνητική κοινότητα, η οποία έχει αναπτύξει πληθώρα μεθόδων αξιολόγησης κινδύνου όπως το PERT, το Monte Carlo και τα δέντρα αποφάσεων (Charman and Ward, 1998, Kroese et al, 2011, Rubinstein et al, 2004, Dey, 2002) για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Αυτές οι μέθοδοι έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές, αλλά λόγω της πολυπλοκότητας των υπολογισμών που απαιτούνται, δεν είναι κατάλληλες για εκτίμηση κόστους σε πραγματικό χρόνο, όπου απαιτούνται συχνές ενημερώσεις δεδομένων.

Στο μοντέλο μας, το κόστος κινδύνου ορίζεται από την εξίσωση 18 ως η πιθανότητα ενός συνεργάτη να είναι αξιόπιστος ενώ αυτός υπόκειται στην εμφάνιση ανεπιθύμητων γεγονότων για μια χρονική περίοδο  $t$ , πολλαπλασιασμένη με το αντίστοιχο κόστος του συνεργάτη  $PC$ , συν την πιθανότητα του συνεργάτη να είναι αναξιόπιστος λόγω απροσδόκητων γεγονότων πολλαπλασιασμένη με ένα καινούριο κόστος, που επηρεάζεται από τις όποιες καθυστερήσεις.

$$\begin{aligned}
 RiskCostPC_i(q, t, t') & \\
 &= PC_i(q, t) * P(O_n | R_i, e_1, e_2 \dots e_k) + PC'_i(q, t + t') \\
 &* P'(O_n | \text{un}R_i, e_1, e_2 \dots e_k)
 \end{aligned}$$

### Εξίσωση 18 Το κόστος κινδύνου

Στην παραπάνω εξίσωση η χρονική περίοδος  $t$  ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας εργασίας που έχει ανατεθεί στο συνεργάτη. Το  $PC_i(q, t)$  περιγράφει τη συνάρτηση κόστους του συνεργάτη  $i$  για μια παραγγελία στην οποία περιέχει  $q$  ποσότητα και πρέπει να τελειώσει στο χρόνο  $t$ . Το  $P(O_n | R_i, e_1, e_2, \dots)$  αντιπροσωπεύει την πιθανότητα ότι η παραγγελία  $O_n$  είναι εντός του χρόνου  $t$ , δεδομένης της αξιοπιστίας των συνεργατών  $R_i$  με τα  $e_1, e_2, \dots, e_k$  ανεπιθύμητα συμβάντα. Ομοίως, το  $PC'_i(q, t + t')$  περιγράφει τη συνάρτηση κόστους του ίδιου εταίρου  $i$  για την ίδια παραγγελία  $O_n$ , συμπεριλαμβανομένου ενός πρόσθετου χρόνου  $t'$ , ο οποίος αναφέρεται στις καθυστερήσεις που προκαλούνται από ανεπιθύμητα γεγονότα που επηρέασαν την αξιοπιστία του συνεργάτη. Τέλος, το  $P'(O_n | e_1, e_2, \dots, e_k)$  είναι η πιθανότητα του συνεργάτη να είναι αναξιόπιστος λόγω της εμφάνισης ανεπιθύμητων γεγονότων.

Αυτή η μέθοδος εκτίμησης κόστους κινδύνου επιτρέπει τον υπολογισμό του κόστους σε κάθε στάδιο της SC, π.χ. το στάδιο του προμηθευτή, το στάδιο του μεταφορέα κλπ., και επιτρέπει αναγνώριση σημείων συμφόρησης (που συνέβησαν λόγω απροσδόκητων συμβάντων) στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η εκτίμηση κόστους κινδύνου πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο, καθώς τα δεδομένα σχετικά με την αξιοπιστία του εταίρου τροφοδοτούνται στο σύστημα σε πραγματικό χρόνο επίσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, για οποιαδήποτε ενημέρωση σχετικά με νέα γεγονότα στη εφοδιαστική αλυσίδα, γίνονται νέες εκτιμήσεις πιθανοτήτων σχετικά με την αξιοπιστία του εταίρου.

#### 7.2.2.3 Απόφαση (Decide)

Αυτή η φάση επικεντρώνεται στις απαραίτητες ενέργειες για την ελαχιστοποίηση του εκτιμώμενου αντίκτυπου ανεπιθύμητων γεγονότων με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Για να επιτευχθεί αυτή η ελαχιστοποίηση προληπτικές συστάσεις για ενέργειες που αλλάζουν διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας παράγονται και κοινοποιούνται στο βέλτιστο χρόνο στους ενδιαφερόμενους. Παράδειγμα αποτελεί η πρόταση για την επιλογή ενός νέου συνεργάτη για την εκτέλεση συγκεκριμένης παραγγελίας ή ακύρωση της παραγγελίας, εάν το κόστος κινδύνου υπερβαίνει τα αναμενόμενα όρια.

Η λήψη αποφάσεων βασίζεται στο κόστος κινδύνου των συνεργατών, είτε στο στάδιο που η παραγγελία βρίσκεται στον προμηθευτή είτε στον αποστολέα. Η διαδικασία λήψης αποφάσεων λειτουργεί σε δύο στάδια ως εξής.

- Στο πρώτο στάδιο, η λήψη απόφασης βασίζεται στη σύγκριση του κόστους κινδύνου, που υπολογίζεται με την εξίσωση 18, με το κόστος του αναδρομολόγησης της παραγγελίας με τη χρήση διαφορετικών συνεργατών. Ως κόστος αναδρομολόγησης (ReOrientCost) ορίζουμε το κόστος της παραγγελίας μέχρι το τρέχον στάδιο της διαδικασίας. Έτσι, όπως φαίνεται στην εξίσωση 19 το ReOrientCost στο πρώτο στάδιο (του συνεργάτη 1) είναι ίσο με το Σταθερό Κόστος του εταίρου, ενώ το ReOrientCost των επόμενων σταδίων ( $i$ ) υπολογίζεται ως το

άθροισμα όλων των προηγούμενων συνεργατών  $PC_{i-1}(q, t)$  συν το  $FixedCost_i$  του συνεργάτη  $i$ .

$$ReOrientCost_i = \begin{cases} FixedCost_i, & i = 1 \\ \sum_{j=1}^{j=i-1} PC_j(q, t) + FixedCost_i, & i \geq 2 \end{cases}$$

#### Εξίσωση 19 Το Κόστος Επαναδρομολόγησης

Το σταθερό κόστος της παραγγελίας αναφέρεται στο κόστος που ένας συνεργάτης θα χρεώσει με την ανάληψη της παραγγελίας. Το κόστος αυτό αντιπροσωπεύει το κόστος που σχετίζεται με τη διαχείριση παραγγελιών και δεν σχετίζεται με το ποσό των παραγόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών.

Η εξίσωση 20 περιγράφει αυτή τη σύγκριση και μας δίνει το μέγιστο χρόνο καθυστέρησης που μπορούμε να έχουμε στην αλυσίδα εφοδιασμού χωρίς να απαιτούμε επαναπροσανατολισμό, δηλαδή την υποβολή της παραγγελίας σε διαφορετικό συνεργάτη.

$$ReOrientCost \leq RiskCostPC_i(q, t, t')$$

#### Εξίσωση 20 Υπολογισμός μέγιστου χρόνου καθυστέρησης

- Στο δεύτερο στάδιο, η διαδικασία λήψης αποφάσεων αφορά στον προσδιορισμό καθορισμό του κατάλληλου χρονικού σημείου για την ακύρωση της παραγγελίας. Για να προσδιοριστεί αυτός ο χρόνος, η ανισότητα (21) συγκρίνει το κόστος ακύρωσης της παραγγελίας με το κόστος της παραγγελίας (έως το στάδιο αυτό), υπολογιζόμενο ως το κόστος των συνεργατών συν το κόστος καθυστέρησης και μειούμενο κατά την αναμενόμενη αξία της παραγγελίας (εάν αυτή συνεχιζόταν).

$$\left( \sum_{i=1}^{i=k} PC_i(q, t) + PC_j(q, t, t') \right) - OrderValue < CancellationCost$$

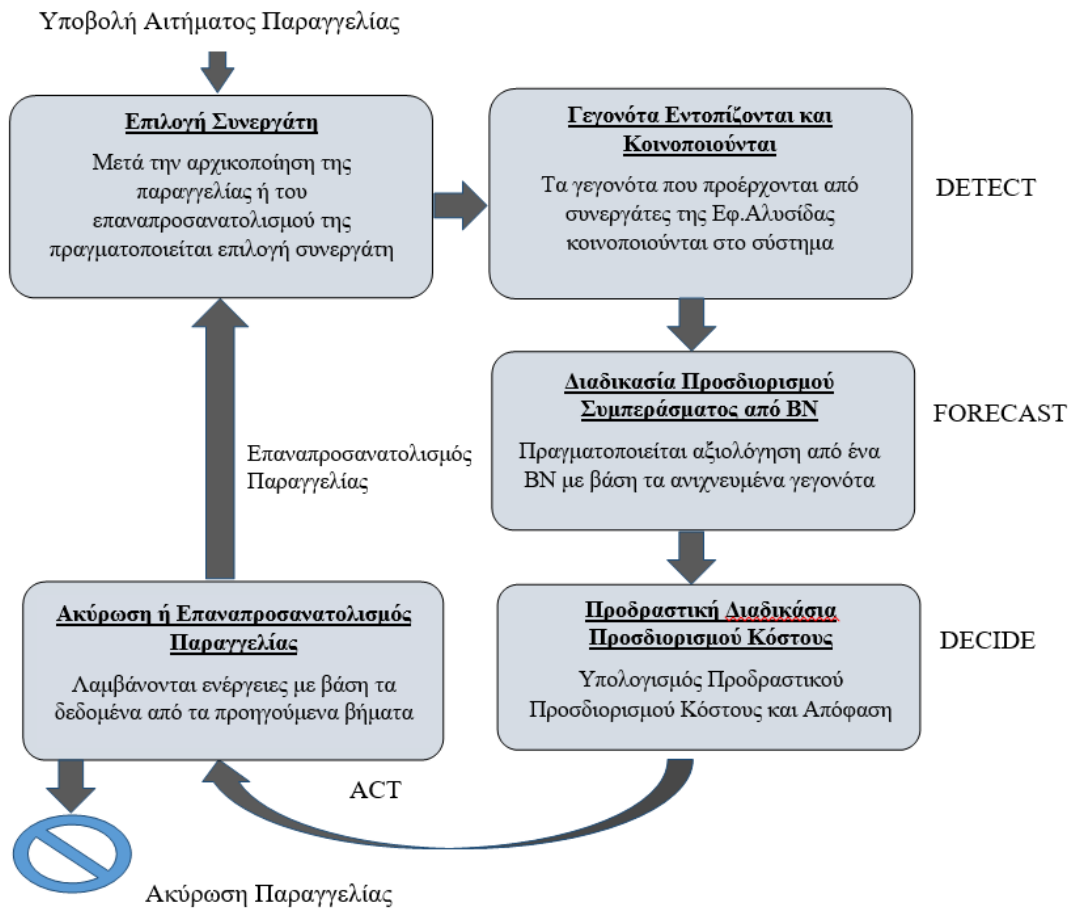
#### Εξίσωση 21 Υπολογισμός χρόνου αναδρομολόγησης ή ακύρωσης παραγγελίας

Όσο ο πρώτος παράγοντας της ανισότητας 21 είναι μικρότερος από το δεύτερο, η παραγγελία θα συνεχιστεί. Διαφορετικά, η παραγγελία θα ακυρωθεί εξασφαλίζοντας την όσο το δυνατόν μικρότερη απώλεια στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Η προαναφερθείσα διαδικασία λήψης αποφάσεων έχει το στοιχείο της προδραστικότητας και οδηγεί σε προτεινόμενες προληπτικές ενέργειες που μετριάζουν τις ανεπιθύμητες εξελίξεις που σχετίζονται με τη παραγγελία. Οι προληπτικές ενέργειες περιλαμβάνουν την επαναξιολόγηση των εταίρων και την επιλογή νέου συνεργάτη (βάσει νέων ενημερωμένων στοιχείων αξιοπιστίας και κόστους), μετά από μια απόφαση αναπροσανατολισμού της αλυσίδας εφοδιασμού, την ακύρωση της παραγγελίας ή τη συνέχισή της.

#### 7.2.2.4 Δράση (Act)

Οι ενέργειες είναι αποτέλεσμα της προηγούμενης φάσης, αυτής της λήψης αποφάσεων και υλοποιούνται κατά τρόπο προληπτικό στη διαδικασία προμήθειας. Μπορεί να περιλαμβάνουν επαναπροσανατολισμό ή ακύρωση παραγγελίας, όταν το κόστος κινδύνου υπερβαίνει τα αναμενόμενα όρια. Μόλις εφαρμοστούν οι προτεινόμενες ενέργειες, η αλυσίδα εφοδιασμού ενημερώνεται με νέα δεδομένα σχετικά με τις ενέργειες που έχουν αναληφθεί. Σε περίπτωση αναπροσανατολισμού επαναλαμβάνεται η διαδικασία της επιλογής συνεργάτη, οδηγώντας σε ένα νέο κύκλο ανίχνευσης γεγονότων και προληπτικής λήψης αποφάσεων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7-3.

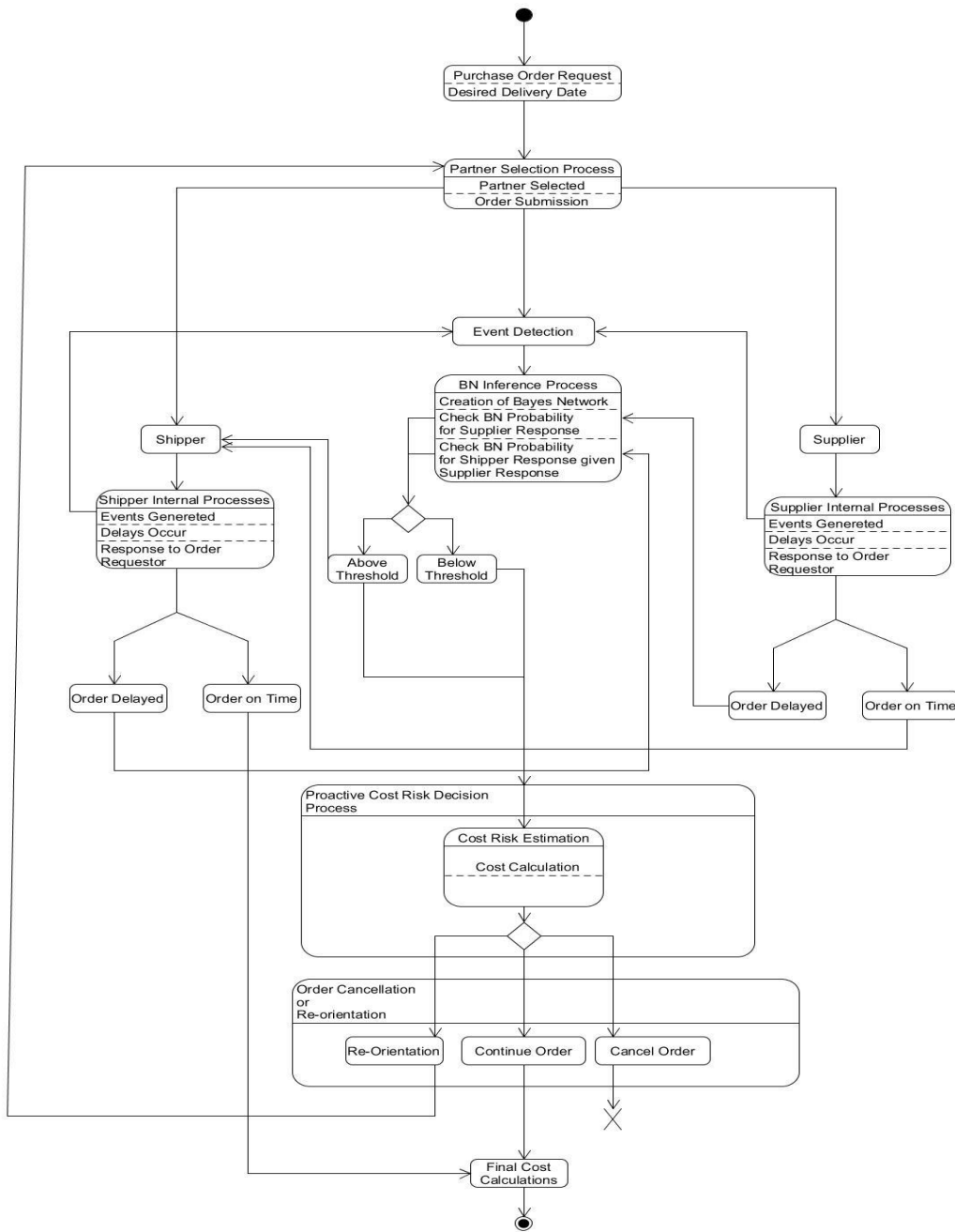


Σχήμα 7-3. Μοντέλο λειτουργίας προτεινόμενης αρχιτεκτονικής

### 7.3 Υλοποίηση

Για να εξηγήσουμε καλύτερα το προτεινόμενο πλαίσιο, παρουσιάζουμε ένα μοντέλο (Σχήμα 7-4) που εμφανίζει μια γενική και απλοποιημένη διαδικασία προμήθειας στη εφοδιαστική αλυσίδα. Αυτό το μοντέλο σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση ενός λογισμικού με στόχο τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας όσον αφορά τους χρόνους

παράδοσης και το κόστος λειτουργίας αυτής. Στο μοντέλο μας, η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει μια οντότητα που υποβάλλει αίτηση παραγγελίας, προμηθευτές και μεταφορείς.



Σχήμα 7-4. Διάγραμμα λειτουργίας.

Αρχικά, ο αιτούμενος τη παραγγελία υποβάλει ένα αίτημα σε ένα συγκεκριμένο αριθμό συνεργατών, καθορίζοντας μεταξύ των άλλων στοιχείων της παραγγελίας, την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης καθώς και τα βάρη των κριτηρίων αξιοπιστίας και κόστους ( $w_r$  και  $w_c$ ) που θα χρησιμοποιηθούν στην επιλογή των συνεργατών. Στη συνέχεια το σύστημα υπολογίζει το συντελεστή αξιοπιστίας για κάθε συνεργάτη κάθε της κατηγορίας (προμηθευτής η

μεταφορέας) χρησιμοποιώντας την εξίσωση 11. Λαμβάνοντας υπόψη τις εξισώσεις κάθε κατηγορίας συνεργατών, το σύστημα υπολογίζει το κόστος χρήσης των αυτών χρησιμοποιώντας την εξίσωση 14. Στη συνέχεια προσδιορίζει το σχετικό παράγοντα κόστους με τη χρήση της εξίσωσης 16 και προβαίνει στην αρχική επιλογή των επιθυμητών συνεργατών. Η επιλογή των συνεργατών βασίζεται στη βαθμολογία που πέτυχαν στην εξίσωση 15 η οποία συνδυάζει τα στοιχεία κόστους και αξιοπιστίας. Την επιλογή των συνεργατών ακολουθεί η υποβολή της παραγγελίας.

Μόλις παραληφθεί η παραγγελία, ένα κατάλληλο ERP σύστημα από την πλευρά του προμηθευτή επεξεργάζεται και παρακολουθεί την παραγγελία μέχρι την ολοκλήρωση και την παράδοσή της. Η αξιοπιστία κάθε εταιρού στην αλυσίδα εφοδιασμού και συνεπώς η επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης επηρεάζεται από γεγονότα τα οποία ταξινομούνται στις τέσσερις κύριες ομάδες που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα. Για παράδειγμα, η εμφάνιση ενός "Διοικητικής φύσεως" ανεπιθύμητου γεγονότος από την πλευρά του προμηθευτή μπορεί να προκαλέσει καθυστέρηση και να επηρεάσει την ολοκλήρωση της παραγγελίας. Η ανίχνευση ανεπιθύμητων γεγονότος διεξάγεται από ανάλογο στοιχείο του μοντέλου, το οποίο παρακολουθεί το περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας σε πραγματικό χρόνο.

Σε περίπτωση καθυστερήσεων ή αλλαγών που επηρεάζουν την ημερομηνία παράδοσης και προκαλείται από ανεπιθύμητα γεγονότα, το σύστημα ειδοποιεί τον αιτούντα την παραγγελία. Εάν η αναμενόμενη ημερομηνία παράδοσης είναι νωρίτερα από την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης, η παραγγελία θα συνεχιστεί κανονικά. Εάν όχι, ελέγχεται η πιθανότητα έκκαιρης ολοκλήρωσης της παραγγελίας.

Προκειμένου να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος των ανεπιθύμητων γεγονότων στην αξιοπιστία της υπό εξέλιξη διαδικασίας, παράγεται ένα BN του οποίου οι πίνακες πιθανοτήτων συμπληρώνονται, υποθέτοντας τη διαθεσιμότητα ιστορικών δεδομένων. Με βάση τις αιτιώδεις σχέσεις που απεικονίζονται στο BN, υπολογίζουμε την πιθανότητα ολοκλήρωσης της παραγγελίας. Όταν η πιθανότητα είναι κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο, το οποίο είναι παράμετρος του μοντέλου μας, υπολογίζεται το κόστος κινδύνου για την εκπλήρωση της παραγγελίας, με βάση την εξίσωση 18.

Για τη λήψη απόφασης σχετικά με τη συνέχιση ή τον αναπροσανατολισμό της παραγγελίας, το σύστημά μας συγκρίνει το υπολογισμένο κόστος κινδύνου με το εκτιμώμενο κόστος αναπροσανατολισμού της παραγγελίας. Η ανισότητα 20 περιγράφει αυτή τη σύγκριση και μας δίνει τη μέγιστη καθυστέρηση που μπορεί να χειριστεί η αλυσίδα εφοδιασμού, χωρίς αναπροσανατολισμό. Όσο το κόστος κινδύνου είναι μικρότερο από το κόστος αναπροσανατολισμού, η παραγγελία συνεχίζεται χωρίς καμία αλλαγή. Διαφορετικά, η παραγγελία αναπροσανατολίζεται και εκχωρείται στο δεύτερο πιο κατάλληλο προμηθευτή ή μεταφορέα με βάση τη βαθμολογία που επέτυχαν αρχικά. Το σύστημά μας επίσης λαμβάνει απόφαση σχετικά με την κατάλληλη στιγμή για την ακύρωση της παραγγελίας. Αυτό επιτυγχάνεται λαμβάνοντας υπόψη την ανισότητα 21, προσδιορίζεται ο χρόνος ακύρωσης της παραγγελία εξασφαλίζοντας τις λιγότερες πιθανές απώλειες στην αλυσίδα εφοδιασμού.

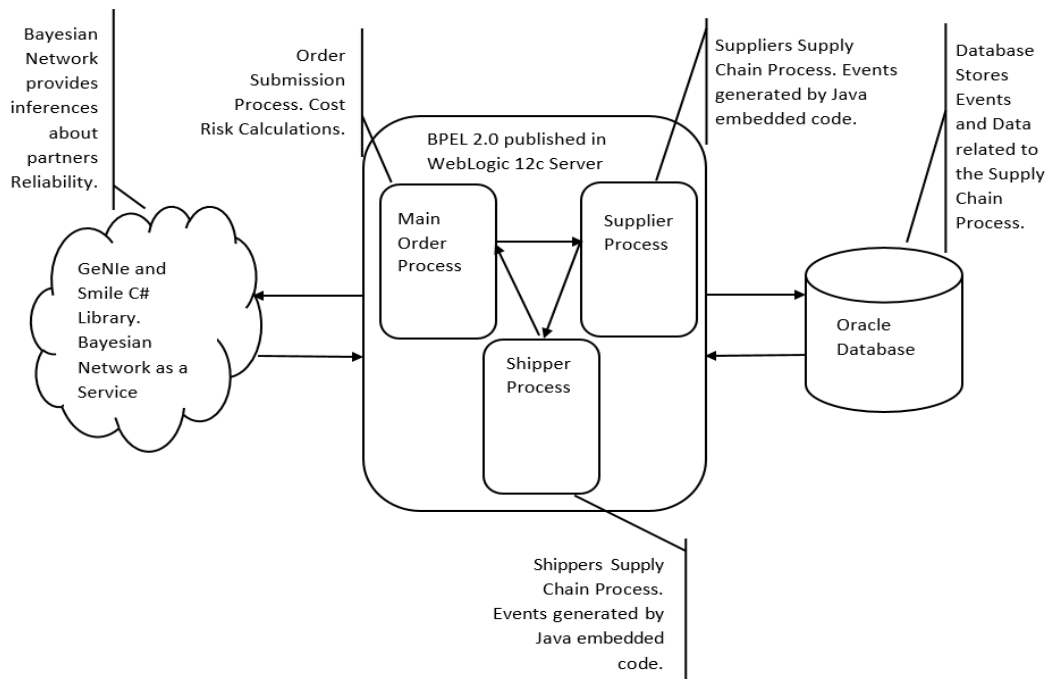
Στο τελικό στάδιο, το συνολικό κόστος της παραγγελίας υπολογίζεται ως το άθροισμα του κόστους κάθε επιλεγμένου συνεργάτη συν τα έξοδα διαχείρισης λόγω καθυστερήσεων, αναδρομολόγησης ή ακύρωσης της παραγγελίας χρησιμοποιώντας την εξίσωση 17.



## 7.4 Τεχνική Περιγραφή

Υλοποιήσαμε το μεγαλύτερο μέρος της προτεινόμενης δομής για τη προδραστική λήψη αποφάσεων στη εφοδιαστική αλυσίδα με τη χρήση BPEL 2.0, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο υλοποίησης τον Oracle jDeveloper 12c και σχεδιάζοντας μια χορογραφία διαδικασιών που ακολουθεί το μοντέλο που παρουσιάζεται στο κεφ 4.1. Οι διαδικασίες των συνεργατών δημιουργήθηκαν ως Web Services, ενώ για τη προσομοίωση των ανεπιθύμητων γεγονότων σχεδιάσαμε μια γεννήτρια τυχαίων γεγονότων που υλοποιήθηκε σε Java ενσωματωμένη στις διαδικασίες BPEL. Όλη η χορογραφία του BPEL εφαρμόστηκε σε ένα webserver Oracle Web Logic 12 c.

Για τη δημιουργία του BN, χρησιμοποιήσαμε τη βιβλιοθήκη Smile [https://www.bayesfusion.com/] και δημιουργήσαμε μια διεπαφή Web Service ικανή να αλληλοεπιδρά με τις διαδικασίες εφοδιαστικής αλυσίδας της BPEL . Η βιβλιοθήκη Smile είναι ένας μηχανισμός μάθησης και ανακάλυψης σχέσεων αιτίας και αποτελέσματος για μοντέλα γράφων, όπως BNs, διαγράμματα επιρροής και μοντέλα διαρθρωτικών εξισώσεων .Ο Bayes Modeler χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό GeNIe<sup>12</sup>, το οποίο επιτρέπει στα μοντέλα να ενσωματωθούν σε οποιαδήποτε εφαρμογή και να λειτουργούν σε οποιαδήποτε υπολογιστική πλατφόρμα, χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη SMILE. Και τα δύο προαναφερθέντα εργαλεία λογισμικού χρησιμοποιήθηκαν βάσει ακαδημαϊκής άδειας.



Σχήμα 7-5. Τεχνική απεικόνιση προτεινόμενης αρχιτεκτονικής

Τα γεγονότα όπως επίσης και όλα τα απαραίτητα δεδομένα που είναι απαραίτητα για τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν αποθηκεύονται σε μια Oracle Express Database

<sup>12</sup> <https://support.bayesfusion.com/docs/GeNIe.pdf>

χρησιμοποιώντας την κατάλληλη σύνδεση που προσφέρεται από το JDeveloper κατάλληλα παραμετροποιημένη (Σχήμα 7-5). PL/SQL Triggers και Procedures σχεδιάστηκαν για να ολοκληρώσουν την επιθυμητή λειτουργικότητα στη βάση δεδομένων.

## 7.5 Αξιολόγηση

### 7.5.1 Μεθοδολογία Αξιολόγησης

Προκειμένου να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης προσέγγισης και του συστήματος, σχεδιάσαμε και πραγματοποιήσαμε προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας ως δεδομένα εισόδου τις τιμές που εμφανίζονται στον πίνακα 4. Όλες τις προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν σε έναν υπολογιστή Core i5 με μνήμη RAM 6 GHz χρησιμοποιώντας την κονσόλα δοκιμών που παρέχεται από το Web Logic Server. Σε όλες τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήσαμε τα ίδια δεδομένα εισόδου, ενώ διαφοροποιούσαμε μόνο το wr, το βάρος του κριτηρίου αξιοπιστίας και το βάρος του κριτηρίου κόστους wc, δημιουργώντας τρεις τιμές ομάδας εισόδου. Για κάθε σύνολο δεδομένων εισόδου, πραγματοποιήσαμε έναν κύκλο 100 και 200 προσομοιώσεων με στόχο την επίτευξη όσο το δυνατόν περισσότερων πιθανών σεναρίων.

**Πίνακας 7-4. Μεταβλητές Εισόδου.**

	Ομάδα Δεδομένων Εισόδου 1	Ομάδα Δεδομένων Εισόδου 2	Ομάδα Δεδομένων Εισόδου 3
Παράγοντας Αξιοπιστίας (Reliability)	80%	50%	20%
Παράγοντας Κόστους (Cost Factor)	20%	50%	80%

Διαφορετικά προφίλ συνεργατών χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση. Συγκεκριμένα, ο προμηθευτής Sup003 θεωρείται ότι είναι ο πιο αξιόπιστος με το Sup002 να ακολουθήσει. Ο Sup001 είναι ο λιγότερο αξιόπιστος αλλά ο πιο οικονομικός με τον Sup002 να ακολουθεί και τον Sup003 τελευταίο. Αντίστοιχα, το προφίλ των δύο μεταφορέων που συμμετέχουν στην προσομοίωση περιλαμβάνει έναν αποστολέα Shipper001 ο οποίος είναι ο πιο οικονομικός και το Shipper002 που είναι πιο ακριβός από τον Shipper001. Η αξιοπιστία για δύο φορτωτές είναι ίση και για τους δύο. Ο Πίνακας 7-5 δείχνει λεπτομερώς τα στοιχεία χρέωσης του κάθε συνεργάτη για να ολοκληρώσει μια παραγγελία. Επιπλέον, ένα σημαντικό στοιχείο της προσομοίωσης είναι ο υπολογισμός του κόστους των καθυστερήσεων στην ολοκλήρωση των παραγγελιών για τις οποίες εκτιμούμε ένα ποσό περίπου 1500 μονάδων ανά ημέρα καθυστέρησης, ανεξάρτητα από το αν η καθυστέρηση οφείλεται στον αποστολέα ή τον προμηθευτή.

**Πίνακας 7-5. Τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση.**

Συνεργάτης	Κόστος Μονάδας	Σταθερό Κόστος
Sup001	1.425	450
Sup002	1.4	450

Sup003	1.25	550
Shipper001	1	650
Shipper002	1.2	550

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στα πρώτα στάδια των προσομοιώσεων η αξιοπιστία των εταίρων στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι θεωρητικά η ίδια και διαμορφώνεται όπως η προσομοίωση εξελίσσεται. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται και η αρχική υπόθεση της αξιοπιστίας των συνεργατών. Ο σκοπός της επιλογής αυτών των τιμών είναι να δείξουμε ότι το μοντέλο που προτείνουμε έχει την ευελιξία να τροποποιήσει τις παραμέτρους εισόδου σύμφωνα με τα επιθυμητά επιχειρηματικά σχέδια, να καθορίσει τον πλέον κατάλληλο συνεργάτη κάθε φορά και τελικά να δείξει την πτυχή της προδραστικότητας του μοντέλου.

### 7.5.2 Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα (πίνακας 7-6) δείχνουν αναλογικότητα σε σχέση με τα ποσοστά των παραγόντων που σχετίζονται με την αξιοπιστία και το αρχικό κόστος των συνεργατών. Συγκεκριμένα, μπορούμε να δούμε στην πρώτη ομάδα πειραματικών επαναλήψεων ότι ένας σχετικά μικρός αριθμός παραγγελιών απαιτούσε επαναδρομολόγηση, ενώ μόνο 2 και 3 παραγγελίες ακυρώθηκαν στις 100 και 200 επαναλήψεις αντίστοιχα. Στη δεύτερη ομάδα, οι παραγγελίες που χρειάστηκαν αναδρομολόγηση στην περίπτωση των 100 επαναλήψεων ήταν 14 εκ των οποίων 2 δύο φορές, ενώ είχαμε 3 ακυρώσεις παραγγελιών. Οι αντίστοιχοι αριθμοί στις 200 επαναλήψεις είναι 21 παραγγελίες που χρειάστηκαν αναδρομολόγηση μία φορά, 2 παραγγελίες αναδρομολογήθηκαν 2 φορές, ενώ έχουμε 5 ακυρώσεις παραγγελιών που αναδρομολογήθηκαν μία φορά. Το τρίτο και τελευταίο σύνολο πειραματικών δεδομένων, στο οποίο η αξιοπιστία των προμηθευτών έχει τη μικρότερη σημασία, παρουσιάζει παρόμοια αποτελέσματα, με 78 παραγγελίες να ολοκληρώνονται χωρίς αναδρομολόγηση, 18 με μια αναδρομολόγηση και 1 με δύο αναδρομολογήσεις. Σε 200 επαναλήψεις οι αντίστοιχοι αριθμοί είναι 157, 36, 1 ενώ έχουμε 4 ακυρώσεις παραγγελιών με μια αναδρομολόγηση και 2 ακυρώσεις με δύο αναδρομολογήσεις.

**Πίνακας 7-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης.**

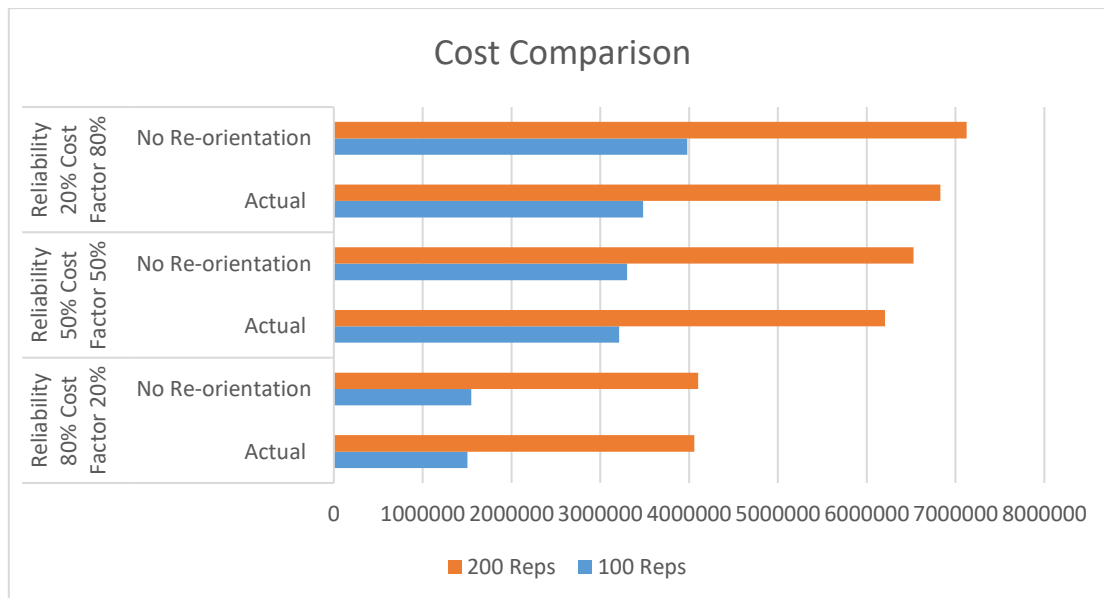
Num.of Test Runs	Reliability 80% Cost Factor 20%				Reliability 50% Cost Factor 50%				Reliability 20% Cost Factor 80%			
	100		200		100		200		100		200	
	Completed	Cancelled	Completed	Cancelled	Completed	Cancelled	Completed	Cancelled	Completed	Cancelled	Completed	Cancelled
No Re-orientation	97	-	188	-	83	-	172	-	78	-	157	-
One Re-orientation	2	1	9	3	12	3	21	5	18	2	36	4
Two Re-orientation	-	-	-	-	2	-	2	-	1	1	1	2
Total Order Cost	1.505.350		4.058.050		3.212.900		6.207.400		3.480.400		6.828.950	

Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς στο πρώτο σύνολο επαναλήψεων όπου οι περισσότερες ολοκληρωμένες παραγγελίες ήταν χωρίς αναδρομολόγηση, ο συντελεστής αξιοπιστίας ήταν ο υψηλότερος που χρησιμοποιήθηκε. Στην τρίτη ομάδα δεδομένων εισόδου, όπου ο συντελεστής αξιοπιστίας ήταν ο μικρότερος, είχαμε το μικρότερο αριθμό ολοκληρωμένων παραγγελιών χωρίς αναδρομολόγηση, ενώ ο αριθμός ακυρωμένων παραγγελιών ήταν ο υψηλότερος.

Η τελευταία γραμμή στον πίνακα 7-6 δείχνει το συνολικό κόστος των παραγγελιών σε κάθε ομάδα δεδομένων εισόδου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι στην περίπτωση που έχει δοθεί ένας υψηλός συντελεστής στον παράγοντα αξιοπιστίας των συνεργατών, έχουμε το χαμηλότερο κόστος αν και ο αντίστοιχος συντελεστής είχε το μικρότερο συντελεστή, το κόστος αυξάνεται ακόμη και αν ο παράγοντας κόστους έχει το υψηλότερο βάρος. Αυτό αναμένεται αν ληφθεί υπόψη ο αριθμός των αναδρομολογήσεων που απαιτούνται σε κάθε πειραματικό σύνολο δεδομένων που αυξάνει το κόστος της παραγγελίας.

Τα κατώτατα όρια που δόθηκαν στο όριο αξιοπιστίας του BN σε κάθε στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού ήταν ικανοποιητικά. Συγκεκριμένα, στη περίπτωση των 100 επαναλήψεων, από τις 3 παραγγελίες που επαναδρομολογήθηκαν, ακυρώθηκε μόνο 1, ενώ στην περίπτωση των 200 επαναλήψεων, από τους 9 επαναδρομολογήσεις 3 ακυρώθηκαν, επιτυγχάνοντας ποσοστό επιτυχίας 75% και στις δύο περιπτώσεις. Αντίστοιχα για τα άλλα δεδομένα εισόδου, το ποσοστό επιτυχίας ήταν 82,35% και 82,14% για τα δεδομένα με τον ίδιο συντελεστή βαρύτητας στην αξιοπιστία και στο κόστος στις 100 και 200 επαναλήψεις αντίστοιχα. Τέλος, για την τρίτη ομάδα εισόδου, τα ποσοστά επιτυχίας είναι 86,36% για τις 100 επαναλήψεις και 86,05% για τις 200 επαναλήψεις.

Η αύξηση του ποσοστού επιτυχίας καθώς ο συντελεστής αξιοπιστίας μειώνεται είναι ένδειξη της ορθότητας τόσο της αρχικής επιλογής του κατάλληλου συνεργάτη όσο και της συνολικής αποτελεσματικότητας του μοντέλου που αναλαμβάνει να ολοκληρώσει επιτυχώς την παραγγελία. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ένα διάγραμμα κόστους σε περίπτωση που δεν πραγματοποιήθηκε επαναδρομολόγηση και οι παραγγελίες ολοκληρώνονταν με τις καθυστερήσεις που παρουσιάστηκαν τελικά.



**Σχήμα 7-6. Σύγκριση κόστους**

Η παραπάνω σύγκριση στα δεδομένα κόστους εμφανίζει την προδραστική πλευρά του μοντέλου, καθώς η διαχείριση της παραγγελίας γίνεται με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Το μοντέλο αποτρέπει τυχόν πρόσθετες χρεώσεις σε περίπτωση καθυστερήσεων

αναδρομολογώντας την παραγγελία και επιλέγοντας τον πλέον κατάλληλο συνεργάτη για να την εκπληρώσει. Όλα αυτά συμβαίνουν πριν από την ολοκλήρωση της παραγγελίας με προδραστικό τρόπο χρησιμοποιώντας το πρότυπο ανίχνευσης-πρόβλεψης-απόφασης-δράσης.

Τα αποτελέσματα παρακολούθησης γεγονότων παρουσιάζονται στον πίνακα 7-7 για τις 200 επαναλήψεις. Τα αποτελέσματα για την ομάδα δεδομένων εισόδου 1 στην οποία η αξιοπιστία έχει μεγαλύτερη επίδραση από τον παράγοντα κόστους δείχνει ότι έχουμε το μικρότερο σύνολο γεγονότων λόγω του ότι η παραγγελία υποβλήθηκε στον πιο κατάλληλο και αξιόπιστο συνεργάτη ενώ στις ομάδες εισόδου 2 και 3, ο συνολικός αριθμός των γεγονότων αυξάνεται και δικαιολογεί τον αριθμό των αναδρομολογήσεων που συνέβησαν για την ολοκλήρωση της παραγγελίας. Συνολικά προκύπτει ότι, το σύστημα έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί τα συμβάντα που κοινοποιούνται από τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα εφοδιασμού και να τα χρησιμοποιεί σε πραγματικές περιπτώσεις για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των τρωτών και των αδύναμων σημείων στις διαδικασίες των συμμετεχόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα, χρησιμοποιώντας αυτά τα αποτελέσματα για τη βελτίωση της διαδικασίας αυτής.

**Πίνακας 7-7. Τα παρουσιαζόμενα Events ανά σενάριο.**

	Αξιοπιστία 80% Παρ. Κόστους 20%			Αξιοπιστία 50% Παρ. Κόστους 50%			Αξιοπιστία 20% Παρ. Κόστους 80%					
Τύπος Γεγονότος	Sup001	Sup002	Sup003	Sup001	Sup002	Sup003	Sup001	Sup002	Sup003			
Supplier Management Event	-	1	-	2	5	-	36	14	3			
Supplier External Event	-	4	-	4	4	-	28	13	2			
Supplier Supplies Event	3	3	-	9	3	-	26	19	-			
Supplier Equipment Event	2	-	-	3	-	1	13	11	2			
<b>Σύνολο Γεγονότων</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>103</b>	<b>57</b>	<b>7</b>			
Τύπος Γεγονότων	Shipper001		Shipper002		Shipper001		Shipper002		Shipper001		Shipper002	
Shipper Management Event	-		1		4		1		8		-	
Shipper External Event	1		-		2		1		4		3	
Shipper Service Event	-		1		6		-		2		1	

Shipper Equipment Event	4	-	1	3	4	-
<b>Σύνολο Γεγονότων</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>4</b>

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών πραγματοποιήθηκαν συνολικά 600 προσομοιώσεις. Τα αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό επιτυχίας των συνεργατών της αλυσίδας εφοδιασμού έχουν ως ακολούθως: Ο Sup002 ολοκλήρωσε επιτυχώς την πλειοψηφία των παραγγελιών στην ομάδα δεδομένων εισόδου 1. Οι επιτυχίες εκτελέσεις ακολουθούν του Sup003 με τον Shipper001 να έχει τις λιγότερο επιτυχημένες ολοκληρώσεις παραγγελιών. Με την ομάδα δεδομένων εισόδου 2, ο Sup002 έχει και πάλι τις πιο επιτυχημένες εκτελέσεις εντολών που μοιράζονται εξίσου από τους Shipper001 και Shipper002. Στην τρίτη ομάδα εισόδου, η πλειονότητα των επιτυχημένων εκτελέσεων είναι στο Sup002 και στο Shipper001, με τους υπόλοιπους συμμετέχοντες να έχουν χαμηλά ποσοστά επιτυχίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 7-8.

**Πίνακας 7-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης.**

Δεδομένα Εισόδου	Προμηθευτής	Μεταφορέας	Αριθμός Ολοκληρωμένων Παραγγελιών
<b>Αξιοπιστία 80% Κόστους 20%</b> Παράγοντας	Sup002	Shipper001	151
	Sup003	Shipper001	29
	Sup001	Shipper001	9
	Sup002	Shipper002	6
	Sup003	Shipper002	2
Σύνολο Παραγγελιών			197
<b>Αξιοπιστία 50% Κόστους 50%</b> Παράγοντας	Sup002	Shipper001	145
	Sup002	Shipper002	28
	Sup001	Shipper001	9
	Sup003	Shipper002	8
	Sup001	Shipper002	3
	Sup003	Shipper001	2
Σύνολο Παραγγελιών			195
<b>Αξιοπιστία 20% Κόστους 80%</b> Παράγοντας	Sup002	Shipper001	153
	Sup002	Shipper002	29

	Sup001	Shipper001	5
	Sup003	Shipper001	4
	Sup003	Shipper002	2
	Sup002	Shipper002	1
Σύνολο Παραγγελιών			194

Από τα παραπάνω αποτελέσματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο Sup002 και ο Shipper001 αποτελούν το πιο κατάλληλο ζευγάρι για την ολοκλήρωση μιας παραγγελίας. Επιπλέον, παρατηρώντας τα αποτελέσματα από τους πίνακες 7-7 και 7-8, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο Shipper001 είναι ο πιο αποτελεσματικός στη διαχείριση απροσδόκητων γεγονότων από τους άλλους μεταφορείς και παρόλο που έχει το μεγαλύτερο αριθμό απροσδόκητων γεγονότων, έχει ολοκληρώσει τις περισσότερες παραγγελίες. Τέλος, ο συνολικός αριθμός των ολοκληρωμένων παραγγελιών ο οποίος είναι πρακτικά ο ίδιος σε κάθε ομάδα τιμών εισόδου, αποτελεί ένδειξη της αποτελεσματικότητας της εξίσωσης επιλογής των συνεργατών που χρησιμοποιήθηκε στην προσέγγισή μας

---

## 8 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Ερευνητικές Επεκτάσεις

---

### 8.1 Συμπεράσματα και συνεισφορά της Διατριβής

Η παρούσα διατριβή στόχευε στη διερεύνηση της εφαρμογής σύγχρονων προσεγγίσεων από τον τομέα της πληροφορικής σε αυτόν της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Αναλυτικότερα μελετήθηκε η δυνατότητα εφαρμογής της προδραστικής πληροφορικής στις διαδικασίες της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Αρχικά μελετήθηκαν και αναλύθηκαν οι αρχιτεκτονικές λύσεις ανάπτυξης κατάλληλων προδραστικών συστημάτων για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι λύσεις αυτές κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με τον τρόπο με τον τρόπο και το μέγεθος της προδραστικότητας που επιτυγχάνουν και αποτέλεσαν την πρώτη δημοσιευμένη εργασία με τίτλο «Proactivity in service based applications» η οποία παρουσιάστηκε στο 16th Panhellenic Conference on Informatics.

Ακολούθως η ανάλυση της φύσης της εφοδιαστικής αλυσίδας και οι παράγοντες που την επηρεάζουν έγινε στη δεύτερη ερευνητική εργασία με τίτλο «An event-based framework for supply chain management» η οποία παρουσιάστηκε στο 5<sup>TH</sup> IISA 2014 συνέδριο. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής βοήθησαν στην καλύτερη κατανόηση και στη μοντελοποίηση των παραγόντων οι οποίοι δημιουργούν μη προγραμματισμένες μεταβολές στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτοί οι παράγοντες χωρίστηκαν σε κατηγορίες και μελετήθηκε ο τρόπος που ο καθένας από αυτούς αλλά και συνδυαστικά επιδρούν στην απόδοση της αλυσίδας εφοδιασμού. Συγκεκριμένα προέκυψε ότι τα περιβαντολλογικά γεγονότα και γενικότερα τα γεγονότα που οφείλονται σε εξωτερικούς παράγοντες έχουν ένα σημαντικό ποσοστό επίδρασης στην απόδοση των σύγχρονων αλυσίδων εφοδιασμού που δραστηριοποιούνται σε ένα περιβάλλον διεθνούς εμπορίου με έντονα τα στοιχεία του ανταγωνισμού. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκαν ώστε η έρευνα να προσδιορίσει με έναν αποτελεσματικό τρόπο τις πηγές των γεγονότων που επηρεάζουν την αλυσίδα εφοδιασμού.

Η έρευνα μας συνεχίστηκε με τη πρόταση, σχεδίαση, υλοποίηση και αξιολόγηση ενός μοντέλου διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας το οποίο εκμεταλλευόμενο εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον της αλυσίδας εφοδιασμού, λειτουργεί με προδραστικό τρόπο προλαμβάνοντας ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Το υπόψη μοντέλο



παρουσιάστηκε και δημοσιεύθηκε στην εργασία με τίτλο «A FCM analysis for supply chain management» που παρουσιάστηκε στο 6<sup>TH</sup> IISA 2015 συνέδριο. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτήν την εργασία επέτρεψαν στην ερευνά μας να καθορίσει σαφώς τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας και να θέσει τις βάσεις για περαιτέρω διερεύνηση λύσεων για την προδραστική της λειτουργία.

Η διερεύνηση της δυνατότητας επίγνωσης καταστάσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα ήταν το αντικείμενο που απασχόλησε την έρευνα μας στη συνέχεια. Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα μοντέλο το οποίο είναι ικανό να παρακολουθεί τα γεγονότα που συμβαίνουν στην εφοδιαστική αλυσίδα, να προβαίνει σε σύνθεση πολύπλοκων συμβάντων από απλά γεγονότα και τέλος να αντιλαμβάνεται τις παρουσιασθέντες καταστάσεις που προκύπτουν από αυτά. Για την απεικόνιση και τη δημιουργία σχέσεων μεταξύ των γεγονότων στην εφοδιαστικής αλυσίδα χρησιμοποιήσαμε μια βάση δεδομένων κόμβων η οποία μας επέτρεψε να ορίσουμε, να απεικονίσουμε και να διαχειριστούμε τις σχέσεις τόσο μεταξύ των οντοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και μεταξύ των γεγονότων, συνθέτοντας τελικά και αναπαριστώντας καταστάσεις. Ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα που μας δόθηκε με τη χρήση της βάσης δεδομένων κόμβων ήταν ότι κατέστησε εφικτή την επέκταση του χρονικού παραθύρου διαχείρισης γεγονότων. Αυτή ήταν μια πολύ σημαντική παράμετρος καθώς διαπιστώθηκε ότι τα συνήθη συστήματα επίγνωσης καταστάσεων έχουν περιορισμένο χρονικό παράθυρο παρακολούθησης γεγονότων και κατ' επέκταση επίγνωση καταστάσεων. Η πρόταση αυτή δημοσιεύθηκε στο περιοδικό «Expert Systems with Applications» και μέχρι σήμερα έχει 14 αναφορές.

Την ανίχνευση καταστάσεων στην εφοδιαστικής αλυσίδας διαδέχθηκε η επόμενη προσπάθεια προδραστικής διαχείρισης τους κόστους αυτής με παράλληλη επιλογή των πλέον κατάλληλων συνεργατών για τη βελτίωση της απόδοσής της. Όπως και στις προηγούμενες προτάσεις λύσεων επί της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας έτσι και στην περίπτωση αυτή σχεδιάστηκε, υλοποιήθηκε και εξετάστηκε ως προς την αποτελεσματικότητα του το προτεινόμενο μοντέλο με αξιολογικά αποτελέσματα. Στα πλαίσια της υλοποίησης του μοντέλου και θέλοντας να εφαρμόσουμε τεχνικές πρόγνωσης, χρησιμοποιήσαμε Bayes δίκτυα για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των συνεργατών στην εφοδιαστική αλυσίδα αλλά και για την απόδοση αυτής. Η δημιουργία του υπόψη δικτύου Bayes υλοποιείται on the fly όπως και η ενημέρωση των τιμών για του πίνακες του δικτύου καθιστώντας το μοντέλο μας ιδιαίτερα ευέλικτό και προσαρμόσιμο στις εκάστοτε παρουσιαζόμενες συνθήκες. Η παρουσίαση της πρότασης αυτής έγινε με την εργασία υπό τον τίτλο «Proactive decision making in supply chain procurement» και δημοσιεύθηκε στο «Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce » το 2019.

Συνοψίζοντας λοιπόν τα αποτελέσματα τις έρευνας με τους αρχικά τεθέντες στόχους της διατριβής προκύπτει ότι οι τελευταίοι υλοποιήθηκαν στο ακέραιο. Συγκεκριμένα ο πρώτος στόχος της μελέτης της εφοδιαστικής αλυσίδας και της ανάλυσης των αιτιών και των παραγόντων που δημιουργούν αποκλίσεις εντός αυτής καλύφθηκε από το σύνολο των εργασιών που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Ο δεύτερος στόχος, δηλαδή αυτός της πρότασης εννοιολογικών προσεγγίσεων για να καταστεί η αλυσίδα εφοδιασμού προδραστική υλοποιήθηκε μέσω των εργασιών που παρουσιάστηκαν στα κεφ.5,6 και 7. Τα αποτελέσματα από την ερευνητική εργασία, όπως προέκυψαν κατέδειξαν την πολυπλοκότητα της

εφοδιαστικής αλυσίδας τόσο στη λειτουργία της όσο και στη διαχείριση της ενώ οι προτεινόμενες λύσεις για να καταστεί η εφοδιαστική αλυσίδα μια προδραστική λειτουργία, συνέφεραν προς την κατεύθυνση αυτή.

Η συνεισφορά της παρούσης διδακτορικής διατριβής εστιάζεται στους αρχικά τεθέντες στόχους της και ειδικότερα στο τρόπο με τον οποίο αυτοί επιτεύχθηκαν. Συγκεκριμένα έγινε μια πρότυπη μελέτη των μακροσκοπικών παραγόντων που επιδρούν επί της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας χωρίς μέχρι την παρούσα χρονική στιγμή να υπάρχει ανάλογη ερευνητική εργασία. Η συγκριμένη ανάλυση καθώς και το μοντέλο FCM που προέκυψε από αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση σεναρίων αντιμετώπισης πιθανών απρόβλεπτων καταστάσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Όσο αφορά τα προτεινόμενα μοντέλα προδραστικής λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας αυτά σχεδιαστήκαν και υλοποιήθηκαν με Service Oriented αρχιτεκτονικής κάτι που επέτρεψε να χρησιμοποιηθεί ένα μεγάλος εύρος ήδη υπαρκτών λύσεων για διάφορους τομείς. Συγκεκριμένα έγινε χρήση υπαρχόντων Web-Services για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και της κατάστασης του οδικού δικτύου, όπως επίσης και πληροφορίες για την πρόγνωση καιρικών φαινομένων. Επιπλέον μοντελοποιήθηκε η αλυσίδα εφοδιασμού σε μια βάση δεδομένων κόμβων και προστέθηκαν σε αυτή τα παρουσιαζόμενα γεγονότα που επέτρεψε τη δημιουργία και την αναγνώριση καταστάσεων. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η πρόταση της χρησιμοποίησης βάσης δεδομένων κόμβων στην ανίχνευση καταστάσεων ήταν πρωτότυπη και επέτρεψε στο να ξεπεραστεί το πρόβλημα των περιορισμένων χρονικών παραθύρων που παρουσιάζουν άλλες λύσεις.

Επίσης προτάθηκαν εξισώσεις, κατάλληλες για τη διαχείριση του κόστους της εφοδιαστικής αλυσίδας που επέτρεψαν σε συνδυασμό με ένα δίκτυο Bayes να καταστεί προδραστική η διαχείριση του κόστους και η επιλογή των συνεργατών στην εφοδιαστική αλυσίδα. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι όλες οι προτεινόμενες λύσεις υλοποιήθηκαν πλήρως για την εξέταση της αποτελεσματικότητας τους κάτι το οποίο τις καθιστά υλοποιήσιμες και εφαρμόσιμες.

## 8.2 Περιορισμοί- Παραδοχές

Για την υλοποίηση των στόχων της διδακτορικής διατριβής κρίθηκε αναγκαίο να ληφθούν υπόψη παραδοχές σε ορισμένους τομείς οι οποίοι όμως δε θα επηρέαζαν την εκπλήρωση των τεθέντων στόχων. Η αποδόμηση της εφοδιαστικής αλυσίδας στα συστατικά της στοιχεία κατέστησε εφικτή τη λήψη αυτών των παραδοχών. Οι περιορισμοί αυτοί κρίθηκαν αναγκαίοι για να επικεντρωθεί η ερευνητική εργασία στο ουσιαστικό μέρος της διατριβής, δηλαδή αυτό της πρότασης εννοιολογικών προσεγγίσεων για την προδραστικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Μια από τις παραδοχές που λήφθηκαν υπόψη ήταν αυτό τις απλούστευσης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκεκριμένα περιορίσαμε τους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα στις απολύτως απαραίτητες οντότητες (προμηθευτές, μεταφορείς, λιανοπωλητές) μη λαμβάνοντας υπόψη δευτερογενής οντότητες στην εφοδιαστική αλυσίδα οι οποίες βρίσκονται κυρίως στο περιθώριο αυτής, όπως πχ οι δευτερογενής προμηθευτές πρώτων υλών ή αυτό τις

αποθήκευσης προϊόντων. Η παραδοχή αυτή εκτιμάται ότι δεν επηρέασε τις προτάσεις που έγιναν για την προδραστικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα αφού οι «βασικές» οντότητες λήφθηκαν υπόψη, ενώ η συμμετοχή τους στις προτάσεις το μόνο που θα επηρέαζε θα ήταν η πολυπλοκότητα των προτεινόμενων προτάσεων.

Δεύτερη παραδοχή που έγινε στη διάρκεια της έρευνας ήταν αυτή της χρησιμοποίησης προσομοιωμένων δεδομένων για την εξέταση των προτεινόμενων μοντέλων. Η λύση αυτή προτάθηκε λόγω της απουσίας διαθέσιμων δεδομένων που να καλύπτουν τις ανάγκες για εξέταση της αποτελεσματικότητας των μοντέλων. Αν και θα ήταν προτιμητέα για την εξέταση των μοντέλων η χρησιμοποίηση πραγματικών δεδομένων, τα προσομοιωμένα δεδομένα ήταν ρεαλιστικά και εντός των πλαισίων της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι παραπάνω παραδοχές αποτελούν και προκλήσεις επέκτασης των προτεινόμενων πλαισίων προδραστικής διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η επέκταση αυτή δε θα απαιτεί δομικές μεταβολές στα προτεινόμενα μοντέλα καθώς η αρχιτεκτονική Service Based που χρησιμοποιήθηκε στο σύνολο των μοντέλων την καθιστά ιδιαίτερα εύκολη.

### 8.3 Επέκταση της έρευνας

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω η επέκταση της έρευνας θα μπορούσε να συμπεριλάβει περισσότερους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα όπως επίσης και τη χρήση πραγματικών δεδομένων από τη σχετική περιοχή. Η επέκταση αυτή θα έδινε την απαραίτητη «real life and on the field» δοκιμή των προτεινόμενων λύσεων υπό πραγματικές συνθήκες.

Η επίγνωση κατάστασης όπως προτάθηκε, έγκειται στην ανίχνευση και αναγνώριση προκαθορισμένων καταστάσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα η οποίες βασίζεται σε επιχειρηματικούς κανόνες. Η λύση αυτή αν και είναι αρκετά αποδοτική περιορίζεται στην ανίχνευση και διαχείριση καταστάσεων από τους προκαθορισμένους επιχειρηματικούς κανόνες. Μια δυνατή επέκταση της λύσης αυτής θα μπορούσε να περιλάβει και να στηρίζεται σε ανίχνευση καταστάσεων που δεν έχουν προκαθοριστεί νωρίτερα. Για να υλοποιηθεί μια τέτοια προσέγγιση είναι αναγκαία η χρησιμοποίηση διαφορετικών τεχνικών από την περιοχή του Deep Learning- Artificial Intelligence. Η τεχνική μάθηση μέσω της ανάλυσης ιστορικών δεδομένων προηγούμενων καταστάσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα θα εξασφαλίσει την προδραστική αναγνώριση καταστάσεων ενώ μέσω ενός μηχανισμού ανατροφοδότησης των αποτελεσμάτων τη διαρκή ενημέρωση του μοντέλου και τη βελτιστοποίηση αυτού.

Ένα άλλος τομέας στο οποίο μπορεί να επεκταθεί η έρευνα είναι ο τομέας η χρησιμοποίηση διαφορετικών τεχνικών πρόβλεψης των γενεσιουργών γεγονότων που δημιουργούν αποκλίσεις. Επίσης στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθούν τεχνικές Deep-Learning ,Artificial Intelligence χρησιμοποιώντας την εποπτευόμενη μάθηση ή μη εποπτευόμενη μάθηση.

Τέλος ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον στοιχείο έρευνας στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι η αξιοπιστία των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Μια ευρύτερη ανάλυση της ιδιότητας αυτής της αλυσίδας εφοδιασμού θα εξασφαλίσει ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε οποιαδήποτε SCEM

εφαρμογή. Για την υλοποίηση μια τέτοιας ανάλυσης φυσικά θα πρέπει να περιοριστεί το πεδίο της εφοδιαστικής αλυσίδας σε καθορισμένες περιοχές της βιομηχανίας (πχ αμυντική βιομηχανία, αυτοκινητοβιομηχανία κτλ.) καθώς μια γενική ανάλυση δε θα ήταν κατάλληλη.

## 8.4 Επίλογος

Η παρούσα διατριβή ασχολήθηκε με την περιοχή του Proactive Computing και του Supply Chain Event Management. Παρουσιάστηκε η περιοχή του Proactive Computing και προτάθηκαν επίπεδα προδραστικότητας που εμφανίζουν εφαρμογές του χώρου μέσω της παρουσίας συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Έγινε μια μακροσκοπική ανάλυση της εφοδιαστικής αλυσίδας και εντοπίστηκαν μακροσκοπικά γεγονότα που επηρεάζουν την απόδοση της. Ακολούθως παρουσιάστηκαν τρεις διαφορετικές εννοιολογικές προσεγγίσεις για την αποδοτική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω της διαχείρισης γεγονότων που δημιουργούν αποκλίσεις.

Τα παραπάνω πλαίσια υλοποιήθηκαν με βάση την αρχιτεκτονική Service Oriented και δοκιμάστηκαν σε μια σειρά προσομοιώσεων όπου επαληθεύτηκε η καταλληλότητα και η αποτελεσματικότητά τους. Παράλληλα από τα πειραματικά δεδομένα προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν την ανάπτυξη και υλοποίηση τέτοιων πλαισίων στην πραγματική βιομηχανία της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ολοκληρώνοντας τη παρούσα διατριβή θα αναφέρουμε για μια ακόμη φορά τη σημασία της σύγχρονης αλυσίδας εφοδιασμού σε παγκοσμιοποιημένη οικονομία. Τεχνικές και λύσεις όπως αυτές που παρουσιάστηκαν στη διατριβή αυτή για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας με όσο περισσότερο προδραστικό τρόπο θα αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο σε επαγγελματίες του χώρου καθιστώντας επιτακτική τη χρήση τους.

---

## 9 Βιβλιογραφικές Αναφορές

---

- Aref A.Hervani, Marilyn M.Helms, Joseph Sarikis, "Performance measurement for green supply chain management", *Benchmarking: An International Journal*, Vol 12 Iss 4 pp.330-353, 2005.
- Ehsan Nikbakhsh, "Green Supply Chain Management", *Supply Chain and Logistics in National, International and Governmental Environment Contributions to Management Science*, 2009.
- <http://www.investopedia.com/dictionary/>
- O.Feyzioglu, G.Buyukozkan,M.S.Ersoy "Supply Chain Risk Analysis with Fuzzy Cognitive Maps",*Industrial Engineering and Engineering Management*, IEEE, 2007
- Abolghasemi, M., Khodakarami, V. and Tehranifard, H. (2015). A new approach for supply chain risk management: Mapping SCOR into Bayesian network. *Journal of industrial engineering and management*, 8(1), pp.280-302.
- Adhitya, A.; Srinivasan, R. & Karimi, I.A, "A model-based rescheduling framework for managing abnormal supply chain events" In *Computer and Chemical Engineering* 31 496-518, 2007.
- Adreas Otto, "Supply Chain Event Management: Three Perspectives" *International Journal of Logistics Management*, Vol 14. No 2 2003.
- Andreas Metzger, Osama Sammodi, Klaus Pohl, Mark Rzepka. "Towards Pro-active Adaptation with Confidence- Augmenting Service Monitoring with Online Testing" *SEAMS '10*, ACM 2010.
- Andreas Norman, Ulf Jansson, "Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident", *International Journal of Physical Distribution &Logistics Management*, Vol 34, No5, 2004.
- Antoine Beugnard, Sophie Chabridon, Denis Conan, Chantal Taconet, Fabien Dagnat, Eveline.Kabore, "Towards Context Aware Components",*CASTA '09*,August 24, Amsterdam, The Netherlands, ACM 2009.

- Baader, and Montanus, S. (2008). Transparency in Global Supply Chain Networks — Methods and Tools for Integrated Supply Chain Event Management. Strategies and tactics in supply chain event management (Vol. 368). Ijioui, R., Emmerich, H., & Ceyp, M. H. (eds.). Springer.
- Bart Kosko, “Fuzzy Cognitive Maps”, *Int.J. Man-Machine Studies* 24,65-75,1986.
- Baumol, W. J. (1986). Contestable markets: an uprising in the theory of industry structure. *Microtheory: applications and origins*, 40-54.
- Bearzotti Lorena, Ferandez Erica, Guarnaschelli Armando, Salomone Enrique and Chiotti Omar, “Supply Chain Event Management System”, ISBN: 978-953-307-250-0, InTech 2011.
- Bearzotti, L. A. , Salomone, E. , & Chiotti, O. J. (2012). An autonomous multi-agent approach to supply chain event management. *International Journal of Production Economics*, 135 (1), 468–478 .
- Bearzotti, L. A., Salomone, E. & Chiotti, O. J. (2012). An autonomous multi-agent approach to supply chain event management. *International Journal of Production Economics* 135.1:468-478.
- Benita M.Beamon, “Measuring supply chain performance”, *International Journal of Operations & Production Management*,1999.
- Blos, M. F. , Wee, H. M. , & Yang, W. H. (2012). Supply chain risk management: Resilience and business continuity. *Handbook on Decision Making* , 219–236 .
- Bodendorf, F. , & Zimmermann, R. (2005). Proactive supply-chain event management with agent technology. *International Journal of Electronic Commerce*, 9 (4), 58–89 .
- Bousdekis, A., Papageorgiou, N., Magoutas, B., Apostolou, D. and Mentzas, G. (2016). A probabilistic model for context-aware proactive decision making. In *Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, 2016 7th International Conference on (pp. 1-6). IEEE.
- Brandon-Jones, E. , Squire, B. , Autry, C. W. , & Petersen, K. J. (2014). A contingent re- source-based perspective of supply chain resilience and robustness. *Journal of Supply Chain Management*, 50 (3), 55–73 .
- Buxmann, P., von Ahsen, A., Diaz, L. M., & Wolf, K. (2004). Usage and evaluation of Supply Chain Management Software - results of an empirical study in the European automotive industry. *Information Systems Journal*, 14, 295-309.
- Cauvin, A.; Ferrarini, A. & Tranvouez, E., “Disruption management in distributed enterprises: A multi-agent modelling and simulation recovery behaviours”.In *International Journal Production Economics* 122-429- 439, 2009.
- Chapman, Chris & Ward, Stephen. (1998). Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. *Journal of the Operational Research Society*. 49. 10.2307/3010252.

- Cheverst, Keith & Eon Byun, Hee & Fitton, Daniel & Sas, Corina & Kray, Chris & Villar, Nicolas. (2005). Exploring Issues of User Model Transparency and Proactive Behaviour in an Office Environment Control System. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 15, 235-273. 10.1007/s11257-005-1269-8
- Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F, (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International journal of production economics*, 102(2),289-301.
- Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F, (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International journal of production economics*, 102(2),289-301.
- Christopher W.Craighead, Jennifer Blackhurst et al, "The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities", *Decision Sciences Volume 38Number 1*, 2007.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson UK.
- Christopher, M. , & Lee, H. L. (2004). Mitigating supply chain risk through improved confidence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5), 388–396 .
- Christopher, M. , & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain.. *International Journal of Logistics Management*, 15 (2) .
- Cimino, M. G. , Lazzerini, B. , Marcelloni, F. , & Ciaramella, A. (2012). An adaptive rule-based approach for managing situation-awareness. *Expert Systems with Applications*, 39 (12), 10796–10811 .
- David Pardoe, Peter Stone, "An Autonomous Agent for Supply Chain Management", In Gedas Adomavicius and Alok Gupta, editors *Handbook in Information Systems Series: Business Computing*, pp. 141– 72, Emerald Group, 2009
- David Tennehouse, "Proactive Computing", *Communications of the ACM*, May 2000/vol 43, No5.
- Davis, T. (1993). Effective supply chain management. *Sloan Management Review*, 34 (4), 35–46 .
- De Treville, S., Shapiro, R. D., & Hameri, A. P. (2004). From supply chain to demand chain: the role of lead time reduction in improving demand chain performance. *Journal of Operations Management*, 21(6), 613-627.
- Dey, P.K. (2002). Project risk management: a combined analytic hierarchy process and decision tree approach. *Cost Engineering*, (Morgantown, West Virginia).44(3),pp.13-27
- Dießner, P. and Rosemann, M. (2008). *Supply Chain Event Management: Managing Risk by Creating Visibility. Strategies and tactics in supply chain event management (Vol. 368)*. Ijioui, R., Emmerich, H., & Ceyn, M. H. (eds.). Springer.
- Donmez, Pinar & Carbonell, Jaime. (2008). Proactive learning: Cost-sensitive active learning with multiple imperfect oracles. 619-628. 10.1145/1458082.1458165.

- Dragan Ivanovic and Manuel Carro, Manuel Hermenegildo, "Towards Data-Aware QoS-Driven Adaptation for Service Orchestration", IEEE International Conference on Web-Services 2010.
- El Kassiri, A. , & Belouadha, F. Z. (2015, October). Towards a unified semantic model for online social networks analysis and interoperability. In 2015 10th international conference on intelligent systems: Theories and applications (SITA) (pp. 1–6). IEEE .
- Electronic Commerce Volume 9 Issue 4, Number 4/Summer 2005.
- Ellram, L. M. (1990). The supplier selection decision in strategic partnerships. *Journal of Purchasing and materials Management*, 26(4), 8-14.
- Endsley, M. (2016). *Designing for situation awareness: An approach to user-centered design (Second Edition)*. CRC Press 2016 ISBN: 9781420063585 .
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37 (1), 32–64 .
- Endsley, M. R. , & Connors, E. S. (2008, July). Situation awareness: State of the art. In *Power and energy society general meeting-conversion and delivery of electrical energy in the 21st century, 2008 IEEE* (pp. 1–4). IEEE .
- Engel, Y., Etzion, O. and Feldman, Z. (2012). A basic model for proactive event-driven computing. In *Proceedings of the 6th ACM international conference on distributed event based systems* (pp.107-118).ACM.
- Erl, T. (2008). *SOA design patterns* . Pearson Education .
- Etzion, O. (2009). Complex event processing. In *Encyclopedia of database systems* (pp. 412–413). Springer .
- Feldmann, Zohar & Fournier, Fabiana & Franklin, John & Metzger, Andreas. (2013). Industry Article: Proactive Event Processing in Action: A Case Study on the Proactive Management of Transport Processes. *DEBS 2013 - Proceedings of the 7th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems*. 10.1145/2488222.2488274.
- Feng, Y. H. , Teng, T. H. , & Tan, A. H. (2009). Modelling situation awareness for context-aware decision support. *Expert Systems with Applications*, 36 (1), 455–463 .
- Fernández, E. , Toledo, C. M. , Galli, M. R. , Salomone, E. , & Chiotti, O. (2015). Agent-based monitoring service for management of disruptive events in supply chains. *Computers in Industry*, 70 , 89–101 .
- Fournier, F., Kofman, A., Skarbovsky, I. and Skarlatidis, A. (2015). Extending Event-Driven Architecture for Proactive Systems. In *EDBT/ICDT Workshops* (pp. 104-110).
- Freamut Bodendorf, Roland Zimmermann, "Proactive Supply ChainEvent Management with Agent Technology", *International Journal of*



- Frochlich, M. T. , & Westbrook, R. (2002). Demand chain management in manufacturing and services: Web-based integration, drivers and performance. *Journal of Operations Management*, 20 , 729–745 .
- G.Buyukozkan,Z. Vardaloglu, O.Feyzioglu, “A fuzzy Cognitive Map Approach for Modelling CPFR Supporting Factors”, *Proceedings of the World Congress on Engineering Vol 1,2009*.
- Genc, E., Duffie, N., & Reinhart, G. (2014). Event-based supply chain early warning system for an adaptive production control. *Procedia CIRP*, 19, 39-44.
- Geng, E., Duffie, N., & Reinhart, G. (2014). Event-based supply chain early warning system for an adaptive production control. *Procedia CIRP*, 19, 39-44.
- George Xirogiannis, Michael Glykas and Christos Staikouras, “Fuzzy Cognitive Maps in Banking Process Performance Measurement” , *Studies in Fuzziness and Soft Computing* , Volume 247, 2010.
- Gilberto Miller Devos Ganga,Luis Cesar Ribeiro Carpinetti, “A fuzzy logic Approach to supply chain performance management”,*Int.J.Production Economics* 134 (177-187), 2011.
- Gunasekaran, A., and Ngai, E. (2014). Expert systems and artificial intelligence in the 21st century logistics and supply chain management. *Expert Systems with Applications* 1.41 (2014): 1-4.
- Gunasekaran, A., and Ngai, E. (2014). Expert systems and artificial intelligence in the 21st century logistics and supply chain management. *Expert Systems with Applications* 1.41 (2014): 1-4.
- Gunasekaran, A., and Ngai, E. (2014). Expert systems and artificial intelligence in the 21st century logistics and supply chain management. *Expert Systems with Applications* 1.41 (2014): 1-4.
- Hariri, Salim & Kim, Yoonhee. (2000). Design and analysis of a proactive application management system (PAMS). 89 - 101. 10.1109/NOMS.2000.830377.
- Heer, J. , & Boyd, D. (2005, October). Vizster: Visualizing online social networks. In *IEEE symposium on information visualization, 2005. INFOVIS 2005* (pp. 32–39). IEEE .
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review.*European Journal of operational research*, 202(1),16-24.
- Hoffman, J. M., & Mehra, S. (2000). Efficient Consumer Response as a supply chain strategy for grocery businesses. *International Journal of Service Industry Management*, 11 (4), 366-373.
- Hoffmann O., Deschner, D, Reinheimer, S, S. & Bodendorf, F, “Agent Supported Information Retrieval in Logistic Chain”, *Proceedings of the32nd Annual Hawaii International Conference ,Maui, 1999*.
- Hong, Jongyi, et al. (2009). Context-aware system for proactive personalized service based on context history." *Expert Systems with Applications* 36.4 (2009): 7448-7457.

- Hsu, L.-L. (2005). SCM system effects on performance for interaction between suppliers and buyers. *Industrial Management & Data Systems*, 105 (7), 857–875 . Iansiti, M. , & Levien, R. (2004). Strategy as ecology. *Harvard Business Review*, 82 (3), 68–81 .
- Huan, S.H., Sheoran, S.K. and Wang, G., (2004). A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model. *Supply Chain Management: An International Journal*, 9(1), pp.23-29.
- Huan, S.H., Sheoran, S.K. and Wang, G., (2004). A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model. *Supply Chain Management: An International Journal*, 9(1), pp.23-29.
- Jagdev H, Wortmann H, Pels H-J, Hirnschall A, editors. Proceedings of APMS conference, Eindhoven, Netherlands, 8–13, September, 2002. p.463–73.
- Jeffrey O.Kephart, “Autonomous Computing: The first Decade”. ICAC’11, June 14-18, 2011, Karlsruhe, Germany, ACM 2011.
- Jongyi Hong, Eui-HO Suh, Junyoung Kim, SuYeon Kim, “Context Aware system for proactive personalized service based on context history”, *Expert Systems with Applications* 36 , Elsevier 2008
- Julia Hielscher, Raman Kazhamiakin, Andreas Metzger and Marko Pistore. “A Framework for Proactive Self-adaptation of Service-Based Applications on Online Testing”, *Service Wave* 2008. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.
- Julia Hielscher, Raman Kazhamiakin, Andreas Metzger and Marko Pistore. “A Framework for Proactive Self-adaptation of Service-Based Applications on Online Testing”, *Service Wave* 2008. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.
- Kaˆrkkˆinen M, Fraˆmmling K, Ala-Risku T. Integrating material and information flows using a distributed peer-to-peer information system. In
- Kenneth W.Green, Jr Pamela Zelbst et al, “Green supply chain management practices: impact on performance”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol 17, Iss 3 pp 290-305, 2012.
- Knickle, K. , & Kemmeter, J. (2002). Supply chain event management in the field: Success with visibility . Boston: AMR Research .
- Knickle, K., & Kemmeter, J. (2002). Supply chain event management in the field: Success with visibility. AMR Research, Boston.
- Kopanaki, E. (2013). Dealing with uncertainty in a global business environment: The need for supply chain flexibility. Proceeding of the 25th conference of the association for global business .
- Kroese, D.P., Taimre, T., Botev, Z.I. (2011). *Handbook of Monte Carlo Methods*, Wiley Series in Probability and Statistics, John Wiley and Sons, New York.

- Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, pp.80-89.
- Iahmar, A. , Galasso, F. , Chabchoub, H. , & Lamothe, J. (2016). Conceptual framework of supply chain vulnerability. 6th International conference on information systems, logistics and supply chain ILS conference .
- Lawrence, E. E. , & Latha, R. (2015, March). Analysis of six degrees of separation in facebook using ant colony optimization. In *Circuit, power and computing technologies (ICCPCT)*, 2015 international conference on (pp. 1–5). IEEE .
- Lee, H. L. (2002). Aligning supply chain strategies with product uncertainties. *California Management Review*, 44 (3), 105–119 .
- Li, Y & R. Kramer, M & Beulens, Adrie & Van der Vorst, Jack. (2010). A framework for early warning and proactive control systems in food supply chain networks. *Computers in Industry*. 61. 852-862. 10.1016/j.compind.2010.07.010.
- Li Zhang, Guozheng Rao. "Proactive Semantic Web Service System Based on Intelligent UDDI Agent", IEEE 2008.
- Liu, R. , Kumar, A. , & Van Der Aalst, W. (2007). A formal modeling approach for supply chain event management. *Decision Support Systems*, 43 (3), 761–778.
- Liu, R., Kumar, A., & Van Der Aalst, W. (2007). A formal modelling approach for supply chain event management. *Decision Support Systems*, 43(3), 761-778.
- Longo, F. , & Mirabelli, G. (2008). An advanced supply chain management tool based on modeling and simulation. *Computers & Industrial Engineering*, 54 (3), 570–588.
- Lorena A. Bearzotti, Enrique Salomone, Omar J. Chiotti,"An Autonomous multi agent approach to supply chain event management", *International Journal of Production Economics*, Volume 135 468-478, 2012.
- Lorena, B., Erica, F., Armando, G., Enrique, S. and Omar, C. (2011). Supply Chain Event Management System. In *Supply Chain Management-Applications and Simulations*. InTech.
- Machado, A., Maran, V., Augustin, I., Wives, L. K., & de Oliveira, J. P. M. (2017). Re- active, proactive, and extensible situation-awareness in ambient assisted living. *Expert Systems with Applications*, 76, 21–35.
- Magoutas, B. , Mentzas, G. , & Apostolou, D. (2011, August). Proactive situation management in the future internet: The case of the smart power grid. In *2011 22nd International workshop on database and expert systems applications* (pp. 267–271). IEEE .
- Maher Heni, Ridha Bouallegue, "Adaptive Service Discovery and Proactive Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Network".
- Malhotra, A. , Gosain, S. , & El Sawy, O. A. (2005). Absorptive capacity configurations in supply chains: gearing for partner - enabled market knowledge creation. *MIS Quarterly*, 29 (1), 145–187 .

- Martin Christopher and Hau L. Lee "Supply Chain Confidence: The Key to Effective Supply Chains Through Improved Visibility and Reliability" Granfield University and Stanford University 6 Nov 2001.
- Mas Machuca, Carmen & Thiran, Patrick. (2001). A review on Fault Location Methods and their application to optical networks.
- Mei, Y. , & Madden, S. (2009, June). Zstream: A cost-based query processor for adaptively detecting composite events. In Proceedings of the 2009 ACM SIGMOD international conference on management of data (pp. 193–206). ACM .
- Mihalīs Giannakis, Michalis Louis, "A multi-agent based framework for supply chain risk management", *Journal of Purchasing & Supply Management* 17, 23-31, 2011.
- Mishra, Manisha & Sidoti, David & Avvari, Gopi Vinod. (2017). A Context-Driven Framework for Proactive Decision Support With Applications. *IEEE Access*. PP. 1-21. 10.1109/ACCESS.2017.2707091.
- Monczka, R.M., Handfield, R.B., Giunipero, L.C. and Patterson, J.L., 2009. *Purchasing and supply chain management*. South-Western.
- Nirupam Julka, Rajagopalan Srinivasan, I. Karimi, "Agent-Based supply chain management\*1: framework", *Computers and Chemical Engineering* 26, 1755-1796, 2002.
- Nullmeyer, Robert T. (2005). Human factors in air force flight mishaps: Implications for change. In Proceedings of the 27th annual interservice/industry training, simulation, and education conference . National Training Systems Association, APA .
- Opher Etzion, Yonit Magid, Ella Rabinovich, Inna Skarbovsky, Nir Zolotorevsky, "Context Aware Computing and its Utilization in event-based systems", IBM Haifa Research Lab, DEBS'10, July 12-15, 2010 Cambridge, UK. ACM 2010.
- Otto, A. (2003). Supply chain event management: Three perspectives. *The International Journal of Logistics Management*, 14 (2), 1–13 .
- Park, J. H. , Lee, J. K. , & Yoo, J. S. (2005). A framework for designing the balanced supply chain scorecard. *European Journal of Information Systems*, 14 , 335–346 .
- Pettit, T. J. , Fiksel, J. , & Croxton, K. L. (2010). Ensuring supply chain resilience: Development of a conceptual framework. *Journal of Business Logistics*, 31 (1), 1–21 .
- Ponomarov, S. Y. , & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20 (1), 124–143 .
- Premkumar, G. P. (2000). Inter-organizational systems and supply chain management—An information processing perspective. In H. R. Hansen, M. Bichler, & H. Mahrer (Eds.), *Eighth European conference on information systems* (pp. 1017–1028) .
- Ross, D. F. (2004). *Distribution, Planning and Control: Managing in the Era of Supply Chain Management*. Kluwer Academic Publishers.

- Samir K.Srivastava, "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review" *International Journal of Management Reviews*, 2007.
- Schnetzler, M. , Nobs, A. , & Sennheiser, A. (2004). Decision support and strategy formulation in supply chain management. In P. Cunningham, & M. Cunningham (Eds.), *eAdoption and the knowledge economy: issues* (pp. 1231–1238). Amsterdam: IOS Press .
- Scholten, K. , & Schilder, S. (2015). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20 (4), 471–484 .
- Sourish Dasgupta, Satish Bhat, Yugyung Lee , "An Abstraction Framework for Service Composition in Event-driven SOA systems", *ICWS '09, IEEE* 2009.
- Speyerer, J.K. & Zeller, Andrew, J. "Managing Supply Networks: Symptom Recognition and Diagnostic Analysis with Web Services", *Proceedings of 37th International Conference on System Sciences, Hawaii* 2004.
- Sunil Chopra, ManMohan S.Sodhi, "Managing risk to avoid Supply-Chain breakdown", *MIT SLOAN Management Review*, 2004.
- SuTe Lei, Kang Zhang, Edwin Sha, "Applying Situation Awareness to Mobile Proactive Information Delivery", *IFIP International Federation for Information Processing 2007.M. Denko et al. (Eds): EUC Workshops 2007, LNCS 4809, pp. 592-603, 2007.*
- Sven Meyer, Andy Rakotonirainy, "A survey of research on context aware homes", *Workshop on Wearable, Invisible, Context Aware, Ambient, Pervasive and Ubiquitous Computing, Adelaide Australia, Conference in Research and Practice in Information Technology .vol 21, Australian Computer Society Inc.* 2003.
- Svensson, Goran (2000). A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 30 (9), 731–749 .
- Sztribik, N.B., Wortmann, J.C., Hammer, D.K., Goosenaerts, J.B. M. & Aerts, "Mediating Negotiations in a Virtual Enterprise via Mobile Agents", In *proceedings of the Academia/Industry Working Conference on Research Challenges, IEEE* 2000.
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103 (2), 451–488 .
- Tang, O. , & Musa, S. N. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 133 (1), 25–34 .
- Tennenhouse, David. (2000). Proactive computing. *Communications of the ACM*. 43. 10.1145/332833.332837.
- Teuteberg F. & Schreber, D., "Mobile Computing and Auto-ID Technologies in Supply Chain Event Management – An Agent-Based Approach", *Proceedings of 13th European Conference on Information Systems, Regensburg, Germany* 2005.

- Thodoris L. Kottas ,Athanasios D.Karlis and Yiannis S.Boutalis, “Fuzzy Cognitive Networks for Maximum Power Point Tracking in Photovoltaic Arrays”,*Studies in Fuzziness and Soft Computing* , Volume 247, 2010.
- Tummala, R. , & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risks using the supply chain risk management process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, 16 (6), 474–483 .
- Vilko, J. , Ritala, P. , & Edelmann, J. (2014). On uncertainty in supply chain risk management. *The International Journal of Logistics Management*, 25 (1), 3–19 .
- Vlahakis, G. , & Aposotlou, D. (2015, July). A FCM analysis for supply chain management. In *Information, intelligence, systems and applications (IISA)*, 2015 6th international conference on (pp. 1–6). IEEE .
- Vlahakis, G., Apostolou, D. and Kopanaki, E. (2018). Enabling situation awareness with supply chain event management. *Expert Systems with Applications*, 93, pp.86-103.
- Want R., Pering T., Tennenhouse D.,(2003) Comparing autonomic and proactive computing. *IBM Systems Journal* , vol 2 no1.
- Wieland, A. , & Wallenburg, C. M. (2012). Dealing with supply chain risks: Linking risk management practices and strategies to performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42 (10) .
- Winkelmann, A. , Fleischer, S. , Herwig, S. , & Becker, J. (2009). A conceptual modelling approach for supply chain event management (SCEM). In *ECIS* (pp. 2363–2374) .
- Yusuf, Y. Y., Gunasekaran, A., Adeleye, E. O., & Sivayoganathan, K. (2004). Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives. *European Journal of Operational Research*, 159(2), 379-392.
- Zhi Xiao, Weijie Chen,Lingling Li, “An Integrated FCM and fuzzy soft set for supplier selection problem based on risk evaluation”,*Applied Mathematical Modelling* 36,2012.
- Zimmermann, R, “Agent-based Supply Network Event Management”, *Whitestein Series in Software Agent Technologies* Eds: Marius Walliser, Stefan Brantschen, Monique Calisti y Thomas Hempfling. 2006.

---

## **10 .ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

---

---

## Παράρτημα I Ερωτηματολόγιο έρευνας

---

### Μακροσκοπικό Περιβάλλον Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η παρούσα φόρμα περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν το μακροσκοπικό περιβάλλον της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από τους προμηθευτές (Suppliers), τον ή τους παραγωγούς (Manufacturer), τους μεταφορείς (Transporters) και τους Διανεμητές (Retailers-Distributors).

Η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας υπολογίζεται μέσω δεικτών που αφορούν την αξιοπιστία της, την ευελιξία της (ικανότητα προσαρμογής),

την απόκριση της (σε αυξομείωση της ζήτησης), την αποδοτικότητα της ως προς το κόστος και τέλος στη διαχείριση των αποθεμάτων.

Στο παρόν ερωτηματολόγιο παρακαλείσθε να καταχωρήσετε την προσωπική σας άποψη για το πως εξωτερικοί-μακροσκοπικοί παράγοντες (με φαινομενικά μη αιτιώδη σχέση)

επηρεάζουν την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας και αλληλοεπηρεάζονται επίσης. Στις ερωτήσεις κλίμακας η τιμή 5 δίνει μηδενική αιτιώδη σχέση.

\* Απαιτείται



**1. Ερώτηση 1 \***

Πως επηρεάζεται η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας από τις πολιτικές αναταραχές (είτε εσωτερικές είτε εξωτερικές);

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**2. Ερώτηση 2**

Πως επηρεάζεται η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας από τις κοινωνικές αναταραχές;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**3. Ερώτηση 3 \***

Οι πολιτικές αναταραχές επηρεάζουν άμεσα την απόδοση της εφ. αλυσίδας;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

Ναι  
 Όχι

**4. Ερώτηση 4 \***

Οι κοινωνικές αναταραχές επηρεάζουν άμεσα την απόδοση της εφ.αλυσίδας;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

Ναι  
 Όχι

**5. Ερώτηση 5**

Η οικονομική σταθερότητα επηρεάζει άμεσα την απόδοση της εφ.αλυσίδας;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

- Ναι  
 Όχι

**6. Ερώτηση 6 \***

Σε ποιο βαθμό; (Αναφέρεται στην παραπάνω ερώτηση).

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**7. Ερώτηση 7 \***

Σε ποιο βαθμό επηρεάζουν την απόδοση της εφ.αλυσίδας οι επιχειρηματικές σχέσεις;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**8. Ερώτηση 8 \***

Τα φυσικά φαινόμενα σε ποιο βαθμό επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**9. Ερώτηση 9 \***

Η περιβαλλοντική επιβάρυνση (περιβαλλοντολογικό κόστος) επηρεάζει την απόδοση της εφ.αλυσίδας;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**10. Ερώτηση 10**

Σε ποιο βαθμό επηρεάζει ο παράγοντας της Βιομηχανικής Παραγωγής την απόδοση της εφ.αλυσίδας;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**11. Ερώτηση 11 \***

Ποια η σημασία των τεχνολογικών εξελίξεων στην απόδοση της εφ.αλυσίδας;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ









**20. Ερώτηση 20 \***

Τα φυσικά φαινόμενα (πυρκαγιές, σεισμοί κτλ.) επηρεάζουν την απόδοση της εφ.αλυσίδας;

*Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Αρνητικά Πάρα Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Θετικά Πάρα Πολύ

**21. Ερώτηση 21**

Υπάρχουν άλλοι παράγοντες που πιστεύεται ότι επηρεάζουν την απόδοση της εφ.αλυσίδας; Αν ναι παρακαλούμε αναφερθείτε σε αυτούς.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



---

## Παράρτημα II Παραδείγματα ανίχνευσης καταστάσεων σε ΒΔ κόμβων.

---

Ακολουθούν παραδείγματα ανίχνευσης καταστάσεων και δημιουργίας κόμβων όπως αυτά υλοποιήθηκαν με τη χρήση .NET Framework σε γλώσσα προγραμματισμού C#.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.IO;

namespace EventCorrelation
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            //string path = @"c:\Events\MyTest2.txt";
            Neo4jClient.GraphClient dbclient = new Neo4jClient.GraphClient(new
            Uri("http://localhost:7474/db/data"));
            dbclient.Connect();

            Console.WriteLine("Connected to NodeDB!");
            int counter_sc1 = 0;
            int counter_sc1a = 0;
            int counter_sc2 = 0;
            int counter_sc3 = 0;
            int counter_sc4 = 0;
            int counter_sc5 = 0;
            try
            {
                //scenario 1 detection
```

```

var scenario1 = dbclient.Cypher
.Match(" (e0:Event),(e1:Event),(e2:Event),(e3:Event),(t:transporter)")
.Where("e0-->(t)")
.AndWhere("(e1)-->(t)<--(e2)")
.AndWhere("(e3)-->(t)")
.AndWhere("e0.eventExplanation='Employees on strike, Delivery date will be delayed.'
and e0.eventDegree='critical'")
.AndWhere("e1.eventExplanation='Employees on strike, Delivery date will be delayed.'
and e1.eventDegree='critical' AND e3.eventExplanation='Problem on transport.Number of
products damaged during transport.'")
.AndWhere("e2.eventExplanation='Truck failure.Delays.' and e2.eventDegree='critical'
AND e0.eventTime<e1.eventTime and e1.eventTime < e2.eventTime AND e2.eventTime
=e3.eventTime")
.Return((e0,e1, e2, e3, t) => new { event0=e0.As<Event>(),event1 = e1.As<Event>(), event2
= e2.As<Event>(), event3 = e3.As<Event>(), tr = t.As<transporter>() })
.Results;

var scenario1_a = dbclient.Cypher
.Match(" (e0:Event),(e1:Event),(e2:Event),(t:transporter)")
.Where("e0-->(t)")
.AndWhere("(e1)-->(t)<--(e2)")
.AndWhere("e0.eventExplanation='Employees on strike, Delivery date will be delayed.' and
e0.eventDegree='critical'")
.AndWhere("e1.eventExplanation='Employees on strike, Delivery date will be delayed.' and
e1.eventDegree='critical' ")
.AndWhere("e2.eventExplanation='Truck failure.Delays.' and e2.eventDegree='critical' AND
e0.eventTime<e1.eventTime and e1.eventTime < e2.eventTime")
.Return((e0, e1, e2, t) => new { event0 = e0.As<Event>(), event1 = e1.As<Event>(), event2 =
e2.As<Event>(), tr = t.As<transporter>() })
.Results;

foreach (var v_scenario1 in scenario1)
{
    TimeSpan i= v_scenario1.event1.eventTime.Subtract(v_scenario1.event0.eventTime);

    double d = i.TotalDays;

    if (d >= 2)
    {

        long id1 = Convert.ToInt64(v_scenario1.event1.eventID.Substring(1));
        long id2 = Convert.ToInt64(v_scenario1.event2.eventID.Substring(1));
        long id3 = Convert.ToInt64(v_scenario1.event3.eventID.Substring(1));
        long id = id1 + id2 + id3;
        string e2bld = "b2b" + id.ToString();
        DateTime e2bdatetime = DateTime.Now;
    }
}

```

```

        int e2bdur = v_scenario1.event1.eventDuration + v_scenario1.event2.eventDuration +
v_scenario1.event3.eventDuration;
        counter_sc1 = counter_sc1 + 1;
        CreateB2BEventNode(e2bld, e2bdatetime, e2bdur, "ComplexEvent", "High", "e2b",
"transporter");
        Connect2Events(v_scenario1.event1.eventID,          v_scenario1.event2.eventID,
e2bld,v_scenario1.event3.eventID);
    }
}

foreach (var v_scenario1a in scenario1_a)
{
    TimeSpan i = v_scenario1a.event1.eventTime.Subtract(v_scenario1a.event0.eventTime);

    double d = i.TotalDays;

    if (d >= 2)
    {

        long id1 = Convert.ToInt64(v_scenario1.event1.eventID.Substring(1));
        long id2 = Convert.ToInt64(v_scenario1.event2.eventID.Substring(1));
        long id3 = Convert.ToInt64(v_scenario1.event3.eventID.Substring(1));
        long id = id1 + id2 + id3;
        string e2bld = "b2b" + id.ToString();
        DateTime e2bdatetime = DateTime.Now;
        int e2bdur = v_scenario1.event1.eventDuration + v_scenario1.event2.eventDuration +
v_scenario1.event3.eventDuration;
        counter_sc1a = counter_sc1 + 1;
        CreateB2BEventNode(e2bld, e2bdatetime, e2bdur, "ComplexEvent", "High", "e2b",
"transporter");
        Connect2Events(v_scenario1.event1.eventID,          v_scenario1.event2.eventID,
e2bld,v_scenario1.event3.eventID);
    }
}

}
catch (AggregateException e) {

    Console.WriteLine("Exception.");
}
//scenario 2 detection

var scenario2 = dbclient.Cypher
.Match("(e1:Event),(e2:Event),(e3:Event),(xe4:exEvent),(s:supplier)")
.Where("(e1)-->(s)<--(e2)")
.AndWhere("(e3)-->(s)<--(xe4)")

```

```

.AndWhere("e1.eventExplanation='Problem on product specification.' AND
e2.eventExplanation='Machine Failure.' AND e3.eventExplanation='Insufficient Quantity.' AND
xe4.eventExplanation='Loan Application Rejected.'")
.AndWhere("e1.eventTime < e2.eventTime AND e2.eventTime>xe4.eventTime AND
xe4.eventTime<e3.eventTime and e3.eventTime=e1.eventTime")
.Return((e1, e2, e3, xe4 ,s) => new { event1 = e1.As<Event>(), event2 = e2.As<Event>(),
event3 = e3.As<Event>(), event4 = xe4.As<Event>() , sup=s.As<supplier>()})
.Results;

foreach (var v_scenario2 in scenario2)
{
    TimeSpan i = v_scenario2.event2.eventTime.Subtract(v_scenario2.event4.eventTime);
    TimeSpan x = v_scenario2.event2.eventTime.Subtract(v_scenario2.event1.eventTime);
    double d = i.TotalDays;
    double z = x.TotalDays;
    if (d <= 4)
    {
        if (z <= 2)
        {

            long id1 = Convert.ToInt64(v_scenario2.event1.eventID.Substring(1));
            long id2 = Convert.ToInt64(v_scenario2.event2.eventID.Substring(1));
            long id3 = Convert.ToInt64(v_scenario2.event3.eventID.Substring(1));
            long id4 = Convert.ToInt64(v_scenario2.event4.eventID.Substring(2));
            long id = id1 + id2 + id3;
            string e2bld = "b2b" + id.ToString();
            string en2bld = "en2b" + id.ToString();
            DateTime e2bdatetime = DateTime.Now;
            int e2bdur = v_scenario2.event1.eventDuration + v_scenario2.event2.eventDuration +
v_scenario2.event3.eventDuration;
            int en2bdur = v_scenario2.event1.eventDuration + v_scenario2.event4.eventDuration;
            counter_sc2 = counter_sc2 + 1;
            CreateB2BEventNode(e2bld, e2bdatetime, e2bdur, "ComplexEvent", "High", "e2b",
"supplier");
            CreateEN2BEventNode(en2bld, v_scenario2.event1.eventTime,
en2bdur,"ComplexEvent", "High", "en2b", "supplier");
            Connect2Events(v_scenario2.event1.eventID, v_scenario2.event2.eventID, e2bld,
v_scenario2.event3.eventID);
            Connect2exEvents(v_scenario2.event1.eventID, v_scenario2.event4.eventID, en2bld);
        }
    }
}

//scenario 3 detection

var scenario3 = dbclient.Cypher
.Match("(e1:Event),(e2:Event),(xe3:exEvent),(t:transporter)")
.Where("(e1)-->(t)<--(e2)")

```

```

.AndWhere("(xe3)-->(t)")
.AndWhere("e1.eventExplanation='Truck failure.Delays.'")
.AndWhere("e2.eventExplanation='Problem on transport.Number of products damaged
during transport.'")
.AndWhere("xe3.eventExplanation='Road Closed, Detour must be taken.'")
.AndWhere("e1.eventTime >xe3.eventTime AND xe3.eventTime<e2.eventTime and
e1.eventTime<e2.eventTime")
.Return((e1, e2, xe3, t) => new { event1 = e1.As<Event>(), event2 = e2.As<Event>(), event3 =
xe3.As<Event>(), tr = t.As<transporter>() })
.Results;

```

```
// scenario 3 Composite event creation and event association.
```

```

foreach (var v_scenario3 in scenario3)
{
//TimeSpan i = v_scenario3.event2.eventTime.Subtract(v_scenario3.event4.eventTime);

long id1 = Convert.ToInt64(v_scenario3.event1.eventID.Substring(1));
long id2 = Convert.ToInt64(v_scenario3.event2.eventID.Substring(1));
long id3 = Convert.ToInt64(v_scenario3.event3.eventID.Substring(2));
long id = id1 + id2 + id3;
string en2bld = "en2b" + id.ToString();
DateTime en2bdatetime = DateTime.Now;
int en2bdur = v_scenario3.event1.eventDuration + v_scenario3.event2.eventDuration +
v_scenario3.event3.eventDuration;
counter_sc3 = counter_sc3 + 1;

CreateEN2BEventNode(en2bld, en2bdatetime, en2bdur, "Complex Event", "High",
v_scenario3.tr.transporterID, "transporter");
Connect2exEvents(v_scenario3.event1.eventID, v_scenario3.event2.eventID, en2bld);
Connect2exEvents(v_scenario3.event3.eventID, v_scenario3.event2.eventID, en2bld);
}

```

```
//scenario 4 detection
```

```

var scenario4 = dbclient.Cypher
.Match("(xe1:exEvent),(e2:Event),(s:supplier), (e3:Event)")
.Where("(xe1)-->(s)<--(e2)")
.AndWhere("(e3)-->(s)")
.AndWhere("xe1.eventExplanation='The merger agreement has been canceled.'")
.AndWhere("e2.eventExplanation='Employees on strike, Delivery date will be delayed.'")
.AndWhere("e3.eventExplanation='Employees on strike, Delivery date will be delayed.'")
.AndWhere("xe1.eventTime < e2.eventTime and e2.eventTime<e3.eventTime")
.Return((xe1, e2,e3, s) => new { event1 = xe1.As<Event>(), event2 = e2.As<Event>(), s =
s.As<supplier>(), event3=e3.As<Event>() })
.Results;

```

```

//scenario 4 Composite event creation and event association.

foreach (var v_scenario4 in scenario4)
{
    TimeSpan i = v_scenario4.event3.eventTime.Subtract(v_scenario4.event2.eventTime);

    double d = i.TotalDays;

    if (d == 4) {

        long id1 = Convert.ToInt64(v_scenario4.event1.eventID.Substring(2));
        long id2 = Convert.ToInt64(v_scenario4.event2.eventID.Substring(1));
        long id = id1 + id2;
        string en2bld = "en2b" + id.ToString();
        DateTime en2bdatetime = DateTime.Now;
        int en2bdur = v_scenario4.event1.eventDuration + v_scenario4.event2.eventDuration ;
        counter_sc4=counter_sc4+1;
        CreateEN2BEventNode(en2bld, en2bdatetime, en2bdur, "Complex Event", "High",
v_scenario4.s.supplierID, "supplier");
        Connect2exEvents(v_scenario4.event1.eventID, v_scenario4.event2.eventID, en2bld);

    }
}

//scenario 5 detection

var scenario5 = dbclient.Cypher
.Match("(xe1:exEvent),(xe2:exEvent),(t:transporter), (xe3:exEvent)")
.Where("(xe1)-->(t)<--(xe2)")
.AndWhere("(xe3)-->(t)")
.AndWhere("'xe1.eventExplanation='Bad Weather conditions.Delays may occur.'")
.AndWhere("'xe2.eventExplanation='Road Closed,Detour must be taken.'")
.AndWhere("'xe3.eventExplanation='Truck had a road accident.'")
.AndWhere("'xe1.eventTime < xe2.eventTime and xe2.eventTime>xe3.eventTime")
.Return((xe1, xe2, xe3, t) => new { event1 = xe1.As<Event>(), event2 = xe2.As<Event>(), t =
t.As<transporter>(), event3 = xe3.As<Event>() })
.Results;

foreach (var v_scenario5 in scenario5)
{
    TimeSpan i = v_scenario5.event2.eventTime.Subtract(v_scenario5.event1.eventTime);

    double d = i.TotalDays;

```

```

if (d == 2)
{

    long id1 = Convert.ToInt64(v_scenario5.event1.eventID.Substring(2));
    long id2 = Convert.ToInt64(v_scenario5.event2.eventID.Substring(2));
    long id = id1 + id2;
    string en2bld = "en2b" + id.ToString();
    DateTime en2bdatetime = DateTime.Now;
    int en2bdur = v_scenario5.event1.eventDuration + v_scenario5.event2.eventDuration;
    counter_sc5 = counter_sc5 + 1;
    CreateEN2BEventNode(en2bld, en2bdatetime, en2bdur, "Complex Event", "High",
v_scenario4.s.supplierID, "supplier");
    Connect2exEvents(v_scenario4.event1.eventID, v_scenario4.event2.eventID, en2bld);

}
}
Console.WriteLine("scenario1:" + counter_sc1.ToString());
Console.WriteLine("scenario1a:" + counter_sc1a.ToString());
Console.WriteLine("scenario2:" + counter_sc2.ToString());
Console.WriteLine("scenario3:" + counter_sc3.ToString());
Console.WriteLine("scenario4:" + counter_sc4.ToString());
Console.WriteLine("scenario5:" + counter_sc5.ToString());
Console.ReadKey();

}

public class Event
{
    public string eventID { get; set; }
    public DateTime eventTime { get; set; }
    public int eventDuration { get; set; }
    public string eventExplanation { get; set; }
    public string eventDegree { get; set; }
}

public class b2bEvent
{
    public string eventID { get; set; }
    public DateTime eventTime { get; set; }
    public int eventDuration { get; set; }
    public string eventExplanation { get; set; }
    public string eventDegree { get; set; }
}

public class o2bEvent
{
    public string eventID { get; set; }

```

```

    public DateTime eventTime { get; set; }
    public int eventDuration { get; set; }
    public string eventExplanation { get; set; }
    public string eventDegree { get; set; }
}

public class en2bEvent
{
    public string eventID { get; set; }
    public DateTime eventTime { get; set; }
    public int eventDuration { get; set; }
    public string eventExplanation { get; set; }
    public string eventDegree { get; set; }
}

public class supplier
{
    public string supplierID { get; set; }
    public string title { get; set; }
    public string Location { get; set; }
}

public class transporter
{
    public string transporterID { get; set; }
    public string title { get; set; }
    public string Location { get; set; }
}

public static void CreateB2BEventNode(string e_id, DateTime e_date, int e_duration, string
e_explanation, string e_degree, string eventProducerId, string eventProducer)
{
    Neo4jClient.GraphClient client = new Neo4jClient.GraphClient(new
Uri("http://localhost:7474/db/data"));
    client.Connect();
    var newEvent = new b2bEvent { eventID = e_id, eventTime = e_date, eventDuration =
e_duration, eventExplanation = e_explanation, eventDegree = e_degree };
    client.Cypher
        .Merge("(event:b2bEvent { eventID: {e_id} })")
        .OnCreate()
        .Set("event={newEvent}")
        .WithParams(new { e_id = newEvent.eventID, newEvent })
        // .WithParam("newEvent", newEvent)
        .ExecuteWithoutResults();
}

```



```

public static void CreateEN2BEventNode(string e_id, DateTime e_date, int e_duration, string
e_explanation, string e_degree, string eventProducerId, string eventProducer)
{
    Neo4jClient.GraphClient client = new Neo4jClient.GraphClient(new
Uri("http://localhost:7474/db/data"));
    client.Connect();
    var newEvent = new b2bEvent { eventID = e_id, eventTime = e_date, eventDuration =
e_duration, eventExplanation = e_explanation, eventDegree = e_degree };
    client.Cypher
        .Merge("(event:en2bEvent { eventID: {e_id} })")
        .OnCreate()
        .Set("event={newEvent}")
        .WithParams(new { e_id = newEvent.eventID, newEvent })
        // .WithParam("newEvent", newEvent)
        .ExecuteWithoutResults();
}

```

```

public static void CreateO2BEventNode(string e_id, DateTime e_date, int e_duration, string
e_explanation, string e_degree, string eventProducerId, string eventProducer)
{
    Neo4jClient.GraphClient client = new Neo4jClient.GraphClient(new
Uri("http://localhost:7474/db/data"));
    client.Connect();
    var newEvent = new b2bEvent { eventID = e_id, eventTime = e_date, eventDuration =
e_duration, eventExplanation = e_explanation, eventDegree = e_degree };
    client.Cypher
        .Merge("(event:o2bEvent { eventID: {e_id} })")
        .OnCreate()
        .Set("event={newEvent}")
        .WithParams(new { e_id = newEvent.eventID, newEvent })
        // .WithParam("newEvent", newEvent)
        .ExecuteWithoutResults();
}

```

```

public static void Connect2Events(string eventid1, string eventid2, string eventid3, string
e2bId)
{
    Neo4jClient.GraphClient client = new Neo4jClient.GraphClient(new
Uri("http://localhost:7474/db/data"));
    client.Connect();
    client.Cypher
        .Match("(b2b:b2bEvent), (e1:Event), (e2:Event), (e3:Event)")
        .Where("e1.eventID='" + eventid1 + "' AND e2.eventID='" + eventid2 + "' AND
b2b.eventID='" + e2bId + "' AND e3.eventID='" + eventid3 + "'")
        .CreateUnique("e1-[:Assosiated]-e2-[:Correlated]-b2b-[:Correlated]-e1-[:Assosiated]-e3-
[:Correlated]-b2b")
}

```

```

        .ExecuteWithoutResults();
    }

    public static void Connect2exEvents(string eventid1, string eventid2, string en2bld)
    {
        Neo4jClient.GraphClient client = new Neo4jClient.GraphClient(new
Uri("http://localhost:7474/db/data"));
        client.Connect();
        client.Cypher
            .Match("(en2b:en2bEvent), (e1:Event), (e2:Event)")
            .Where("e1.eventID=" + eventid1 + " AND e2.eventID=" + eventid2 + " AND
en2b.eventID=" + en2bld + "")
            .CreateUnique("e1-[:Assosiated]-e2-[:Correlated]-en2b-[:Correlated]-e1-[:Assosiated]")
            .ExecuteWithoutResults();
    }

    public static void ConnectO2BEvents(string eventid1, string eventid2, string e2bld)
    {
        Neo4jClient.GraphClient client = new Neo4jClient.GraphClient(new
Uri("http://localhost:7474/db/data"));
        client.Connect();
        client.Cypher
            .Match("(b2b:b2bEvent), (e1:Event), (e2:Event)")
            .Where("e1.eventID=" + eventid1 + " AND e2.eventID=" + eventid2 + " AND
o2b.eventID=" + e2bld + "")
            .CreateUnique("e1-[:Assosiated]-e2-[:Correlated]-o2b")
            .ExecuteWithoutResults();
    }
}
}
}

```

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III Δημιουργία και ενημέρωση δικτύου BAYES

---

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζεται, αρχικά η δημιουργία δικτύου Bayes «on the fly» και ακολούθως η ενημέρωση των κόμβων αυτού. Χρησιμοποιήθηκε .NET Framework και η βιβλιοθήκη .SMILE σε γλώσσα προγραμματισμού C#.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Web;
using System.Data;
namespace BNService
{
    public class clsInferenceData
    {

        public static double[] SupplierInfereneceTable(string v_sup)
        {
            DataTable dt = new DataTable();
            dt = clsQueries.SupplierEventReliability(v_sup, "SupplierEventAdmin");
            double x_eAdmin = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
            if (x_eAdmin == 0)
            { x_eAdmin = 0.02; }
            double z_eAdmin = 1 - x_eAdmin;

            dt = clsQueries.SupplierEventReliability(v_sup, "SupplierEventQuantity");
            double x_eQuan = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
            if (x_eQuan == 0)
            { x_eQuan = 0.025; }
            double z_eQuan = 1 - x_eQuan;

            dt = clsQueries.SupplierEventReliability(v_sup, "SupplierEventExternal");
            double x_eExt = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
```

```

if (x_eExt == 0)
{ x_eExt = 0.035; }
double z_eExt = 1 - x_eExt;

```

```

dt = clsQueries.SupplierEventReliability(v_sup, "SupplierEventEquipment");
double x_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eEqu==0)
{ x_eEqu =0.025; }
double z_eEqu = 1 - x_eEqu;

```

```

dt      =      clsQueries.Supplier2EventCompReliability(v_sup,      "SupplierEventAdmin",
"SupplierEventQuantity");
double x_eAdmin_eQuan = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eQuan == 0)
{ x_eAdmin_eQuan = 0.15; }
double z_eAdmin_eQuan = 1 - x_eAdmin_eQuan;

```

```

dt      =      clsQueries.Supplier2EventCompReliability(v_sup,      "SupplierEventAdmin",
"SupplierEventExternal");
double x_eAdmin_eExt = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eAdmin_eExt==0)
{ x_eAdmin_eExt = 0.16; }
double z_eAdmin_eExt = 1 - x_eAdmin_eExt;

```

```

dt      =      clsQueries.Supplier2EventCompReliability(v_sup,      "SupplierEventAdmin",
"SupplierEventEquipment");
double x_eAdmin_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eEqu==0)
{
  x_eAdmin_eEqu = 0.2;
}
double z_eAdmin_eEqu = 1 - x_eAdmin_eEqu;

```

```

dt      =      clsQueries.Supplier2EventCompReliability(v_sup,      "SupplierEventQuantity",
"SupplierEventExternal");
double x_eQuan_eExt = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eQuan_eExt==0)
{ x_eQuan_eExt = 0.25; }
double z_eQuan_eExt = 1 - x_eQuan_eExt;

```

```

dt      =      clsQueries.Supplier2EventCompReliability(v_sup,      "SupplierEventQuantity",
"SupplierEventEquipment");
double x_eQuan_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eQuan_eEqu==0)
{
  x_eQuan_eEqu=0.22;
}

```

```

double z_eQuan_eEqu = 1 - x_eQuan_eEqu;

dt = clsQueries.Supplier2EventCompReliability(v_sup, "SupplierEventExternal",
"SupplierEventEquipment");
double x_eExt_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eExt_eEqu==0)
{
x_eExt_eEqu = 0.21;
}
double z_eExt_eEqu = 1 - x_eExt_eEqu;

dt = clsQueries.Supplier3EventCompReliability(v_sup, "SupplierEventAdmin",
"SupplierEventQuantity", "SupplierEventExternal");
double x_eAdmin_eQuan_eExt = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eAdmin_eQuan_eExt==0)
{
x_eAdmin_eQuan_eExt = 0.28;
}
double z_eAdmin_eQuan_eExt = 1 - x_eAdmin_eQuan_eExt;

dt = clsQueries.Supplier3EventCompReliability(v_sup, "SupplierEventAdmin",
"SupplierEventQuantity", "SupplierEventEquipment");
double x_eAdmin_eQuan_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eAdmin_eQuan_eEqu==0)
{
x_eAdmin_eQuan_eEqu = 0.3;
}
double z_eAdmin_eQuan_eEqu = 1 - x_eAdmin_eQuan_eEqu;

dt = clsQueries.Supplier3EventCompReliability(v_sup, "SupplierEventExternal",
"SupplierEventQuantity", "SupplierEventEquipment");
double x_eExt_eQuan_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eAdmin_eQuan_eEqu==0)
{
x_eAdmin_eQuan_eEqu = 0.32;
}
double z_eExt_eQuan_eEqu = 1 - x_eExt_eQuan_eEqu;

dt = clsQueries.Supplier3EventCompReliability(v_sup, "SupplierEventExternal",
"SupplierEventAdmin", "SupplierEventEquipment");
double x_eExt_eAdmin_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eExt_eAdmin_eEqu==0)
{
x_eExt_eAdmin_eEqu = 0.33;
}
double z_eExt_eAdmin_eEqu = 1 - x_eExt_eAdmin_eEqu;

dt = clsQueries.Supplier4EventCompReliability(v_sup);

```

```

double x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan==0)
{
    x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan = 0.37;
}
double z_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan = 1 - x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan;

double[] aSupRelDef = {0.05, 0.95, x_eEqu, z_eEqu, x_eExt,z_eExt,
x_eExt_eEqu,z_eExt_eEqu,
x_eQuan,z_eQuan,x_eQuan_eEqu,z_eQuan_eEqu,x_eQuan_eExt,z_eQuan_eExt,x_eExt_eQuan
_eEqu,z_eExt_eQuan_eEqu,
x_eAdmin,z_eAdmin,x_eAdmin_eEqu,z_eAdmin_eEqu,x_eAdmin_eExt,z_eAdmin_eExt,x_eExt_
eAdmin_eEqu,z_eExt_eAdmin_eEqu,
x_eAdmin_eQuan,z_eAdmin_eQuan,x_eAdmin_eQuan_eEqu,z_eAdmin_eQuan_eEqu,x_eAdm
in_eQuan_eExt,z_eAdmin_eQuan_eExt,x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan,z_eExt_eAdmin_eEqu_e
Quan};

return aSupRelDef;
}

public static double[] TPLInferenceTable(string v_tpl)
{

    DataTable dt = new DataTable();
    dt = clsQueries.TPLEventCompReliability(v_tpl, "TPLEventAdmin");
    double x_AdminSupD = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
    if (x_AdminSupD == 0)
    {
        x_AdminSupD = 0.15;
    }
    double z_AdminSupD = 1 - x_AdminSupD;

    dt = clsQueries.TPLEventCompReliability(v_tpl, "TPLEventEquipment");
    double x_EquSupD = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
    if (x_EquSupD == 0)
    {
        x_EquSupD = 0.2;
    }
    double z_EquSupD = 1 - x_EquSupD;

    dt = clsQueries.TPLEventCompReliability(v_tpl, "TPLEventQuantity");
    double x_QuanSupD = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);

```

```

if (x_QuanSupD == 0)
{
    x_QuanSupD = 0.25;
}
double z_QuanSupD = 1 - x_QuanSupD;

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventExternal");
double x_ExtSupD = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_ExtSupD == 0)
{
    x_ExtSupD = 0.175;
}
double z_ExtSupD = 1 - x_ExtSupD;

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventAdmin", "TPLEventQuantity");
double x_eAdmin_eQuan = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eQuan == 0)
{ x_eAdmin_eQuan = 0.35; }
double z_eAdmin_eQuan = 1 - x_eAdmin_eQuan;

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventAdmin", "TPLEventExternal");
double x_eAdmin_eExt = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eExt == 0)
{ x_eAdmin_eExt = 0.33; }
double z_eAdmin_eExt = 1 - x_eAdmin_eExt;

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventAdmin", "TPLEventEquipment");
double x_eAdmin_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eEqu == 0)
{ x_eAdmin_eEqu = 0.3; }
double z_eAdmin_eEqu = 1 - x_eAdmin_eEqu;

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventQuantity", "TPLEventExternal");
double x_eQuan_eExt = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eQuan_eExt == 0)
{ x_eQuan_eExt = 0.35; }
double z_eQuan_eExt = 1 - x_eQuan_eExt;

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventQuantity",
"TPLEventEquipment");
double x_eQuan_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eQuan_eEqu==0)
{
    x_eQuan_eEqu = 0.27;
}
double z_eQuan_eEqu = 1 - x_eQuan_eEqu;

```

```

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventExternal",
"TPLEventEquipment");
double x_eExt_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if(x_eExt_eEqu==0)
{
x_eExt_eEqu = 0.28;
}
double z_eExt_eEqu = 1 - x_eExt_eEqu;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventAdmin", "TPLEventQuantity",
"TPLEventExternal");
double x_eAdmin_eQuan_eExt = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eQuan_eExt == 0)
{
x_eAdmin_eQuan_eExt = 0.375;
}

double z_eAdmin_eQuan_eExt = 1 - x_eAdmin_eQuan_eExt;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventAdmin", "TPLEventQuantity",
"TPLEventEquipment");
double x_eAdmin_eQuan_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eQuan_eEqu == 0)
{
x_eAdmin_eQuan_eEqu = 0.385;
}

double z_eAdmin_eQuan_eEqu = 1 - x_eAdmin_eQuan_eEqu;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventExternal", "TPLEventQuantity",
"TPLEventEquipment");
double x_eExt_eQuan_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eExt_eQuan_eEqu == 0)
{
x_eExt_eQuan_eEqu = 0.385;
}
double z_eExt_eQuan_eEqu = 1 - x_eExt_eQuan_eEqu;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliability(v_tpl, "TPLEventExternal", "TPLEventAdmin",
"TPLEventEquipment");
double x_eExt_eAdmin_eEqu = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eExt_eAdmin_eEqu == 0)
{
x_eExt_eAdmin_eEqu = 0.365;
}
double z_eExt_eAdmin_eEqu = 1 - x_eExt_eAdmin_eEqu;

dt = clsQueries.TPL4EventCompReliability(v_tpl);

```



```

double x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan == 0)
{
    x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan = 0.485;
}
double z_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan = 1 - x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan;

```

```

dt = clsQueries.TPLeventCompReliabilitySupRel(v_tpl, "TPLeventAdmin");
double x_AdminSupR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_AdminSupR == 0)
{
    x_AdminSupR = 0.05;
}
double z_AdminSupR = 1 - x_AdminSupR;

```

```

dt = clsQueries.TPLeventCompReliabilitySupRel(v_tpl, "TPLeventAdmin");
double x_EquSupR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_EquSupR == 0)
{
    x_EquSupR = 0.025;
}
double z_EquSupR = 1 - x_EquSupR;

```

```

dt = clsQueries.TPLeventCompReliabilitySupRel(v_tpl, "TPLeventQuantity");
double x_QuanSupR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_QuanSupR == 0)
{
    x_QuanSupR = 0.025;
}
double z_QuanSupR = 1 - x_QuanSupR;

```

```

dt = clsQueries.TPLeventCompReliabilitySupRel(v_tpl, "TPLeventExternal");
double x_ExtSupR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_ExtSupR == 0)
{
    x_ExtSupR = 0.045;
}
double z_ExtSupR = 1 - x_ExtSupR;

```

```

dt = clsQueries.TPL2EventCompReliabilitySupRel(v_tpl, "TPLeventAdmin",
"TPLeventQuantity");
double x_eAdmin_eQuanR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eQuanR == 0)
{ x_eAdmin_eQuanR = 0.15; }
double z_eAdmin_eQuanR = 1 - x_eAdmin_eQuanR;

```

```

dt      =      clsQueries.TPL2EventCompReliabilitySupRel(v_tpl,      "TPLEventAdmin",
"TPLEventExternal");
double x_eAdmin_eExtR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eExtR == 0)
{ x_eAdmin_eExtR = 0.175; }
double z_eAdmin_eExtR = 1 - x_eAdmin_eExtR;

dt      =      clsQueries.TPL2EventCompReliabilitySupRel(v_tpl,      "TPLEventAdmin",
"TPLEventEquipment");
double x_eAdmin_eEquR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eEquR == 0)
{ x_eAdmin_eEquR = 0.175; }
double z_eAdmin_eEquR = 1 - x_eAdmin_eEquR;

dt      =      clsQueries.TPL2EventCompReliabilitySupRel(v_tpl,      "TPLEventQuantity",
"TPLEventExternal");
double x_eQuan_eExtR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eQuan_eExtR == 0)
{ x_eQuan_eExtR = 0.135; }
double z_eQuan_eExtR = 1 - x_eQuan_eExtR;

dt      =      clsQueries.TPL2EventCompReliabilitySupRel(v_tpl,      "TPLEventQuantity",
"TPLEventEquipment");
double x_eQuan_eEquR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eQuan_eEquR == 0)
{ x_eQuan_eEquR = 0.135; }
double z_eQuan_eEquR = 1 - x_eQuan_eEquR;

dt      =      clsQueries.TPL2EventCompReliabilitySupRel(v_tpl,      "TPLEventExternal",
"TPLEventEquipment");
double x_eExt_eEquR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eExt_eEquR == 0)
{ x_eExt_eEquR = 0.125; }
double z_eExt_eEquR = 1 - x_eExt_eEquR;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliabilityRel(v_tpl, "TPLEventAdmin", "TPLEventQuantity",
"TPLEventExternal");
double x_eAdmin_eQuan_eExtR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eQuan_eExtR == 0)
{ x_eAdmin_eQuan_eExtR = 0.235; }
double z_eAdmin_eQuan_eExtR = 1 - x_eAdmin_eQuan_eExtR;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliabilityRel(v_tpl, "TPLEventAdmin", "TPLEventQuantity",
"TPLEventEquipment");
double x_eAdmin_eQuan_eEquR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eAdmin_eQuan_eEquR == 0)
{ x_eAdmin_eQuan_eEquR = 0.225; }

```

```

double z_eAdmin_eQuan_eEquR = 1 - x_eAdmin_eQuan_eEquR;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliabilityRel(v_tpl, "TPLEventExternal",
"TPLEventQuantity", "TPLEventEquipment");
double x_eExt_eQuan_eEquR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eExt_eQuan_eEquR == 0)
{ x_eExt_eQuan_eEquR = 0.235; }
double z_eExt_eQuan_eEquR = 1 - x_eExt_eQuan_eEquR;

dt = clsQueries.TPL3EventCompReliabilityRel(v_tpl, "TPLEventExternal", "TPLEventAdmin",
"TPLEventEquipment");
double x_eExt_eAdmin_eEquR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eExt_eAdmin_eEquR == 0)
{ x_eExt_eAdmin_eEquR = 0.235; }

double z_eExt_eAdmin_eEquR = 1 - x_eExt_eAdmin_eEquR;

dt = clsQueries.TPL4EventCompReliabilityRel(v_tpl);
double x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuanR = Convert.ToDouble(dt.Rows[0][0]);
if (x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuanR == 0)
{ x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuanR = 0.335; }
double z_eExt_eAdmin_eEqu_eQuanR = 1 - x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuanR;

double[] a3plRelDef = { 0.15, 0.85, x_EquSupD,
z_EquSupD,x_ExtSupD,z_ExtSupD,x_eExt_eEqu,z_eExt_eEqu, //1
x_QuanSupD, z_QuanSupD, x_eQuan_eEqu, z_eQuan_eEqu, x_eQuan_eExt,
z_eQuan_eExt,x_eExt_eQuan_eEqu,z_eExt_eQuan_eEqu, //2
x_AdminSupD,
z_AdminSupD,x_eAdmin_eEqu,z_eAdmin_eEqu,x_eAdmin_eExt,z_eAdmin_eExt,
x_eExt_eAdmin_eEqu, z_eExt_eAdmin_eEqu, //3
x_eAdmin_eQuan, z_eAdmin_eQuan, x_eAdmin_eQuan_eEqu,
z_eAdmin_eQuan_eEqu, x_eAdmin_eQuan_eExt,z_eAdmin_eQuan_eExt,
x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan,z_eExt_eAdmin_eEqu_eQuan, //4
0.05,0.95,x_EquSupR,z_EquSupR, x_ExtSupR,z_ExtSupR,
x_eExt_eEquR,z_eExt_eEquR, //1
x_QuanSupR,z_QuanSupR, x_eQuan_eEquR,z_eQuan_eEquR, x_eQuan_eExtR,
z_eQuan_eExtR, x_eExt_eQuan_eEquR, z_eExt_eQuan_eEquR, //2
x_AdminSupR,z_AdminSupR,x_eAdmin_eEquR ,z_eAdmin_eEquR,
x_eAdmin_eExtR,z_eAdmin_eExtR, x_eExt_eAdmin_eEquR,z_eExt_eAdmin_eEquR, //3
x_eAdmin_eQuanR, z_eAdmin_eQuanR, x_eAdmin_eQuan_eEquR,
z_eAdmin_eQuan_eEquR, x_eAdmin_eQuan_eExtR,z_eAdmin_eQuan_eExtR,
x_eExt_eAdmin_eEqu_eQuanR,z_eExt_eAdmin_eEqu_eQuanR}; //4

return a3plRelDef;
}
}
}

```

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Web;
using Oracle.ManagedDataAccess.Client;
using Oracle.ManagedDataAccess.Types;
using System.Data;

namespace BNService
{
    public class clsQueries
    {
        private static OracleConnection con;

        private static string SQL;
        private static OracleCommand cmd;
        private static OracleDataAdapter da;
        private static OracleCommandBuilder oracmd;
        private static DataTable dt;

        //connect to DB
        public static OracleConnection Connect()
        {
            string sql = "Data Source=CEP13:1521/XE; User Id=bnuser; Password=bnuser;";

            con = new OracleConnection(sql);
            con.Open();
            return con;
        }

        public static DataTable TPLEvent2Evidence(string order_id, string tpl)
        {
            SQL = @"select EVENT_TYPE
                    from TPLEVENTS
                    where EVENT_ORDERID=" + ":var1" +
                    " and EVENT_PRODUCER=" + ":var2";

            cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
            cmd.CommandType = CommandType.Text;
            OracleParameter var1 = new OracleParameter();
            OracleParameter var2 = new OracleParameter();
            var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
            var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
            var1.Value = order_id; ;
        }
    }
}

```

```

var2.Value = tpl;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

public static DataTable SupplierEvent2Evidence(string order_id, string sup)
{

    SQL = @"select EVENT_TYPE
           from SUPPLIEREVENTS
           where EVENT_ORDERID=" + ":var1" +
              " and EVENT_PRODUCER=" + ":var2";

    cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
    cmd.CommandType = CommandType.Text;
    OracleParameter var1 = new OracleParameter();
    OracleParameter var2 = new OracleParameter();
    var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
    var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
    var1.Value = order_id; ;
    var2.Value = sup;
    cmd.Parameters.Add(var1);
    cmd.Parameters.Add(var2);
    da = new OracleDataAdapter(cmd);
    dt = new DataTable();
    da.Fill(dt);
    con.Close();
    return dt;
}

public static DataTable SupplierEvent(string Supplier, string eventType)
{
    SQL = @"SELECT to_char(E/O,'0.999')
           FROM
           (SELECT COUNT(DISTINCT EVENT_SEQ) E
            FROM SUPPLIEREVENTS S, ORDERS O
            WHERE O.SUPPLIER=S.EVENT_PRODUCER
            AND o.supplier=" + ":var1" +
              " AND EVENT_TYPE=" + ":var2" +

```

```

        " ) EVENT_OC, " +
        " (SELECT (case when COUNT( DISTINCT ORDERID)=0 then 1 ELSE count(DISTINCT
ORDERID) END) O " +
        " FROM ORDERS " +
        " WHERE SUPPLIER="+ ":var1" +" ) ORDER_TOTAL";
cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = Supplier;
var2.Value = eventType;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable TPLevent(string TPL, string eventType)
{
    SQL = @"SELECT to_char(E/O,'0.999')
FROM
(SELECT COUNT(DISTINCT EVENT_SEQ) E
FROM TPLevents S, ORDERS O
WHERE O.TPL=S.EVENT_PRODUCER
AND o.TPL="+ ":var1" +
" AND EVENT_TYPE="+ ":var2" +
" ) EVENT_OC, " +
" (SELECT (case when COUNT( DISTINCT ORDERID)=0 then 1 ELSE count(DISTINCT
ORDERID) END) O" +
" FROM ORDERS " +
" WHERE TPL="+ ":var1" +" ) ORDER_TOTAL";
cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = TPL;
var2.Value = eventType;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
da = new OracleDataAdapter(cmd);

```

```

dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;

}
/*Calculate the possibility of Event Apperarence*/
public static DataTable SupplierEventReliability(string Supplier, string eventType)
{
SQL = @"SELECT to_char(E/O,'0.999')
FROM
(SELECT COUNT(DISTINCT EVENT_SEQ) E
FROM SUPPLIEREVENTS S, ORDERS O
WHERE S.EVENT_ORDERID= O.ORDERID
AND O.SUPPLIER=S.EVENT_PRODUCER
AND o.supplier=" + ":var1" +
" AND EVENT_TYPE=" + ":var2" +
" AND ORDER_STATUS IN ('Order Cancelled to Supplier') ) EVENT_OC, " +
" (SELECT (case when COUNT( DISTINCT ORDERID)=0 then 1 ELSE count(DISTINCT
ORDERID) END) O " +
" FROM ORDERS " +
" WHERE SUPPLIER=" + ":var1" + ") ORDER_TOTAL";
cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = Supplier;
var2.Value = eventType;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;

}
/*Calculate the possibility of Event Apperarence*/
public static DataTable TPLEventReliability(string TPL, string eventType)
{
SQL = @"SELECT to_char(E/O,'0.999')
FROM
(SELECT COUNT(DISTINCT EVENT_SEQ) E
FROM TPLEVENTS S, ORDERS O
WHERE S.EVENT_ORDERID= O.ORDERID
AND O.TPL=S.EVENT_PRODUCER

```

```

AND o.TPL=" + ":var1" +
" AND EVENT_TYPE=" + ":var2" +
" AND ORDER_STATUS IN ('Order Cancelled to TPL') EVENT_OC, " +
" (SELECT COUNT( DISTINCT ORDERID) O " +
" FROM ORDERS " +
" WHERE TPL=" + ":var1" + ") ORDER_TOTAL";
cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = TPL;
var2.Value = eventType;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

public static DataTable Supplier2EventCompReliability(string supplier, string eventType1,
string eventType2)
{
    SQL = @"select two_events/total_orders
    from
    ( select (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2 two_events
    from
    (select event_seq e_eq , event_orderid
    from supplierevents
    where event_type=" + ":var2" + " and event_producer=" + ":var1" + " ) Eq, " +
    "(select event_seq e_ex, event_orderid " +
    " from supplierevents" +
    " where event_type=" + ":var3" + " and event_producer=" + ":var1" + ") Ex, " +
    "(select orderid " +
    " from orders " +
    " where ORDER_STATUS='Order Cancelled to Supplier' and supplier=" + ":var1" + ") O" +
    " where eq.event_orderid=o.orderid " +
    " and o.orderid=Ex.event_orderid) a1, " +
    @"( select (case when (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2=0 then 1 else
    (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2 end) total_orders
    from

    (select event_seq e_eq , event_orderid
    from supplierevents

```



```

where event_type=" + ":var2" + " and event_producer=" + ":var1" + " ) Eq," +
@" (select event_seq e_ex, event_orderid
from supplierevents
where event_type=" + ":var3" + " and event_producer=" + ":var1" + " ) Ex" +
" where eq.event_orderid=Ex.event_orderid) a2 ";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
OracleParameter var3 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var3.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = supplier;
var2.Value = eventType1;
var3.Value = eventType2;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
cmd.Parameters.Add(var3);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable Supplier3EventCompReliability(string supplier, string eventType1,
string eventType2,string eventType3)
{
SQL = @"select three_events/total_orders
from
( select (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea))/3 three_events
from
(select event_seq e_eq , event_orderid, event_producer
from supplierevents
where event_type=" + ":var1" + " ) Eq," +
@" (select event_seq e_ex, event_orderid, event_producer
from supplierevents
where event_type=" + ":var2" + " ) Ex," +
@"(select event_seq e_ea, event_orderid, event_producer
from supplierevents
where event_type=" + ":var3" + " ) Ea," +
@"(selectorderid, supplier
from orders
where ORDER_STATUS='Order Cancelled to Supplier' and supplier=" + ":var4" + " ) O " +
@" where eq.event_orderid=o.orderid

```

```

and o.orderid=Ex.event_orderid
and ea.event_orderid=o.orderid
and ea.event_producer=eq.event_producer and eq.event_producer=ex.event_producer
and ex.event_producer=o.supplier) a1,
( select (case when (count(eq.e_eq)+count(ex.e_ex)+ count(ea.e_ea))/3=0 then 1 else
(count(eq.e_eq)+count(ex.e_ex)+ count(ea.e_ea))/3 end) as total_orders
from

```

```

(select event_seq e_eq , event_orderid, event_producer
from supplierevents
where event_type=" + ":var1" + " ) Eq," +
@"(select event_seq e_ex, event_orderid, event_producer
from supplierevents
where event_type=" + ":var2" + " ) Ex," +
@"(select event_seq e_ea, event_orderid, event_producer
from supplierevents
where event_type=" + ":var3" + " ) Ea " +
@"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid
and eq.event_orderid=ea.event_orderid
and eq.event_producer=ex.event_producer and ex.event_producer=ea.event_producer
and ea.event_producer="+ ":var4" + ") a2";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;

```

```

OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
OracleParameter var3 = new OracleParameter();
OracleParameter var4 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var3.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var4.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = eventType1;
var2.Value = eventType2;
var3.Value = eventType3;
var4.Value = supplier;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
cmd.Parameters.Add(var3);
cmd.Parameters.Add(var4);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
Console.Write(cmd.CommandText.ToString());
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable Supplier4EventCompReliability(string supplier)
{
    SQL = @"select four_events/total_orders
        from
            ( select      (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4
four_events
        from
            (select event_seq e_eq , event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventEquipment' and event_producer=" + ":var1" + " ) Eq," +
            @"(select event_seq e_ex, event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventExternal' and event_producer=" + ":var1" + " ) Ex," +
            @"(select event_seq e_ea, event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventAdmin' and event_producer=" + ":var1" + " ) Ea," +
            @"(select event_seq e_equan , event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventQuantity' and event_producer=" + ":var1" + " ) Equan,"
+
            @"(select orderid
            from orders
            where ORDER_STATUS='Order Cancelled to Supplier' and supplier=" + ":var1" + " ) O " +
            @"where eq.event_orderid=o.orderid
            and o.orderid=Ex.event_orderid
            and ea.event_orderid=o.orderid
            and equan.event_orderid=o.orderid) a1,
            (
                select
                (case
                    when
                    (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4 =0 then 1
                    else (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4 end)
as total_orders
            from

            (select event_seq e_eq , event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventEquipment' and event_producer=" + ":var1" + " ) Eq," +
            @"(select event_seq e_ex, event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventExternal' and event_producer=" + ":var1" + " ) Ex," +
            @"(select event_seq e_ea, event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventAdmin' and event_producer=" + ":var1" + " ) Ea," +
            @"(select event_seq e_equan , event_orderid
            from supplierevents
            where event_type='SupplierEventQuantity' and event_producer=" + ":var1" + " ) Equan "
+
            @"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid

```

```

and eq.event_orderid=ea.event_orderid
and eq.event_orderid=equan.event_orderid
) a2";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = supplier;
cmd.Parameters.Add(var1);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable TPLEventCompReliability(string tpl, string eventType1)

```

```

{
SQL = @"SELECT to_char(E/O,'0.999')
FROM
(select count(eu.EVENT_SEQ) E
from
(select event_seq,tplevents.EVENT_PRODUCER, event_orderid
from tplevents
where tplevents.EVENT_PRODUCER=" + ":var1" +
" AND event_type=" + ":var2" + ") eU,"+
@(select tpl,orderid
from Orders
where sup_Order_status='Order Delayed in Supplier'
and tpl_order_status='Orders Delayed in TPL'
and TPL=" + ":var1" + ") O "+
@"where O.orderid=eu.event_orderid
and O.TPL=eu.event_producer) A1,

(select (CASE when count(eu.EVENT_SEQ)=0 then 1 else count(eu.EVENT_SEQ) end) O
from
(select event_seq,tplevents.EVENT_PRODUCER, event_orderid
from tplevents
where event_type=" + ":var2" + ") eU,"+
@(select tpl,orderid
from Orders
where sup_Order_status='Order Delayed in Supplier'
and TPL=" + ":var1" + ") O "+
@" where O.orderid=eu.event_orderid
and O.TPL=eu.event_producer) A2";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());

```

```

cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
var2.Value = eventType1;

cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);

da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

public static DataTable TPL2EventCompReliability(string tpl, string eventType1, string
eventType2)
{
    SQL = @"select two_events/total_orders
    from
    ( select (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2 two_events
    from
    (select event_seq e_eq , event_orderid
    from tplevents
    where event_producer=" + ":var1" + " and event_type=" + ":var2" + " ) Eq, "+
    @"(select event_seq e_ex, event_orderid
    from tplevents
    where event_type=" + ":var3" + " and event_producer=" + ":var1" + ") Ex, "+
    @"(select orderid
    from orders
    where sup_ORDER_STATUS='Order Delayed in Supplier' and tpl_order_status='Order
    Delayed in TPL'
    and tpl=" + ":var1" + ") O "+
    @" where eq.event_orderid=o.orderid and o.orderid=Ex.event_orderid) a1,
    ( select (case when (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2=0 then 1 else
    (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2 end) total_orders
    from
    (select event_seq e_eq , event_orderid, event_producer
    from tplevents
    where event_type=" + ":var2" + " ) Eq, "+
    @"(select event_seq e_ex, event_orderid, event_producer
    from tplevents
    where event_type=" + ":var3" + " ) Ex, "+
    @"(select orderid, tpl
    from orders

```

```

where tpl="+:var1"+" and sup_ORDER_STATUS='Order Delayed in Supplier') O "+
@"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid
and ex.event_orderid=o.orderid
and o.tpl=ex.event_producer
) a2 ";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
OracleParameter var3 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var3.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
var2.Value = eventType1;
var3.Value = eventType2;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
cmd.Parameters.Add(var3);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable TPL3EventCompReliability(string tpl, string eventType1, string
eventType2, string eventType3)

```

```

{
SQL = @"select three_events/total_orders
from
( select (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea))/3 three_events
from
(select event_seq e_eq , event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var2" + " ) Eq , " +
@"(select event_seq e_ex, event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var3" + ") Ex, " +
@"(select event_seq e_ea, event_orderid,event_producer
from TPLEVENTS
where event_type="+:var4"+ ") Ea," +

@"(select orderid ,tpl
from orders
where sup_ORDER_STATUS='Order Delayed in Supplier' and tpl_order_status='Order
Delayed in TPL' "+" ) O "+

```

```

@" where eq.event_orderid=o.orderid and o.orderid=Ex.event_orderid and
ea.event_orderid=o.orderid
and ea.event_producer=eq.event_producer
and ea.event_producer=ex.event_producer
and ea.event_producer=o.tpl and o.tpl="+:var1"+" ) a1,"+
@"( select (case when (count(eq.e_eq)+count(ex.e_ex)+ count(ea.e_ea))/3=0 then 1 else
(count(eq.e_eq)+count(ex.e_ex)+ count(ea.e_ea))/3 end) total_orders
from
(select event_seq e_eq , event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var2" + " ) Eq, " +
@"(select event_seq e_ex, event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var3" + " ) Ex," +
@"(select event_seq e_ea, event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type="+:var4 "+" ) Ea,"+
@"(select orderid, tpl
from orders
where tpl=" + ":var1" + " and sup_ORDER_STATUS='Order Delayed in Supplier') O " +
@"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid
and eq.event_orderid=ea.event_orderid
and o.orderid=eq.event_orderid
and o.tpl=ex.event_producer
and o.tpl="+:var1"+" ) a2 ";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
OracleParameter var3 = new OracleParameter();
OracleParameter var4 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var3.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var4.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
var2.Value = eventType1;
var3.Value = eventType2;
var3.Value = eventType3;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
cmd.Parameters.Add(var3);
cmd.Parameters.Add(var4);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();

```

```

return dt;
}

public static DataTable TPL4EventCompReliability(string tpl)
{
    SQL = @"select four_events/total_orders
        from
        ( select      (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4
four_events
        from
        (select event_seq e_eq , event_orderid
        from tplevents
        where event_type='TPLEventEquipment' and event_producer=:var1 ) Eq,(select
event_seq e_ex, event_orderid
        from tplevents
        where event_type='TPLEventExternal' and event_producer=:var1) Ex,(select event_seq
e_ea, event_orderid
        from tplevents
        where event_type='TPLEventAdmin' and event_producer=:var1) Ea,(select event_seq
e_equan , event_orderid
        from tplevents
        where event_type='TPLEventQuantity' and event_producer=:var1 ) Equan,(select orderid
        from orders
        where sup_ORDER_STATUS='Order Cancelled to Supplier' and tpl=:var1) O where
eq.event_orderid=o.orderid
        and o.orderid=Ex.event_orderid
        and ea.event_orderid=o.orderid
        and equan.event_orderid=o.orderid) a1,
        (
            select
            (case
            when
(count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4 =0 then 1
            else (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4 end)
as total_orders
        from

        (select event_seq e_eq , event_orderid,event_producer
        from supplierevents
        where event_type='TPLEquipment' and event_producer=:var1 ) Eq,
        (select event_seq e_ex, event_orderid,event_producer
        from supplierevents
        where event_type='TPLEventExternal' and event_producer=:var1) Ex,
        (select event_seq e_ea, event_orderid,event_producer
        from supplierevents
        where event_type='TPLEventAdmin' and event_producer=:var1) Ea,
        (select event_seq e_equan , event_orderid,event_producer
        from supplierevents
        where event_type='TPLEventQuantity' and event_producer=:var1 ) Equan,
        (select orderid, tpl
        from orders

```



```

    where tpl="+:var1"+" ) O "+
    @"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid
    and eq.event_orderid=ea.event_orderid
    and eq.event_orderid=equan.event_orderid
    and o.orderid=eq.event_orderid
    and o.tpl=eq.event_producer
    and o.tpl=" + ":var1" + ") a2";
cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
cmd.Parameters.Add(var1);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable TPLEventCompReliabilitySupRel(string tpl, string eventType1)
{
    SQL = @"SELECT to_char(E/O,'0.999')
    FROM
    (select count(eu.EVENT_SEQ) E
    from
    (select event_seq,tplevents.EVENT_PRODUCER, event_orderid
    from tplevents
    where tplevents.EVENT_PRODUCER=" + ":var1" +
    " AND event_type=" + ":var2" + ") eU," +
    @"(select tpl,orderid
    from Orders
    where TPL=" + ":var1" + " and sup_ORDER_STATUS!='Order Delayed in Supplier'" + ") O
    +
    @"where O.orderid=eu.event_orderid
    and O.TPL=eu.event_producer) A1,

    (select (CASE when count(eu.EVENT_SEQ)=0 then 1 else count(eu.EVENT_SEQ) end) O
    from
    (select event_seq,tplevents.EVENT_PRODUCER, event_orderid
    from tplevents
    where event_type=" + ":var2" + ") eU," +
    @" (select tpl,orderid
    from Orders
    where TPL=" + ":var1" + ") O " +
    @" where O.orderid=eu.event_orderid
    and O.TPL=eu.event_producer) A2";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
var2.Value = eventType1;

cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);

da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}
public static DataTable TPL2EventCompReliabilitySupRel(string tpl, string eventType1, string
eventType2)
{
SQL = @"select to_char(two_events/total_orders,'0.999')
from
( select (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2 two_events
from
(select event_seq e_eq , event_orderid
from tplevents
where event_producer=" + ":var1" + " and event_type=" + ":var2" + " ) Eq, " +
@"(select event_seq e_ex, event_orderid
from tplevents
where event_type=" + ":var3" + " and event_producer=" + ":var1" + ") Ex, " +
@"(select orderid
from orders
where tpl=" + ":var1" + " and sup_ORDER_STATUS!='Order Delayed in Supplier' +") O " +
@" where eq.event_orderid=o.orderid and o.orderid=Ex.event_orderid) a1,
( select (case when (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2=0 then 1 else
(count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq))/2 end) total_orders
from
(select event_seq e_eq , event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var2" + " ) Eq, " +
@"(select event_seq e_ex, event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var3" + " ) Ex," +
@"(select orderid, tpl
from orders
where tpl=" + ":var1" + " ) O " +

```

```

@"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid
and ex.event_orderid=o.orderid
and o.tpl=ex.event_producer
) a2 ";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
OracleParameter var3 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var3.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
var2.Value = eventType1;
var3.Value = eventType2;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
cmd.Parameters.Add(var3);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable TPL3EventCompReliabilityRel(string tpl, string eventType1, string
eventType2, string eventType3)

```

```

{
SQL = @"select three_events/total_orders
from
(select (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea))/3 three_events
from
(select event_seq e_eq , event_orderid,event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var2" + " ) Eq , " +
@"(select event_seq e_ex, event_orderid,event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var3" + ") Ex, " +
@"(select event_seq e_ea, event_orderid,event_producer
from TPLEVENTS
where event_type=" + ":var4" + ") Ea," +

@"(select orderid, tpl
from orders
where sup_ORDER_STATUS!='Order Delayed in Supplier'+ ") O " +
@" where eq.event_orderid=o.orderid and o.orderid=Ex.event_orderid and
ea.event_orderid=o.orderid

```

```

and ea.event_producer=eq.event_producer
and ea.event_producer=ex.event_producer
and ea.event_producer=o.tpl and o.tpl="+:var1+" a1,"+
@" ( select (case when (count(eq.e_eq)+count(ex.e_ex)+ count(ea.e_ea))/3=0 then 1 else
(count(eq.e_eq)+count(ex.e_ex)+ count(ea.e_ea))/3 end) total_orders
from
(select event_seq e_eq , event_orderid, event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var2" + " ) Eq, " +
@"(select event_seq e_ex, event_orderid,event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var3" + " ) Ex," +
@"(select event_seq e_ea, event_orderid,event_producer
from tplevents
where event_type=" + ":var4 " + " ) Ea," +
@"(select orderid, tpl
from orders
where tpl=" + ":var1" + " and sup_ORDER_STATUS='Order Delayed in Supplier') O " +
@"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid
and eq.event_orderid=ea.event_orderid
and o.orderid=eq.event_orderid
and o.tpl=ex.event_producer
and o.tpl=" + ":var1" + " ) a2 ";

```

```

cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
OracleParameter var2 = new OracleParameter();
OracleParameter var3 = new OracleParameter();
OracleParameter var4 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var2.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var3.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var4.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
var2.Value = eventType1;
var3.Value = eventType2;
var3.Value = eventType3;
cmd.Parameters.Add(var1);
cmd.Parameters.Add(var2);
cmd.Parameters.Add(var3);
cmd.Parameters.Add(var4);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}

```

```

public static DataTable TPL4EventCompReliabilityRel(string tpl)
{
    SQL = @"select four_events/total_orders
        from
            ( select      (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4
four_events
        from
            (select event_seq e_eq , event_orderid
            from tplevents
            where event_type='TPLEventEquipment' and event_producer=:var1 ) Eq,(select
event_seq e_ex, event_orderid
            from tplevents
            where event_type='TPLEventExternal' and event_producer=:var1) Ex,(select event_seq
e_ea, event_orderid
            from tplevents
            where event_type='TPLEventAdmin' and event_producer=:var1) Ea,(select event_seq
e_equan , event_orderid
            from tplevents
            where event_type='TPLEventQuantity' and event_producer=:var1 ) Equan,(select orderid
            from orders
            where sup_ORDER_STATUS!='Order Cancelled to Supplier' and tpl=:var1) O where
eq.event_orderid=o.orderid
            and o.orderid=Ex.event_orderid
            and ea.event_orderid=o.orderid
            and equan.event_orderid=o.orderid) a1,
        (
            select
            (case
            when
(count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4 =0 then 1
            else (count(ex.e_ex)+count(eq.e_eq)+count(ea.e_ea)+count(equan.e_equan))/4 end)
as total_orders
        from

            (select event_seq e_eq , event_orderid,event_producer
            from supplierevents
            where event_type='TPLEquipment' and event_producer=:var1 ) Eq,
            (select event_seq e_ex, event_orderid,event_producer
            from supplierevents
            where event_type='TPLEventExternal' and event_producer=:var1) Ex,
            (select event_seq e_ea, event_orderid,event_producer
            from supplierevents
            where event_type='TPLEventAdmin' and event_producer=:var1) Ea,
            (select event_seq e_equan , event_orderid,event_producer
            from supplierevents
            where event_type='TPLEventQuantity' and event_producer=:var1 ) Equan,
            (select orderid, tpl
            from orders
            where tpl=" + ":var1" + " ) O " +
            @"where eq.event_orderid=Ex.event_orderid
            and eq.event_orderid=ea.event_orderid

```

```
        and eq.event_orderid=equan.event_orderid
        and o.orderid=eq.event_orderid
        and o.tpl=eq.event_producer
        and o.tpl=" + ":var1" + " ) a2";
cmd = new OracleCommand(SQL, Connect());
cmd.CommandType = CommandType.Text;
OracleParameter var1 = new OracleParameter();
var1.OracleDbType = OracleDbType.Varchar2;
var1.Value = tpl;
cmd.Parameters.Add(var1);
da = new OracleDataAdapter(cmd);
dt = new DataTable();
da.Fill(dt);
con.Close();
return dt;
}
}
}
```