

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ  
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

---

Προπτυχιακή διπλωματική εργασία

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ  
ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ: ΜΙΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Φοιτήτρια: Καραλή Αικατερίνη

Επιβλέπων Καθηγητής: Σεραφείμ Πολύζος

---



ΒΟΛΟΣ 2022

*Η εφαρμογή της εφοδιαστικής αλυσίδας στην εκτέλεση οικοδομικών έργων: μία μεθοδολογική προσέγγιση*

## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά και εγκάρδια τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Σεραφείμ Πολύζο για την βοήθεια, και υποστήριξη του τόσο κατά την φάση εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας όσο και κατά την διάρκεια των πέντε ετών φοίτησής μου στο τμήμα, προσδίδοντάς μου το κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο, το θάρρος αλλά και την εμπιστοσύνη σε κάθε βήμα υλοποίησης του συγκεκριμένου εγχειρήματος.

Ευχαριστώ επίσης τους γονείς και τους φίλους μου για την πίστη που υπέδειξαν στις ικανότητές μου.

Τέλος, αφιερώνω την παρούσα διπλωματική εργασία στον αδερφό μου Σωτήρη, με την προσδοκία να αισθάνεται περήφανος για την αδερφή του.

## Δήλωση

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ημερομηνία παράδοσης της διπλωματικής εργασίας: Ιούλιος 2022

Όνοματεπώνυμο: Καραλή Αικατερίνη

## Περίληψη

Ο κλάδος των κατασκευών αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς αναφορικά με τη συμβολή του στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη. Η διαχείριση των μεγάλων κατασκευαστικών έργων στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτεί τη χρήση σύνθετων μεθοδολογιών, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται η εφοδιαστική αλυσίδα. Η προσανατολισμένη στις κατασκευές εφοδιαστική αλυσίδα, πρόκειται για μία πολλά υποσχόμενη μέθοδο διαχείρισης, η οποία ενσωματώνει όλες τις ροές και τις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται στο έργο. Ανώτερος στόχος της είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας και η βέλτιστη εκτέλεση των έργων στο πλαίσιο του κόστους, του χρονικού προγραμματισμού και της ποιότητας. Η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί μια αρκετά σύνθετη μορφή εφοδιαστικής αλυσίδας λόγω των περίπλοκων χαρακτηριστικών των κατασκευαστικών έργων, παρέχοντας την δυνατότητα διαχείρισης πόρων, ροών και πληροφοριών και συμβάλλοντας στη μείωση του συνολικού κόστους των έργων. Στην διπλωματική εργασία αυτή αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά της εφοδιαστικής αλυσίδας στις κατασκευές και περιγράφονται συνοπτικά τα υποδείγματα της εφοδιαστικής αλυσίδας που χρησιμοποιούνται στα οικοδομικά έργα. Τέλος, προτείνεται υπόδειγμα εφοδιαστικής αλυσίδας για οικοδομικά έργα με χρήση μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο εφαρμόζεται σε συγκεκριμένο οικοδομικό έργο για την τεκμηρίωση της εγκυρότητάς του.

**Λέξεις κλειδιά:** εφοδιαστική αλυσίδα, διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, μοντελοποίηση στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, μικτός ακέραιος γραμμικός προγραμματισμός

**Title:** The application of supply chain in construction projects: a methodological approach

**Abstract**

Construction industry is one of the most important sectors in terms of its contribution to economic and social development. The management of large construction projects in most cases requires the usage of complex methodologies among which is the supply chain. The construction-oriented supply chain is a very promising supply chain which integrates all the flows and information used in the project. Its ultimate goal is to improve the efficiency and optimal execution of projects in terms of cost, time, planning and quality. The construction supply chain is a rather complex form of supply chain due to the complex characteristics of construction projects, which provides the ability to manage resources, flows and information and reduce the total cost of projects. This dissertation analyses the basic characteristics of the supply chain in construction and briefly describes the models of the supply chain used in construction projects. Finally, a supply chain model is proposed for construction projects using mixed integer linear programming, which is applied to a specific construction project to document its validity.

**Key words:** supply chain, supply chain management, construction supply chain, modeling in construction supply chain, mixed-integer programming

## Περιεχόμενα

<b>Ευχαριστίες.....</b>	<b>2</b>
<b>Περίληψη .....</b>	<b>4</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>.....</b>	<b>10</b>
1.1. Σκοπός της εργασίας .....	10
1.2. Δομή της εργασίας.....	11
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>.....</b>	<b>12</b>
2.1. Ορισμοί της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	12
2.2.Ιστορική αναδρομή της έννοιας της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	12
2.3. Ορισμοί της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	14
2.4. Οι σχέσεις διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	16
2.5.Η δομή και τα μέλη του δικτύου της εφοδιαστικής αλυσίδας .....	16
2.5.1.Οι δομικές διαστάσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας .....	17
2.6.Τα τμήματα οργάνωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	17
2.7. Σχεδιασμός και προγραμματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	19
2.7.1.Το γενικό μοντέλο της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	19
2.7.2.Η εφοδιαστική αλυσίδα ως οικονομικό σύστημα .....	20
2.7.3. Η θεωρία έλξης και ώθησης στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	20
2.8.Η διαχείριση των logistics στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	21
2.8.1.Ορισμοί διαχείρισης των logistics.....	22
2.8.2.Η διαφορά της εφοδιαστικής αλυσίδας και των logistics.....	23
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>.....</b>	<b>25</b>
3.1.Ορισμός της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα .....	25
3.1.1.Η χρησιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα.....	26
3.1.2.Τα χαρακτηριστικά της εφοδιαστικής αλυσίδας στον κατασκευαστικό κλάδο.....	27
3.2.Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των κατασκευαστικών έργων.....	29
3.2.1.Σημερινές προκλήσεις στον κατασκευαστικό κλάδο.....	29
3.2.2.Τα κύρια μέλη της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.....	30
3.2.3.Οι απαιτούμενες δεξιότητες στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα.....	31
3.2.4.Οι περιπλοκότητες στα οικοδομικά έργα και οι δυσκολίες εφαρμογής της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	32
3.3.Παράγοντες δυσκολίας προγραμματισμού ενός έργου.....	33
3.3.1.Αλλαγές στα σχέδια των κατασκευαστικών έργων.....	34

3.3.3. Η αδυναμία αξιολόγησης της χρονικής διάρκειας του έργου.....	34
3.3.4. Η πολυπλοκότητα των οικοδομικών εργασιών.....	34
3.4. Η διαχείριση των logistics στα κατασκευαστικά έργα.....	35
3.5. Οι τάσεις διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.....	35
3.5.1. Η πράσινη κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα (GSC) .....	36
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>.....</b>	<b>37</b>
4.1. Μοντέλα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	37
4.1.1. Ντετερμινιστικά μοντέλα .....	37
4.1.2. Στοχαστικά μοντέλα.....	38
4.1.3. Υβριδικά μοντέλα.....	39
4.1.4. Μοντέλα IT.....	39
4.2. Οι ανάγκες ανάπτυξης μοντέλων διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας.....	40
4.3. Περιορισμοί διαμόρφωσης των μοντέλων διαχείρισης.....	40
4.4. Μεταβλητές απόφασης της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	41
4.5. Παραδείγματα ποιοτικών μοντέλων διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.....	41
4.5.1. Οριζόντια μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας για τα βαριά κατασκευαστικά έργα.....	41
4.5.2. Κάθετα μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας για τα ελαφριά κατασκευαστικά έργα .....	42
4.5.3. Η προσέγγιση της λιτής διαχείρισης στην εφοδιαστική αλυσίδα .....	42
4.5.4. Μοντέλα SCOR.....	43
4.5.5. Το μοντέλο των συνδέσεων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας .....	44
4.5.6. Το μοντέλο ωριμότητας των σχέσεων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας ...	48
4.5.7. Η μεθοδολογία του κύκλου Deming στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα.....	53
4.6. Ποσοτικά μοντέλα διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας και μοντέλα βελτιστοποίησης.....	57
4.6.1. Ανάλυση μοντέλου μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για τη διαχείριση των logistics.....	57
4.6.2. Η δομή και οι αρχές του υποδείγματος.....	59
4.6.3. Οι υποθέσεις ανάπτυξης του μοντέλου μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού	60
4.6.4. Μεταβλητές απόφασης .....	61
4.6.5. Περιορισμοί του υποδείγματος .....	61
4.6.6. Εφαρμογή και αποτελέσματα του μοντέλου .....	62
4.6.7. Η αντικειμενική συνάρτηση του υποδείγματος γραμμικού προγραμματισμού .....	62



4.6.8.Συμπεράσματα από την εφαρμογή του μοντέλου διαχείρισης των logistics.....	62
4.8.Μοντελα προσομοίωσης.....	63
4.8.1.Η τεχνολογία των πολυπρακτορικών συστημάτων στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα .....	63
<b>Κεφάλαιο 5°.....</b>	<b>66</b>
5.1.Προτεινόμενο μαθηματικό υπόδειγμα μικτού ακέрайου γραμμικού προγραμματισμού .....	66
5.1.1.Τα χαρακτηριστικά του μαθηματικού προγραμματισμού.....	66
5.2.Ανάλυση του υποδείγματος.....	67
5.3.Παράμετροι του υποδείγματος.....	68
5.3.2. Εξωγενείς παράμετροι του υποδείγματος .....	69
5.3.3.Μεταβλητές του υποδείγματος .....	69
5.3.4.Οι περιορισμοί του υποδείγματος.....	70
5.4.Προτεινόμενο υπόδειγμα.....	76
5.5. Εφαρμογή προτεινόμενου υποδείγματος.....	77
5.5.1.Διαδικασία επίλυσης του υποδείγματος.....	81
<b>Κεφάλαιο 6°.....</b>	<b>88</b>

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Ορισμοί της Εφοδιαστικής αλυσίδας.....	15
Πίνακας 2: Οι συμμετέχοντες στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα.....	30
Πίνακας 3: Τα επίπεδα ανάπτυξης της εφοδιαστικής αλυσίδας σύμφωνα με το μοντέλο SCOR.....	43
Πίνακας 4: Οι διαμορφωμένες σχέσεις βάση του μοντέλου των συνδέσεων.....	44
Πίνακας 6: το πλαίσιο μήτρας του μοντέλου ωριμότητας.....	49
Πίνακας 7: οι ενδογενείς παράμετροι του υποδείγματος.....	68
Πίνακας 8: Οι εξωγενείς παράμετροι του υποδείγματος.....	69
Πίνακας 9: μεταβλητές του υποδείγματος.....	69
Πίνακας 10: οι σχέσεις και οι περιορισμοί του υποδείγματος.....	74
Πίνακας 11: διανομή υλικού ανά κανάλι προμήθειας.....	76
Πίνακας 12: διαδρομή η οποία ακολουθείται ανάλογα με το κανάλι προμήθειας.....	76
Πίνακας 13: κανάλια προμήθειας και υλικό διανομής.....	78
Πίνακας 14: διαδρομή ανά κανάλι τροφοδοσίας και πηγή προμήθειας.....	80
Πίνακας 15: επιπρόσθετα κόστη ανά κανάλι προμήθειας.....	81
Πίνακας 16: μέγιστη ποσότητα προμήθειας ανά κανάλι προμήθειας.....	81

Πίνακας 17: η προγραμματισμένη ποσότητα υλικού και το απόθεμα ασφαλείας ανά χρονική περίοδο βάσει του αλγορίθμου βελτιστοποίησης.....	82
Πίνακας 18: το κόστος υλικού ανά χρονική περίοδο .....	82
Πίνακας 19: μέγεθος παρτίδας $S_{ij}$ ανά χρονική περίοδο .....	85
Πίνακας 20: υπολογισμός του κόστους ανά μέγεθος παρτίδας και κανάλι τροφοδοσίας.....	85

## Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1: Κατηγοριοποίηση των μοντέλων της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	37
Σχήμα 2: κατηγοριοποίηση των ντετερμινιστικών μοντέλων, .....	38
Σχήμα 3: Ταξινόμηση των στοχαστικών μοντέλων της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	38
Σχήμα 4: Ταξινόμηση των υβριδικών μοντέλων της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	39
Σχήμα 5: Ταξινόμηση των μοντέλων IT της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	39
Σχήμα 6: Τα επίπεδα ωριμότητας του μοντέλου ωριμότητας.....	49
Σχήμα 7: Τα βήματα της μεθοδολογίας του κύκλου Deming .....	54
Σχήμα 8: 1 <sup>ο</sup> βήμα ανάλυσης της μεθοδολογίας.....	55
Σχήμα 9: 2 <sup>ο</sup> βήμα της μεθοδολογίας.....	56
Σχήμα 10: Οι συμβολισμοί του υποδείγματος μικτού αέριου γραμμικού προγραμματισμού.....	61
Σχήμα 11 :απεικόνιση του μαθηματικού υποδείγματος .....	77
Σχήμα 12: απεικόνιση του μαθηματικού υποδείγματος.....	79

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

---

## Σκοπός, στόχοι και δομή της εργασίας

---

### 1.1. Σκοπός της εργασίας

Αναλύεται η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα και υποδεικνύεται η διαχείρισή της ως μέσο βελτίωσης της απόδοσης των διαδικασιών που ακολουθούνται στις σχέσεις και ροές των οικοδομικών εργασιών. Έπειτα από βιβλιογραφική ανασκόπηση, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσα από βασικές θεωρίες και έννοιες ενώ στη συνέχεια περιγράφονται μοντέλα διαχείρισης τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Τέλος, πραγματοποιείται η εφαρμογή μοντέλου μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού με σκοπό την τεκμηρίωση της χρησιμότητας των μοντέλων διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στα οικοδομικά έργα ως προς την μείωση του κόστους.

Για τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας, ακολουθήθηκε συγκεκριμένη διαδικασία, η οποία αρχικά περιλάμβανε την διερεύνηση βιβλιογραφίας μέσα από επιστημονικές ιστοσελίδες όπως Scopus, Academia.edu, Web of Science και Google Scholar. Οι λέξεις κλειδιά οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν σε αρχικό στάδιο ήταν οι όροι : Supply Chain, Supply Chain Management, Logistics, Logistics Management, Construction Supply Chain, Construction Supply Chain Management, Construction Modelling, Qualitative Models for Supply Chain Management, Conceptual Models for Construction Supply Chain Management, Optimization Models for Construction Supply Chain Management, Simulation Models for Construction Supply Chain Management.

Η βιβλιογραφικές πηγές προέρχονται από επιστημονικούς ιστότοπους, ενώ το κυριότερο τμήμα της βιβλιογραφίας είναι δημοσιευμένα επιστημονικά άρθρα και πρακτικά επιστημονικών συνεδρίων τα οποία αφορούν των τομέα των κατασκευών, την διαχείριση των οικοδομικών έργων και την κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα. Η διαχείριση των πηγών υλοποιήθηκε μέσω του εργαλείου Mendeley. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν υπολογιστικά φύλλα σε περιβάλλον Ms Excel, για την πραγματοποίηση υπολογισμών και δημιουργία πινάκων όπως και το πρόσθετο εργαλείο Analytic Solver στο περιβάλλον του excel για την επίλυση του μοντέλου βελτιστοποίησης.

Τέλος, εφαρμόστηκε μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για την εύρεση της βέλτιστης λύσης στα οικοδομικά έργα, το οποίο διαμορφώθηκε στις συνθήκες του έργου των κτιριακών εγκαταστάσεων του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το οποίο βρίσκεται σε φάση κατασκευής.

## 1.2. Δομή της εργασίας

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, διευκρινίζονται οι όροι της εφοδιαστικής αλυσίδας και των logistics σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους, οι σχέσεις μεταξύ των επιπέδων τους καθώς και η χρησιμότητά τους.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο, προσδιορίζεται η εφοδιαστική αλυσίδα στα κατασκευαστικά έργα, η αναγκαιότητά της και η προσαρμογή της στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των οικοδομικών έργων.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναφορά ποιοτικών και ποσοτικών μοντέλων διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας ως μέσα διαχείρισης και αντιμετώπισης ζητημάτων που προκύπτουν στα οικοδομικά έργα λόγω της περίπλοκης και σύνθετης φύσης τους.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο, προτείνεται μοντέλο βελτιστοποίησης και συγκεκριμένα μοντέλο μικτού αέριου γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο στοχεύει στην βέλτιστη οργάνωση των καναλιών τροφοδοσίας των υλικών που χρησιμοποιούνται στο οικοδομικό έργο και στην μείωση του κόστους από την αξιοποίηση του αποθέματος.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο, συνοψίζονται τα ευρήματα τα οποία προέκυψαν από το 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο και σχολιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου βελτιστοποίησης.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### Ανάλυση βασικών εννοιών

#### 2.1. Ορισμοί της εφοδιαστικής αλυσίδας

Ο σφοδρός ανταγωνισμός σε επίπεδο παγκόσμιων αγορών, η ανάδυση προϊόντων με μικρό κύκλο ζωής και οι υψηλές απαιτήσεις των καταναλωτών, έχουν ωθήσει τις επιχειρήσεις να επενδύουν στα συστήματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την συνεχή εξέλιξη στις τηλεπικοινωνίες και τις τεχνολογίες μεταφοράς, έχουν συμβάλει στην συνεχόμενη ανάπτυξη της διαχείρισης των συστημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας (David Simchi-Levi, 2005).

Αρκετοί συγγραφείς είναι εκείνοι που προσπάθησαν να αποδώσουν την λογική της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως αντίστοιχα οι Ellram και Cooper (1993), οι οποίοι ορίζουν την εφοδιαστική αλυσίδα ως «*Μία ενσωματωμένη φιλοσοφία η οποία αποσκοπεί στην διαχείριση της τελικής ροής ενός καναλιού διανομής από τον προμηθευτή στον τελικό καταναλωτή*». Αντίστοιχα, Οι Lummus και Vokurka (1999) διατυπώνουν τον ορισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας ως εξής: «*Όλες οι δραστηριότητες οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στην διανομή ενός προϊόντος από την πρώτη ύλη και τα επιμέρους τμήματα, την μεταποίηση και συναρμολόγηση, την αποθήκευση και την παρακολούθηση του αποθέματος, την καταχώριση και διαχείριση της παραγγελίας, την διανομή μεταξύ των καναλιών, την παράδοση στον τελικό καταναλωτή καθώς και τα απαραίτητα πληροφοριακά συστήματα τα οποία εποπτεύουν όλες τις παραπάνω διαδικασίες*» (Lummus et. al , 2001).

Αντίστοιχα, ο Cavinato (1992) αντιλήφθηκε την εφοδιαστική αλυσίδα ως ένα σύνολο από «*Ενεργά οργανωμένα κανάλια προμήθειας και διανομής τα οποία προσθέτουν αξία μεταξύ της ροής του προϊόντος από τις αρχικές πρώτες ύλες μέχρι και τον τελικό καταναλωτή, εστιάζοντας στους σχετικούς παράγοντες παρά στους παράγοντες συναλλαγής*» (Svensson, 2007).

#### 2.2. Ιστορική αναδρομή της έννοιας της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η έννοια της συνεργασίας ανάμεσα στους προμηθευτές και τους πελάτες δεν είναι πρόσφατη μιας και η ύπαρξή της χρονολογείται από την ανάπτυξη του ίδιου του εμπορίου. Παρόλα αυτά, η ιδέα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αρκετά σύγχρονη με την σύλληψή της να χρονολογείται περίπου από το 1950, όταν ο Jay Forrester και οι συνάδελφοί του πραγματοποίησαν μία αρκετά πρωτοποριακή έρευνα στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT). Συγκεκριμένα, ο Forrester άρχισε να μελετά τους αγωγούς προμήθειας και τα κανάλια αλληλοσυσχέτισης μεταξύ των προμηθευτών και των καταναλωτών, αναγνωρίζοντας έτσι το φαινόμενο το οποίο αργότερα έγινε γνωστό ως bullwhip effect (Paik and Bagchi, n.d.).

Ο Forrester λοιπόν παρατήρησε ότι τα αποθέματα στον αγωγό εφοδιασμού μίας επιχείρησης, δηλαδή της εφοδιαστικής αλυσίδας της, παρουσιάζουν διακυμάνσεις όσο πιο μακριά βρίσκονται από τον τελικό χρήστη. Η σύλληψη του φαινομένου bullwhip παρέμεινε σε μεγάλο βαθμό απροσδιόριστη μέχρι τη δεκαετία του 1990, κατά την οποία οι υπολογιστές μέσω λογισμικών συνέβαλαν ώστε οι ερευνητές να το κατανοήσουν επαρκώς. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, διατυπώθηκε ως αρχή από τον ίδιο τον Forrester μέσω της προσπάθειάς του να κατανοήσει και ουσιαστικά να ελέγξει τις διακυμάνσεις της ζήτησης. Ακόμα και αν αρχικά δεν χρησιμοποίησε τον ορισμό «εφοδιαστική αλυσίδα», στον Forrester και τους συνεργάτες του αποδίδεται η επινόηση του όρου της «διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας».

Επιπλέον, στις αρχές της δεκαετίας του 1980, ενσωματώθηκαν στον όρο «διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας» έννοιες άμεσα συνδεδεμένες με την μεταφορά, την διαχείριση πρώτων υλών και την διανομή αυτών. Ωστόσο, ο όρος εγγράφως εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1982 από τον Keith Oliver, ενώ το 1985 ο καθηγητής του Χάρβαρντ Michael Porter μέσα από το σύγγραμμά του με τίτλο *Competitive Advantage* περιέγραψε τον τρόπο με τον οποίο μία επιχείρηση μπορεί να αποκομίσει περισσότερα κέρδη μέσω πέντε αρχών (Blanchard 2010).

Οι πέντε αρχές τις οποίες διατύπωσε είναι οι ακόλουθες:

- **Η διαχείριση των εισερχόμενων logistics:** πρόκειται για τις δραστηριότητες οι οποίες συσχετίζονται με την παραλαβή, την αποθήκευση και την μεταφορά του προϊόντος, δηλαδή την διαχείριση των υλικών, την αποθήκευση, τον έλεγχο του αποθέματος, τον προγραμματισμό της μεταφοράς καθώς και την επιστροφή στους προμηθευτές.
- **Οι λειτουργίες:** αναφέρεται στις δραστηριότητες που συσχετίζονται με τον μετασχηματισμό και την μορφή του τελικού προϊόντος συμπεριλαμβάνοντας διαδικασίες όπως η κατεργασία, η συσκευασία, η συναρμολόγηση, η συντήρηση του εξοπλισμού, ο έλεγχος και η λειτουργία των εγκαταστάσεων.
- **Η διαχείριση των εξερχόμενων Logistics:** πρόκειται για τις διαδικασίες οι οποίες συσχετίζονται με την συλλογή, την αποθήκευση και την φυσική διανομή του προϊόντος στους τελικούς καταναλωτές. Οι διαδικασίες αυτές περιλαμβάνουν τα τη μεταφορά των τελικών αγαθών, την αποθήκευση, τη διαχείριση των υλικών, την παράδοση του φορτίου, την επεξεργασία της παραγγελίας όπως και τον προγραμματισμό.
- **Οι πωλήσεις και το μάρκετινγκ:** εντός του γενικού πλαισίου της εφοδιαστικής αλυσίδας, πρόκειται για τις δραστηριότητες οι οποίες παρακινούν τους καταναλωτές να αγοράσουν το προϊόν συμπεριλαμβάνοντας την διαφήμιση, , την βέλτιστη επιλογή ενός καναλιού τροφοδοσίας, τις σχέσεις μεταξύ των καναλιών τροφοδοσίας αλλά και την τιμολόγηση.
- **Η εξυπηρέτηση των πελατών:** αναφέρεται στις σχετιζόμενες με την παροχή υπηρεσιών διαδικασίες οι οποίες στοχεύουν στην βελτίωση ή την διατήρηση της αξίας ενός προϊόντος συμπεριλαμβάνοντας την εγκατάσταση, την διόρθωση, την προμήθεια τμημάτων και την προσαρμογή του προϊόντος.

### 2.3. Ορισμοί της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η σύλληψη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, αναδύθηκε στην μεταποιητική βιομηχανία, μέσω του συστήματος διανομής JIT (Just In time), ως τμήμα του συστήματος παραγωγής της Toyota. Η ιαπωνική αυτοκινητοβιομηχανία, αποτέλεσε την απαρχή για την εγκαθίδρυση και εξέλιξη του συστήματος διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, μέσα από την προσπάθειά της να ρυθμίσει τις ποσότητες των απαιτούμενων προμηθειών μειώνοντας το απόθεμα και ρυθμίζοντας την αλληλεπίδραση των προμηθευτών με την γραμμή παραγωγής. Συνεπώς, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, βασίστηκε στο θεωρητικό πλαίσιο του εργοστασίου και αντίστοιχα της λιτής παραγωγής, υιοθετώντας την λογική της παραγωγής σε κατάλληλη ποσότητα την σωστή χρονική στιγμή (Vrijhoef and Koskela, 2000).

Η εφοδιαστική αλυσίδα πρόκειται για ένα σχέδιο προσανατολισμού και ένα πλαίσιο το οποίο αποσκοπεί στην δημιουργία ενός συνολικού πλάνου διαμόρφωσης των ροών των προϊόντων και της πληροφορίας μέσα σε μία επιχείρηση ή οργανισμό. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας στηρίζεται στην λογική της συνολικής εποπτείας των ροών και προσπαθεί να επιτύχει σύνδεση και συντονισμό μεταξύ των διαδικασιών ενός αγωγού τροφοδοσίας, όπως για παράδειγμα τη βελτίωση της σχέσης και σύνδεσης μεταξύ των προμηθευτών και των καταναλωτών (Mbang Janvier-James, 2012).

Επιπλέον, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας στοχεύει στην ακριβή, λεπτομερή και έγκαιρη εξέταση και συντονισμό των δικτύων μίας εφοδιαστικής αλυσίδας. Το σκεπτικό πίσω από την έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι η εύρεση της ιδανικής ευκαιρίας ή διαφορετικά εναλλακτικής επιλογής, για την μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση κόστους για την επιχείρηση καθώς και την βέλτιστη παροχή υπηρεσιών στους πελάτες-καταναλωτές (Mbang Janvier-James, 2012b). Ένας εξίσου σημαντικός στόχος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η εξασφάλιση της δυναμικότητας μίας επιχείρησης στην διεθνή αγορά παρά τις σκληρές ανταγωνιστικές δυνάμεις της αγοράς καθώς και τις άμεσα μεταβαλλόμενες ανάγκες των πελατών (Christopher, 2011).

Πίνακας 1: Ορισμοί της Εφοδιαστικής αλυσίδας

<b>Συγγραφείς - Χρονολογία</b>	<b>Ορισμός</b>
Monczka, Trent and Handfield-1998	Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μία έννοια «ο κύριος στόχος της οποίας είναι να ενσωματώσει και να διαχειριστεί την προμήθεια, την ροή και τον έλεγχο των υλικών χρησιμοποιώντας ένα σύστημα συνολικής προοπτικής ανάμεσα σε πολλαπλές λειτουργίες και πολλαπλά επίπεδα».
La Londe and Masters -1994	Η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει : «...δύο ή περισσότερες εταιρίες σε μία εφοδιαστική αλυσίδα οι οποίες εισέρχονται σε μία μακροχρόνια συνεργασία,...η ανάπτυξη εμπιστοσύνης και δέσμευσης μεταξύ των σχέσεων της...η ενσωμάτωση των διαδικασιών των <i>logistics</i> συμπεριλαμβάνοντας την διανομή δεδομένων ζήτησης και πωλήσεων...η δυνατότητα μετατόπισης της θέσης ελέγχου της διαδικασίας των <i>logistics</i> ...»
Stevens -1989	«Το αντικείμενο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι να συγχρονίσει τις απαιτήσεις των καταναλωτών με την ροή των υλικών από τους προμηθευτές, με σκοπό να επιφέρει μία ισορροπία ανάμεσα σε αυτά που θεωρούνται συχνά ως αντικρουόμενοι στόχοι υψηλής εξυπηρέτησης πελατών, διαχείρισης χαμηλού αποθέματος και χαμηλού κόστους μονάδας.»
Houlihan -1988	1) Η εφοδιαστική αλυσίδα αντιμετωπίζεται ως μία ενιαία διαδικασία. Η ευθύνη για τα διάφορα τμήματα της αλυσίδας είναι διαιρεμένη σε λειτουργικές περιοχές όπως η μεταποίηση, η αγορά, η διανομή και οι πωλήσεις.» 2) Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί στρατηγική λήψη αποφάσεων αλλά ταυτόχρονα εξαρτάται από την στρατηγική λήψη αποφάσεων. Ο εφοδιασμός είναι κοινό χαρακτηριστικό κάθε λειτουργίας στην αλυσίδα και έχει ιδιαίτερη σημασία λόγω της επίδρασής του στο συνολικό κόστος και το μερίδιο αγοράς.» 3) «Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί διαφορετική προοπτική όσον αφορά τα αποθέματα τα οποία χρησιμοποιούνται ως μηχανισμός εξισορρόπησης της τελευταίας και όχι της πρώτης λύσης.» 4) «Απαιτείται μία νέα προσέγγιση στα συστήματα παρά διασύνδεση.»
Jones and Riley - 1985	«Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας ασχολείται με την συνολική ροή των υλικών από τους προμηθευτές μέσω των τελικών χρηστών...»
Cooper et. al. -1997	Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας πρόκειται για: «...μία ολοκληρωμένη φιλοσοφία η οποία αποσκοπεί στην διαχείριση της τελικής ροής ενός καναλιού διανομής από τον προμηθευτή μέχρι τον τελικό χρήστη.»

Πηγή: (Mentzer et al., 2001), *ιδία επεξεργασία*

Ένας επιπλέον ορισμός της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας ο οποίος αποδίδεται από τον Martin Christopher είναι ο εξής: «Η διαχείριση των υψηλότερων και



*χαμηλότερων σχέσεων μεταξύ των προμηθευτών και των καταναλωτών, με σκοπό την διανομή καλύτερης ποιότητας προϊόντων στον καταναλωτή και την μείωση του κόστους στην ίδια την εφοδιαστική αλυσίδα». Δηλαδή η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει πλήρη και συνολική εικόνα της εφοδιαστικής αλυσίδας και όχι μόνο του επόμενου επιπέδου αυτής, στοχεύοντας στην αύξηση της διαφάνειας, της τυποποίησης και του συντονισμού ανεξαρτήτως των περιορισμών ενσωμάτωσης και λειτουργίας (Vrijhoef and Koskela, 2000). Συμπληρωματικά, ο όρος της εφοδιαστικής αλυσίδας θα μπορούσε να αποδοθεί από τον ίδιο ως: «Ένα δίκτυο συνδεδεμένων και αλληλεξαρτώμενων οργανισμών, οι οποίοι αμοιβαία και συνεργατικά εργάζονται από κοινού ώστε να ελέγξουν, να διαχειριστούν και να βελτιώσουν την ροή των υλικών και της πληροφορίας από τους προμηθευτές στους τελικούς χρήστες» (Christopher, 2011).*

## **2.4. Οι σχέσεις διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας**

Όπως αναφέρεται από τους Lambert και Cooper, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά τις πολλαπλές σχέσεις σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πιο αναλυτικά, η εφοδιαστική αλυσίδα δεν πρόκειται απλά για μία «αλυσίδα επιχειρήσεων» με σχέσεις ένας προς έναν και επιχείρησης προς επιχείρηση αλλά για ένα δίκτυο το οποίο συγκροτείται από σχέσεις και επιχειρήσεις προσφέροντας την ευκαιρία υλοποίησης μίας ενδοεταιρικής σχέσης και διευρυμένης διαχείρισης. Έτσι, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ασχολείται με τις διαδικασίες βελτιστοποίησης και αριστείας των επιμέρους μεθόδων, παρουσιάζοντας παράλληλα έναν τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις μπορούν να διαχειρίζονται τις σχέσεις μεταξύ τους καθώς και με τα υπόλοιπα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας (Lambert and Cooper, 2000).

## **2.5. Η δομή και τα μέλη του δικτύου της εφοδιαστικής αλυσίδας**

Για να γίνει κατανοητή η δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να λάβει υπόψη τρία θεμελιώδη στοιχεία της, τα οποία είναι οι συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα, η δομή του δικτύου και οι διαφορετικοί τύποι διασύνδεσης που συναντώνται σε μία εφοδιαστική αλυσίδα.

Ως προς τον καθορισμό της δομής του δικτύου της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των μελών της. Έτσι, το εσωτερικό της εφοδιαστικής αλυσίδας, ανάλογα με τα μέλη τα οποία διαδραματίζουν κάποιο σημαντικό και κριτικό ρόλο σε αυτή μπορεί να γίνει αρκετά σύνθετο και περίπλοκο. Στα μέλη λοιπόν της εφοδιαστικής αλυσίδας συμπεριλαμβάνονται όλες οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί με τους οποίους μία εταιρία αλληλοεπιδρά άμεσα ή έμμεσα, από το σημείο της παραγωγής μέχρι και το τελικό σημείο της κατανάλωσης (Lambert and Cooper, 2000).

Ως κύρια μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας ορίζονται όλες οι αυτόνομες εταιρίες ή επιχειρησιακές μονάδες οι οποίες διενεργούν σε λειτουργικές και διαχειριστικές δραστηριότητες προστιθέμενης, σχεδιασμένες ώστε να παράγουν ένα ειδικό προϊόν για ένα συγκεκριμένο πελάτη ή μία ορισμένη αγορά. Αντίστοιχα, υπάρχουν τα υποστηρικτικά μέλη, δηλαδή εταιρίες οι οποίες απλά παρέχουν πηγές, γνώση, βοηθητικά προγράμματα ή επενδυτικά αγαθά στα κύρια μέλη της εφοδιαστικής

αλυσίδας. Μία επιχείρηση μπορεί να πραγματοποιεί ταυτόχρονα τις κύριες και δευτερεύουσες δραστηριότητες. Ωστόσο, ο διαχωρισμός μεταξύ των δύο εννοιών συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση του σημείου προέλευσης και του σημείου κατανάλωσης (Lambert and Cooper, 2000).

### 2.5.1. Οι δομικές διαστάσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας

Όπως υποστηρίζουν οι Lambert και Cooper, για την περιγραφή, ανάλυση και διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι σημαντικές συνολικά τρεις διαστάσεις και συγκεκριμένα η οριζόντια, η κάθετη και η οριζόντια θέση της εστιακής επιχείρησης εντός των τελικών σημείων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η οριζόντια δομή αναφέρεται στον αριθμό των επιπέδων κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έτσι μία εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να χαρακτηριστεί ως μικρή, με ελάχιστα δηλαδή επίπεδα οργάνωσης, ή αντίστοιχα μεγάλη με πολυάριθμα επίπεδα.

Όσον αφορά τη δεύτερη διάσταση, η κάθετη δομή, αναφέρεται στην πληθώρα των προμηθευτών και των πελατών που παρουσιάζονται σε κάθε βαθμίδα. Μία επιχείρηση μπορεί να έχει μία περιορισμένη ή διευρυμένη κάθετη δομή, γεγονός το οποίο απορρέει από τον αριθμό των πελατών ή προμηθευτών που επιλέγει η κάθε μία από αυτές να έχει. Η τρίτη δομική διάσταση, είναι η οριζόντια θέση εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας και εξαρτάται από την τοποθεσία της επιχείρησης. Μία επιχείρηση μπορεί να βρίσκεται εγκατεστημένη στο σημείο της πηγής προμήθειας ή σε κοντινή απόσταση από αυτή, κοντά στον τελικό καταναλωτή ή σε ένα σημείο οπουδήποτε ανάμεσα στα τελικά σημεία της εφοδιαστικής αλυσίδας.

### 2.6. Τα τμήματα οργάνωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας

Για να προκύψει μία σωστή και επιτυχημένη διαχείριση σε επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτείται μετάβαση από τη διαχείριση μεμονωμένων λειτουργιών στην ενσωμάτωση δραστηριοτήτων σε διαδικασίες βασικής αλυσίδας. Οι Lambert και Cooper, λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα και την δυσκολία διαχείρισης μίας εφοδιαστικής αλυσίδας, έχουν επιμερίσει την οργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας σε οχτώ διαφορετικά τμήματα (Lambert and Cooper, 2000). Τα τμήματα διαχείρισης συνοψίζονται ως εξής:

- **Διαχείριση πελατειακών σχέσεων:** Αποτελεί την πρώτη διαδικασία με βάση την οποίας μία επιχείρηση αναγνωρίζει τους πελάτες ή το γκρουπ πελατών στο οποίο απευθύνεται. Οι ομάδες εξυπηρέτησης πελατών, έχουν ως αρμοδιότητα τον εντοπισμό των πελατειακών αναγκών και την εξάλειψη των πηγών μεταβλητότητας της ζήτησης. Πραγματοποιούνται από αξιολογήσεις από τους ίδιους με σκοπό να προσδιοριστούν και να αναλυθούν επαρκώς τα επίπεδα των υπηρεσιών τα οποία παρέχονται στους πελάτες αλλά και το κέρδος των ίδιων των πελατών.
- **Διαχείριση της εξυπηρέτησης πελατών:** η διαχείριση της εξυπηρέτησης των πελατών στοχεύει στην παροχή πληροφοριών στους πελάτες, όπως για παράδειγμα ημερομηνίες αποστολής και διαθεσιμότητα των προϊόντων, μέσω της διασύνδεσής της με τις λειτουργίες παραγωγής και διανομής των οργανισμών.

- **Διαχείριση ζήτησης:** η διαδικασία διαχείρισης της ζήτησης στοχεύει στην εξισορρόπηση των απαιτήσεων των πελατών με τις δυνατότητες προμήθειας μίας εταιρίας. Ένα μέρος της διαχείρισης της ζήτησης αποτελεί η προσπάθεια προσέγγισης της επιλογής ενός προϊόντος από τους πελάτες αλλά και η πρόβλεψη του χρονικού ορίζοντα αγοράς του προϊόντος αυτού. Προσπαθεί δηλαδή να συγχρονίσει τις παραγωγικές διαδικασίες με τις καταναλωτικές ανάγκες των πελατών έτσι ώστε να υπάρξει η μεγαλύτερη δυνατή κερδοφορία με το ελάχιστο δυνατό κόστος.
- **Εκτέλεση παραγγελιών:** το τμήμα εκτέλεσης παραγγελιών περιλαμβάνει τις διαδικασίες εκείνες οι οποίες συμβάλουν στην δημιουργία ενός ενιαίου δικτύου, το οποίο συνδέει την εταιρία με τον τελικό καταναλωτή. Συνεπώς, η αποτελεσματική εκτέλεση της διαδικασίας, απαιτεί την ενσωμάτωση των σχεδίων κατασκευής, διανομής και μεταφοράς της εταιρίας καθώς και την συνεργασία των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας με τους μεταφορείς, ώστε να υπάρξει μείωση του κόστους παράδοσης του προϊόντος στον πελάτη.
- **Διαχείριση της κατασκευαστικής ροής:** το τμήμα διαχείρισης της κατασκευαστικής ροής συμβάλει στην ευέλικτη ανταπόκριση της παραγωγικής διαδικασίας μίας εταιρίας στις αλλαγές που διαδραματίζονται στην αγορά. Οι προτεραιότητες παραγωγής καθοδηγούνται από τις απαιτούμενες ημερομηνίες παράδοσης και οι παραγγελίες διεκπεραιώνονται με το σύστημα Just In Time (JIT). Το τμήμα διαχείρισης της κατασκευαστικής ροής αναπτύσσει στρατηγικές για κάθε είδος πελατών, ώστε να προκύψουν αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία οι οποίες θα οδηγήσουν στην γρήγορη και βελτιωμένη ανταπόκριση των πελατειακών αναγκών.
- **Διαδικασία προμήθειας:** στο τμήμα διαχείρισης των σχέσεων μεταξύ των προμηθευτών και των εταιριών πραγματοποιούνται στρατηγικά σχέδια, με σκοπό την υποστήριξη της διαδικασίας παραγωγής και την εισαγωγή νέων προϊόντων στην αγορά. Οι προμηθευτές κατηγοριοποιούνται με βάση διάφορες διαστάσεις όπως για παράδειγμα η συμβολή και η κρισιμότητά τους σε έναν οργανισμό. Σε ορισμένες εταιρίες, οι δραστηριότητες των οποίων επεκτείνονται παγκοσμίως, η διαχείριση των προμηθευτών γίνεται σε παγκόσμια βάση. Επιπλέον, πραγματοποιούνται μακροπρόθεσμες συμπράξεις μεταξύ των εταιριών και των προμηθευτών κατά τις οποίες επωφελούνται από κοινού και τα δύο μέρη, ενώ παράλληλα μειώνεται σημαντικά ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για τον συντονισμό των διαδικασιών παραγωγής του προϊόντος.
- **Ανάπτυξη προϊόντος και διαφήμιση:** το τμήμα ανάπτυξης προϊόντος και διαφήμισης στοχεύει στην διασύνδεση των προμηθευτών, των πελατών αλλά και της ζήτησης της αγοράς με σκοπό την παραγωγή νέων προϊόντων. Οι πελάτες και οι προμηθευτές πρέπει να «συνεργάζονται» κατά την παραγωγική διαδικασία ενός νέου προϊόντος, ώστε να μειωθεί αισθητά ο χρόνος που απαιτείται για την εισαγωγή του στην αγορά. Με δεδομένο ότι ο χρόνος ζωής των προϊόντων είναι περιορισμένος, ένα προϊόν οφείλει να είναι αποδοτικά σχεδιασμένο ώστε να

προωθηθεί στην αγορά και να διατηρεί την ανταγωνιστικότητά του. Έτσι, οι μάνατζερ τους τμήματος ανάπτυξης προϊόντος και διαφήμισης:

- i. Συνεργάζονται με το τμήμα διαχείρισης πελατειακών σχέσεων ώστε να εντοπίσουν από κοινού τις διακριτές και μη διακριτές ανάγκες των καταναλωτών.
  - ii. Συλλέγουν πρώτες ύλες και προμηθευτές.
  - iii. Αναπτύσσουν την ιδανική τεχνολογία παραγωγής στην κατασκευαστική ροή για την παραγωγή του προϊόντος.
- **Διαχείριση επιστροφών:** το τμήμα διαχείρισης επιστροφών της εφοδιαστικής αλυσίδας συμβάλει στην αποτελεσματική διαχείριση της διαδικασίας επιστροφής των προϊόντων και στην βελτίωση των παραγωγικών δυνατοτήτων μίας εταιρίας (Lambert and Cooper, 2000)

## 2.7. Σχεδιασμός και προγραμματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας

Μέσα σε μία εφοδιαστική αλυσίδα, οντότητες όπως οι προμηθευτές, οι κατασκευαστές, οι διανομείς και οι λιανοπωλητές μπορούν να ανήκουν είτε σε ένα μεμονωμένο οργανισμό είτε σε πολλούς ανεξάρτητους οργανισμούς. Παρόλα αυτά, η διάκριση ανάμεσα σε μία κεντρική και μία αποκεντρωμένη εφοδιαστική αλυσίδα, συσχετίζεται με το κίνητρο το οποίο υποκινεί την εφοδιαστική αλυσίδα. Σε μία κεντρική εφοδιαστική αλυσίδα, υπάρχει ένας κεντρικός προγραμματιστής ο οποίος λαμβάνει αποφάσεις για ολόκληρο το σύστημα, ενώ σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα κάθε οντότητα λειτουργεί ως αυτόνομη μονάδα (Kouvelis et al., 2006).

Οι αποκεντρωμένες πολιτικές ελέγχου μπορούν να εφαρμοστούν και να αναλυθούν σε τοπικό επίπεδο (λειτουργία, τμήμα, εταιρία κλπ), ωστόσο οι διαδικασίες οι οποίες αποσκοπούν στον συντονισμένο προγραμματισμό των επιμέρους οντοτήτων με τρόπο κατά τον οποίο βελτιστοποιείται η συνολική αξία της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι μία αρκετά δύσκολη διαδικασία. Έτσι, για τον σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων, χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως μοντέλα ροής δικτύου και μοντέλα MIP (*Mixed Integer Programming*) (Kouvelis et al, 2006).

### 2.7.1. Το γενικό μοντέλο της εφοδιαστικής αλυσίδας

Το αντικείμενο ανάπτυξης του γενικού μοντέλου εφοδιαστικής αλυσίδας (General Supply Chain Model) αποσκοπεί στην καλύτερη κατανόηση των εφοδιαστικών αλυσίδων τόσο από την σκοπιά της διαχείρισης όσο και της λειτουργίας τους. Μία επισκόπηση στο πλαίσιο των μοντέλων τα οποία έχουν διαμορφωθεί για την διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, αποδεικνύει ότι δεν υπάρχει ήδη ένα αποδεκτά γενικό και εκτεταμένο μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα περισσότερα μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας επικεντρώνονται σε μία μόνο συγκεκριμένη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως στην στρατηγική του οργανισμού, την τεχνολογία των πληροφοριών αλλά και σε ιδιαίτερους κατά περίπτωση παράγοντες. (Mbang Janvier-James, 2012b).

Ενώ ο κάθε παράγοντας θεωρείται σημαντικός μεμονωμένα, δεν παρέχει μία συνολική και εμπειριστατωμένη οπτική της διαχείρισης των εφοδιαστικών αλυσίδων.

Ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων καταλήγει στην ανάπτυξη ενός μοντέλου γενικής εφοδιαστικής αλυσίδας, στο οποίο κάθε μία πλευρά παρέχει μία αποσυνδεδεμένη και παράλληλα συνδεδεμένη κοινή συνεισφορά στην εφοδιαστική αλυσίδα. Έτσι, τα γενικά μοντέλα ενσωματώνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των τριών παραγόντων, παράγοντας διαφορετικές επιπτώσεις και επίπεδο αλληλεπίδρασης. Επιπλέον, το επίπεδο αλληλεπίδρασης μπορεί να είναι αβέβαιο στην επιχειρησιακή κουλτούρα, στην κατάσταση στην οποία λειτουργεί ο οργανισμός και στα χαρακτηριστικά της εφοδιαστικής αλυσίδας τα οποία χρησιμοποιούνται στις ανταλλαγές που πραγματοποιούνται μεταξύ των οργανισμών. (Mbang Janvier-James, 2012b).

### **2.7.2. Η εφοδιαστική αλυσίδα ως οικονομικό σύστημα**

Η θεωρία των συστημάτων αντιμετωπίζει τον κόσμο μέσα από το πλαίσιο της συλλογής πηγών και διαδικασιών με σκοπό την επίτευξη στόχων. Δύο σημεία της θεωρίας τα οποία εμφανίζουν ιδιαίτερη σημασία για τις εφοδιαστικές αλυσίδες είναι η συνέργεια και η εντροπία. Η συνέργεια στην εφοδιαστική αλυσίδα μεταφράζεται ως η συνεργασία μεταξύ των τμημάτων του συστήματος που εργάζονται από κοινού και μπορούν να επιτύχουν περισσότερα από το άθροισμα των επιτευγμάτων που κάθε τμήμα θα πετύχαινε μεμονωμένα. Η εντροπία αναφέρεται στην ανάγκη ανάδρασης κατά μήκος των επιπέδων της εφοδιαστικής αλυσίδας ώστε να αποφευχθεί η συνολική εξασθένιση του συστήματος. Επομένως, το σκεπτικό της εφαρμογής της μηχανικής των συστημάτων στο πλαίσιο σχεδιασμού και υλοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εφόσον συμβάλλει στην διάρθρωση των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας με συστημικό τρόπο, διασφαλίζοντας την εύρυθμη και αποτελεσματική λειτουργία της σε όλα τα στάδια ανάπτυξής της.

Από οικονομική σκοπιά, μία εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί μία σειρά οικονομικών παραγόντων. Η επιλογή ενός μηχανισμού συντονισμού ή μίας δομής διακυβέρνησης γίνεται με σκοπό την εξοικονόμηση του κόστους παραγωγής αλλά και του κόστους συναλλαγής. Τα οικονομικά του κόστους συναλλαγών παρέχουν μία εξήγηση για την ύπαρξη των επιχειρήσεων και την δομή τους όσο και για την φύση του συντονισμού μέσα σε μία εφοδιαστική αλυσίδα. Όταν το κόστος συναλλαγής είναι χαμηλό, η σύναψη συμβάσεων είναι συχνή, ενώ όταν επικρατεί η εσωτερική υπαγωγή υπάρχουν υψηλά κόστη συναλλαγών. Οι ενδιάμεσοι τρόποι σχέσεων και συναλλαγών συχνά αναφέρονται ως υβριδικοί.

### **2.7.3. Η θεωρία έλξης και ώθησης στην εφοδιαστική αλυσίδα**

Η εφοδιαστική αλυσίδα η οποία βασίζεται στην ώθηση κάνει επιλογές στην κατασκευή και την διαμονή των προϊόντων σύμφωνα με μακροπρόθεσμες προβλέψεις οι οποίες βασίζονται στις παραγγελίες. Πιο αναλυτικά, η εφοδιαστική αλυσίδα η οποία στηρίζεται στην θεωρία της ώθησης έχει μεγάλο χρονικό περιθώριο αντίδρασης το οποίο οδηγεί στην αδυναμία κάλυψης των μεταβαλλόμενων προτύπων ζήτησης και συνεπώς στην εξάλειψη του προϊόντος ή την συγκέντρωση μεγάλου αποθέματος.

Αντίστοιχα, σε μία εφοδιαστική αλυσίδα έλξης η παραγωγή και η διανομή ικανοποιούνται με την έγκαιρη ζήτηση από την πλευρά των πελατών. Στο επίπεδο αυτό, η αποτελεσματική ροή πληροφοριών σχετικά με την ζήτηση και τις ανάγκες των καταναλωτών ελαχιστοποιεί την δημιουργία αποθεμάτων. Επιπλέον, τα συστήματα έλξης επιτρέπουν στην μείωση του χρόνου παράδοσης του προϊόντος λόγω της καλύτερης πρόβλεψης του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος και της μείωσης της μεταβλητότητας. Έτσι, το σύστημα ελαχιστοποιεί τα αποθέματα, βελτιώνει την ικανότητα διαχείρισης των πηγών και ελαττώνει τα συστημικά κόστη συγκριτικά με το σύστημα ώθησης.

Παρόλα αυτά, ένα σύστημα έλξης είναι αρκετά περίπλοκο κατά την εφαρμογή του καθώς οι χρόνοι παράδοσης είναι αρκετά μεγάλοι καθιστώντας την αντίδραση στη ζήτηση πληροφοριών σχεδόν ανέφικτη. Στο σύστημα έλξης είναι πιο δύσκολο να αποκομίσει κανείς οικονομικό όφελος στην κατασκευή και την μεταφορά δεδομένου ότι δεν έχει σχεδιαστεί για βάθος χρόνου. Συνεπώς, η εφοδιαστική αλυσίδα η οποία βασίζεται στην θεωρία της έλξης-ώθησης, λαμβάνει υπόψη της στρατηγικές οι οποίες στηρίζονται τόσο στην μία όσο και στην άλλη θεωρία. Το όριο μεταξύ των επιπέδων έλξης και των επιπέδων ώθησης είναι γνωστό και ως «όριο έλξης-ώθησης» (push-pull boundary) (David Simchi-Levi, 2005).

## **2.8. Η διαχείριση των logistics στην εφοδιαστική αλυσίδα**

Για πολλές εταιρίες, η ικανότητά τους να αντιστοιχούν επαρκώς την ζήτηση και την προσφορά αποτελεί παράγοντα επιτυχίας και κερδοφορίας. Ωστόσο, η αντίθετη δυνατότητά τους μπορεί πολλές φορές να οδηγήσει σε απώλεια εσόδων, μειωμένο επίπεδο παροχής υπηρεσιών, κακή φήμη της εταιρίας-επιχείρησης όπως και μείωση του εύρους της αγοράς στο οποίο η επιχείρηση στοχεύει. Όπως υποστηρίζουν οι Levi, Chen και Bramel, αλλαγές οι οποίες οφείλονται στον έντονο ανταγωνισμό της καταναλωτικής αγοράς, ο πολλαπλασιασμός των παραγόμενων προϊόντων και η αύξηση των προϊόντων με μικρό κύκλο ζωής, έχουν συντελέσει στην δημιουργία ενός αρκετά ευάλωτου και απρόβλεπτου περιβάλλοντος όσον αφορά την ζήτηση από την πλευρά των καταναλωτών.

Σε ένα τέτοιο ασταθές καταναλωτικό περιβάλλον, οι παραδοσιακές στρατηγικές όπως η δημιουργία αποθέματος ή αντίστοιχα η αύξηση του χρόνου ανταπόκρισης στους καταναλωτές δεν αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα για τις εταιρίες. Έτσι, οι διάφορες εταιρίες αναζητούν περισσότερο αποτελεσματικές εναλλακτικές ώστε να ανταποκριθούν στις μεταβολές της αγοράς, χωρίς όμως απαραίτητα να αυξήσουν σημαντικά το κόστος, το απόθεμα ή τον χρόνο ανταπόκρισης κατά την παράδοση του προϊόντος. Το γεγονός αυτό μάλιστα, συνέδραμε στην ανάπτυξη και εξέλιξη των συστημάτων των logistics (David Simchi-Levi, 2005).

Ο όρος «logistics» έχει άμεση σχέση με τον όρο «εφοδιαστική αλυσίδα» και ως προς την συσχέτισή τους υπάρχουν δύο επιμέρους προσεγγίσεις. Αφενός η «παραδοσιακή» και αφετέρου η «μοντέρνα» προσέγγιση. Κατά την παραδοσιακή προσέγγιση των logistics, η επάρκεια και η αποτελεσματικότητά τους εντοπίζεται στην μείωση του κόστους του αποθέματος. Αντίστοιχα, σύμφωνα με τη σύγχρονη

προσέγγιση των logistics, τα συστήματα αυτά αντιμετωπίζονται ως ένα μοναδικό και διαπεραστικό πλαίσιο διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στο οποίο αποδίδεται μεγαλύτερη βαρύτητα στον συντονισμό μεταξύ των φυσικών ροών και των πληροφοριών. Με βάση λοιπόν τις προαναφερθείσες προσεγγίσεις, μπορεί να αντιληφθεί κανείς τα logistics ως ένα σύστημα πηγής (πρώτης ύλης, εργατικού δυναμικού, πληροφορίας), ως μία φιλοσοφία διαχείρισης αγαθών και ροών πληροφορίας και ως έναν γνωστικό κλάδο ο οποίος βασίζεται στα οικονομικά, την τεχνολογία και τις τεχνολογίες πληροφοριών (Jaśkowski, Sobotka and Czarnigowska, 2018a).

Συνεπώς, έχοντας ως απώτερο στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους και την άνοδο του επιπέδου των υπηρεσιών, τα συστήματα των logistics λαμβάνουν υπόψη τα διάφορα επίπεδα σε μία εφοδιαστική αλυσίδα ενός συστήματος. Στα συστήματα αυτά, τα προϊόντα παράγονται σε συγκεκριμένα τμήματα, αποστέλλονται σε ενδιάμεσους αποθηκευτικούς χώρους και στη συνέχεια διατίθενται σε καταστήματα λιανικής πώλησης ή ακόμα και στους τελικούς καταναλωτές. Ένα σύστημα logistics αποτελείται από τους προμηθευτές, τα κατασκευαστικά κέντρα, τις αποθήκες, τα κέντρα διαμονής, τα καταστήματα λιανικής πώλησης όπως επίσης και τις πρώτες ύλες, την απογραφή των εργασιών που βρίσκονται σε εξέλιξη και τις ροές των τελικών προϊόντων εντός των εγκαταστάσεων (Jaśkowski, Sobotka and Czarnigowska, 2018a).

### **2.8.1.Ορισμοί διαχείρισης των logistics**

Όπως αναφέρθηκε, τα συστήματα logistics διαχειρίζονται την κίνηση των φυσικών αγαθών από μία τοποθεσία σε μία άλλη. Σημαντική αναφορά στην ανάπτυξη και εφαρμογή των logistics πραγματοποιήθηκε αρχικά σε στρατιωτικές επιχειρήσεις και κυρίως κατά τη διάρκεια των παγκοσμίων πολέμων, με τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο να εμφανίζει την μεγαλύτερη κινητοποίηση στρατιωτικών δυνάμεων και προμηθειών όσο καμία άλλη χρονική περίοδο. Όπως ορίζεται από τον Edward Luttwalk (Dictionary of Modern War) τα logistics είναι: *«όλες οι δραστηριότητες και οι μέθοδοι οι οποίες συνδέονται με τους οργανισμούς στρατιωτικών δυνάμεων, περιλαμβάνοντας τις απαιτήσεις αποθήκευσης, μετακίνησης και διανομής»*. Απώτερος σκοπός λοιπόν της ανάπτυξης των logistics ήταν η παροχή της βέλτιστης ποσότητας προμήθειας σε κάθε στρατιωτικό κλιμάκιο ώστε αφενός να ελαχιστοποιηθεί ο υπερεφοδιασμός και αφετέρου να μετριάσει μία πιθανή έλλειψη βασικών προμηθειών (Lummus et al., 2001).

Με την πάροδο του χρόνου, τα logistics «μετατοπίστηκαν» από τους στρατιωτικούς οργανισμούς στον χώρο των επιχειρήσεων. Έτσι, για τον Cavinato (1982) ο ορισμός των logistics είναι: *«η διαχείριση όλων των εισερχόμενων και εξερχόμενων υλικών, προμηθειών και τελικών αγαθών»*. Σύμφωνα με το Συμβούλιο Διαχείρισης των logistics, ο ορισμός της διαχείρισης των logistics πρόκειται για τη διαχείριση του σχεδιασμού, της εφαρμογής και ελέγχου της επαρκούς και αποτελεσματικής ροής και αποθήκευσης αγαθών, υπηρεσιών και σχετιζόμενων πληροφοριών από το σημείο παραγωγής έως το σημείο κατανάλωσης με σκοπό την

εναρμόνισή τους στις απαιτήσεις των καταναλωτών». Διαφορετικά, ο ορισμός ο οποίος αποδίδεται για τα logistics είναι ο ακόλουθος: «Τα Logistics είναι το μέρος των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, το οποίο σχεδιάζει, εφαρμόζει και ελέγχει την επαρκή και αποτελεσματική ροή και αποθήκευση αγαθών, υπηρεσιών και σχετικών πληροφοριών από το σημείο προέλευσης μέχρι το σημείο κατανάλωσης (point-of-, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των καταναλωτών» (David Simchi-Levi, 2005).

Ένας ακόμη ορισμός της διαχείρισης των logistics ο οποίος παρατίθεται από το Συμβούλιο Επαγγελματιών Διαχείρισης Εφοδιαστικής αλυσίδας (Council of Supply Chain Management Logistics Professionals) είναι ο ακόλουθος: πρόκειται για έναν μη κερδοσκοπικό οργανισμό επιχειρησιακού χαρακτήρα, ο οποίος αποτελεί τμήμα της επιχείρησης και ο οποίος «*σχεδιάζει, εφαρμόζει και ελέγχει την επαρκή και αποτελεσματική ροή και αποθήκευση των αγαθών, υπηρεσιών και σχετικών πληροφοριών μεταξύ του σημείου προέλευσης και του σημείου κατανάλωσης προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες των καταναλωτών.*» (David Simchi-Levi, 2005). Το κοινό σημείο σε όλους τους προαναφερθέντες ορισμούς που έχουν διατυπωθεί για τα logistics είναι ότι σε όλους συμπεριλαμβάνονται οι διαδικασίες του σχεδιασμού και ελέγχου στην ροή και την αποθήκευση αγαθών όπως και των υπηρεσιών από το σημείο προέλευσης μέχρι τον τελικό καταναλωτή (Lummus et al., 2001).

Συνοψίζοντας, η διαχείριση των logistics συνιστά μία συστημική προσέγγιση η οποία αποβλέπει στην μείωση του κόστους των μεταφορών και της ποσότητας των αποθεμάτων. Το ζητούμενο μέσω της διαχείρισης των logistics είναι η επάρκεια και η οικονομική αποτελεσματικότητα ολόκληρου του συστήματος διανομής καθώς και η ελαχιστοποίηση του κόστους των μεταφορών (David Simchi-Levi, 2005).

### **2.8.2. Η διαφορά της εφοδιαστικής αλυσίδας και των logistics**

Αρκετοί συγγραφείς έχουν διατυπώσει απόψεις οι οποίες αφορούν τις διαφορές ανάμεσα στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και των logistics. Συγκεκριμένα, μια ευρύτερη κατανόηση της έννοιας είναι εκείνη κατά την οποία η διαχείριση μίας εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει την ενσωμάτωση όλων των διαδικασιών μίας επιχείρησης έως και την τελική χρήση ενός προϊόντος από τους καταναλωτές μέσω της παράδοσής του από τους προμηθευτές. Η ενσωμάτωση των επιμέρους διαδικασιών, επιφέρει επιπλέον αξία για τους καταναλωτές. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν πρόκειται απλά για μία διαφορετική ονομασία της διαχείρισης των logistics αφού δεν λαμβάνει υπόψη μόνο την διαχείριση της μεταφοράς και παράδοσης των προϊόντων. Εμπεριέχει στοιχεία όπως είναι η ενσωμάτωση των πληροφοριακών συστημάτων, ο συντονισμός και έλεγχος όλων των δραστηριοτήτων και διαδικασιών που λαμβάνουν μέρος στην εφοδιαστική αλυσίδα τα οποία δεν συμπεριλαμβάνονται στον ορισμό των logistics (Lummus et al, 2001).

Όπως έχουν εκφράσει οι συγγραφείς Giunipero και Brand (1997), η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας πρόκειται για ένα στρατηγικό εργαλείο διαχείρισης. Το εργαλείο αυτό, χρησιμοποιείται από τις επιχειρήσεις οι οποίες επιδιώκουν να αυξήσουν



την ανταγωνιστικότητά τους σε σχέση με τις υπόλοιπες ομοειδείς επιχειρήσεις μέσω της βελτίωσης της ικανοποίησης των καταναλωτών. Η αύξηση της ανταγωνιστικότητάς της έχει άμεση σχέση με την κερδοφορία της. (Lummus et al., 2001).

Οι CEO's διαφόρων επιχειρήσεων οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για το αντίστοιχο τμήμα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, αναγνωρίζουν την ανάγκη των επιχειρήσεων να μην αρκούνται μόνο στην διαχείριση των logistics αλλά να δίνεται μεγαλύτερη έμφαση και βαρύτητα στην αποτελεσματικότητα και την επάρκεια των επιμέρους διαδικασιών που αφορούν τις επιχειρήσεις, σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας, υποδεικνύοντας έτσι ότι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι έννοια αρκετά ευρύτερη σε σχέση με αυτή των logistics. Ακόμη και αν οι δύο έννοιες συσχετίζονται και θεωρείται από πολλούς οργανισμούς ότι επικαλύπτονται, στην πραγματικότητα η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τις ροές των logistics, αποτελώντας υποσύνολο αυτής (Lummus et al., 2001).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

---

# Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα

---

### 3.1.Ορισμός της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα

Ο κλάδος των κατασκευών αποτελεί μία από τις σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες, οι οποίες συμβάλλουν στην συνολική κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των χωρών. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή της εφοδιαστικής αλυσίδας στις κατασκευές, πρόκειται για μία πολλά υποσχόμενη προσέγγιση διαχείρισης, η οποία καλείται να ενσωματώσει όλες τις ροές και τις πληροφορίες οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα και την επάρκεια των κατασκευαστικών έργων στα πλαίσια του κόστους, του χρόνου και της ποιότητας. Όπως αναφέρεται από τους Love, Irani και Edwards (2000), ο περιορισμένος αριθμός δημοσιεύσεων και ορισμών οι οποίοι αφορούν την κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα οφείλεται στην ευαλωτότητα και την προσωρινότητα της φύσης των οικοδομικών έργων. Συγκριτικά με τη βιομηχανία της μεταποίησης και του εμπορίου στην οποία έχει εφαρμοστεί η τεχνική της εφοδιαστικής αλυσίδας με μεγάλη επιτυχία και αποτελεσματικότητα, δεν συμβαίνει το ίδιο για τις κατασκευές.

Έτσι, ακόμη και ο ορισμός της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας, κρίνεται πολλές φορές ανεπαρκής. Ο ορισμός ο οποίος αποδίδεται από τον Vollman (1998) για την κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα είναι ο εξής: « *πρόκειται για το δίκτυο, το οποίο παρέχει αξία οικονομική στις λειτουργίες της ανάπτυξης του σχεδιασμού, την διαχείριση των συμβολαίων, την παροχή υπηρεσιών και υλικών καθώς και την διαχείριση των εγκαταστάσεων*» (Love et al., 2004). Η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα παρόλο που διαθέτει ένα διευρυμένο πεδίο έρευνας, λαμβάνοντας κανείς υπόψη τον συνεχώς αυξανόμενο αριθμό δημοσιεύσεων που την αφορούν, βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο όσον αφορά τα εργαλεία ανάπτυξής της (Behera et al., 2015).

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας στις κατασκευές αναφέρεται στην διαχείριση των πληροφοριών, των ροών και των πόρων κατά την διάρκεια της ανάπτυξης ενός οικοδομικού έργου. Σύμφωνα με τους συγγραφείς Hatmoko και Scott η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, πρόκειται για ένα σύστημα προμηθευτών, εργολάβων, πελατών και αντιπροσώπων οι οποίοι εργάζονται συντονισμένα και συνεργατικά εγκαθιστώντας την απαραίτητη πληροφορία και γνώση για την

ολοκλήρωση του οικοδομικού έργου (Behera et al, 2015). Η γνώση αυτή αξιοποιείται στην παραγωγή, την παράδοση των πρώτων υλών, τον σχεδιασμό, τις οικοδομικές εργασίες, τον εξοπλισμό, τους πόρους αλλά και τις πηγές πρώτων υλών των οικοδομικών έργων με σκοπό την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους και την έγκαιρη παράδοση του οικοδομικού έργου. Αξίζει να τονιστεί ότι η εφοδιαστική αλυσίδα στις κατασκευές είναι αρκετά σύνθετη, παρέχοντας την δυνατότητα μείωσης του συνολικού κόστους και ταυτόχρονα βελτίωση της αξίας για τους πελάτες ενός κατασκευαστικού έργου (Behera et al., 2015).

### **3.1.1. Η χρησιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα**

Η εφαρμογή της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα έχει προκύπτει από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατασκευαστικής βιομηχανίας τα οποία προσαρμόζονται στο γενικό πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκεκριμένα, η σύλληψη της ιδέας της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας αναπτύχθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις βασικές αρχές της μεταποιητικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι θεωρίες και μεθοδολογίες οι οποίες διέπουν την μεταποιητική βιομηχανία εφαρμόστηκαν, να αξιολογήθηκαν και αναπροσαρμόστηκαν στις ανάγκες του κατασκευαστικού κλάδου, δημιουργώντας ένα διαφορετικό πλαίσιο το οποίο διαφέρει αισθητά από εκείνο της μεταποιητικής βιομηχανίας. (Vidalakis et al, 2011)

Από μία πιο στρατηγική σκοπιά, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μία κινητήρια δύναμη η οποία συμβάλλει μέσω της συνεργασίας, στην βελτίωση των σχέσεων μεταξύ διαφορετικών δρώντων και επιχειρήσεων. Αντίστοιχα, την πολιτική αυτή ακολουθεί και η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα. Έτσι, η εφοδιαστική αλυσίδα εφαρμόζεται σε κατασκευαστικά έργα συμπεριλαμβάνοντας τους υπεύθυνους του έργου, τους εργολάβους και τους κατασκευαστές αποσκοπώντας στη δημιουργία σχέσεων εμπιστοσύνης και συνεργασίας μεταξύ αυτών και των πελατών, των προμηθευτών πρώτων υλών και των διαφόρων υπηρεσιών. (Vidalakis et al., 2011)

Ο ρόλος της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας συνοψίζεται μέσα από τις εξής λειτουργίες: α) τη μείωση του κόστους και της διάρκειας των εργασιών που πραγματοποιούνται στον χώρο του εργοταξίου β) την ελάττωση του κόστους σε ότι αφορά τον χρόνο παράδοσης των πρώτων υλών, του μεταφορικού κόστους και του κόστους του αποθέματος, γ) την οργάνωση και ενσωμάτωση των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας (πελατών, εργολάβων και προμηθευτών) και του κατασκευαστικού χώρου, δ) την συνολική εποπτεία σε ότι αφορά τα επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας (από τα κατώτερα έως τα ανώτερα) και συγχρονισμό μεταξύ αυτών. Συγκεκριμένα, η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα αποβλέπει στην εξάλειψη παραγόντων όπως: οι αβεβαιότητες στο περιβάλλον μίας εφοδιαστικής αλυσίδας, οι διαφοροποιημένες συνθήκες στον χώρο των κατασκευών και οι κυμαινόμενες συνθήκες χωρητικότητας (Vrijhoef and Koskela, 2000). Επιπρόσθετα, η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα συμβάλλει στην σύναψη σχέσεων επικοινωνίας

και εμπιστοσύνης μεταξύ των μελών της, συντείνοντας στην βελτίωση της απόδοσης του έργου και την μείωση του κόστους κατασκευής (Segerstedt and Olofsson, 2010).

Σύμφωνα με τους Vrijhoef και Koskela, η σημασία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα συνοψίζεται σε τέσσερις (4) επιμέρους ρόλους οι οποίοι αναλύονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Οι τέσσερις κύριοι ρόλοι της εφοδιαστικής αλυσίδας

Ρόλος 1	Το σημείο αναφοράς στην προκειμένη περίπτωση αποτελεί η διασύνδεση της εφοδιαστικής αλυσίδας με την θέση της κατασκευής. Απώτερος σκοπός είναι η ελάττωση του κόστους και της διάρκειας των «επί τόπου» δραστηριοτήτων. Βασικός στόχος είναι η εξασφάλιση υλικών αλλά και εργατικού δυναμικού για την αποφυγή της διακοπής των οικοδομικών εργασιών. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί εστιάζοντας στη σχέση της θέσης της κατασκευής (εργοτάξιο) με τους άμεσους προμηθευτές ενώ ο κύριος διαχειριστής της σχέσης αυτής είναι ο εργολάβος.
Ρόλος 2	Σημείο αναφοράς είναι η ίδια η εφοδιαστική αλυσίδα με βασικό στόχο την μείωση του κόστους σε ότι αφορά τα logistics, τον χρόνο παράδοσης και τα αποθέματα. Οι προμηθευτές των υλικών και των εξαρτημάτων-μηχανικού εξοπλισμού μπορούν να υιοθετήσουν αυτόν τον ρόλο.
Ρόλος 3	Γίνεται αναφορά στις μεταφορικές δραστηριότητες από την θέση κατασκευής στην εφοδιαστική αλυσίδα. Συγκεκριμένα, ο στόχος αυτός αποσκοπεί στην μεταφορά των δραστηριοτήτων εφοδιαστικής από την θέση κατασκευής στα προηγούμενα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το σκεπτικό του στόχου αυτού είναι η αποφυγή των βασικών κατώτερων συνθηκών στον τόπο κατασκευής ή η επίτευξη συγχρονισμού μεταξύ των δραστηριοτήτων το οποίο δεν είναι εφικτό λόγω της θέσης κατασκευής και των πολλών τεχνικών εξαρτήσεων. Οι προμηθευτές και οι εργολάβοι μπορούν να υιοθετήσουν αυτόν τον στόχο.
Ρόλος 4	Αφορά στην συγκεντρωμένη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και την θέσης κατασκευής. Η τοποθεσία της κατασκευής συμπεριλαμβάνεται στην διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι πελάτες, οι προμηθευτές ή οι εργολάβοι μπορούν να ξεκινήσουν τον στόχο αυτό.

Πηγή: (Vrijhoef and Koskela, 2000) , *ιδία επεξεργασία*

### 3.1.2. Τα χαρακτηριστικά της εφοδιαστικής αλυσίδας στον κατασκευαστικό κλάδο

Τα οικοδομικά έργα απαιτούν την συνεργασία διαφόρων εταιριών για την επίτευξη ενός κοινού στόχου. Αντίστοιχα, η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα φέρει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία την διαφοροποιούν από τις υπόλοιπες εφοδιαστικές αλυσίδες και τα χαρακτηριστικά αυτά, σύμφωνα με τους Behera (Behera et al., 2015). Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- **Η επιρροή των πελατών:** ο πελάτης του κατασκευαστικού έργου διαμορφώνει σε μεγάλο ποσοστό τις σχέσεις και τις λειτουργίες του τελικού προϊόντος με τις φυσικές πλευρές και την αξία των παραμέτρων της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- **Ο κατακερματισμός των αρμοδιοτήτων:** με δεδομένο ότι τα κατασκευαστικά έργα είναι εκ φύσεως πολυσύνθετα, ο βαθμός πολυπλοκότητάς τους ποικίλει ανάλογα με τον αριθμό των εμπλεκόμενων σε αυτά. Όσο περισσότεροι υπεργολάβοι, πωλητές και άλλες ομάδες φορέων συμπεριλαμβάνονται στο έργο, τόσο αυξάνεται ο βαθμός περιπλοκότητας, γνωρίζοντας ότι η κάθε ομάδα εξυπηρετεί διαφορετική ομάδα επιχειρηματικών σκοπών και συμφερόντων.
- **Ο τύπος και ο αριθμός των ενδιαφερομένων:** οι κυρίαρχες κατηγορίες ενδιαφερομένων είναι οι ιδιοκτήτες, οι σχεδιαστές, οι εργολάβοι και οι προμηθευτές. Ένα τυπικό δίκτυο περιλαμβάνει πολλούς οργανισμούς και σχέσεις, συμπεριλαμβανομένης της ροής της πληροφορίας, των υλικών, των υπηρεσιών και των προϊόντων αλλά και της ροής χρηματικών κεφαλαίων ανάμεσα στις κατηγορίες ενδιαφερόμενων που αναφέρθηκαν.
- **Η σχέση αγοραστή-προμηθευτή:** η σχέση αυτή στηρίζεται κατά βάση στις συναλλαγές, ενώ βασική παράμετρο αποτελεί η τιμή προσφοράς, η οποία μάλιστα διαμορφώνει τις συνθήκες τελικής παράδοσης του έργου και τα όποια προβλήματα προκύπτουν με αυτή.
- **Ο προσωρινός χαρακτήρας των οργανισμών:** οι σχέσεις οι οποίες αναπτύσσονται από τους δρώντες σε ένα κατασκευαστικό έργο επικεντρώνονται σε ένα προσωρινό και βραχυπρόθεσμο τρόπο σκέψης.
- **Η αδράνεια:** οι κατασκευαστικοί οργανισμοί τείνουν να είναι συντηρητικοί και επιφυλακτικοί σε μία επικείμενη αλλαγή κατάστασης, γεγονός το οποίο οφείλεται στο αυξημένο ρίσκο το οποίο μπορεί να προκύψει στις προμήθειες του έργου.
- **Η κατά παραγγελία εφοδιαστική αλυσίδα:** ο πελάτης είναι εκείνος ο οποίος αναλαμβάνει την πρωτοβουλία να φέρει εις πέρας το κατασκευαστικό έργο και αυτό οδηγεί στην σύλληψη της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία εξαρτάται άμεσα από τον ίδιο.
- **Οι ευκαιρίες συνεργασίας:** στο πλαίσιο της προσπάθειας μοντελοποίησης και ανάπτυξης στον κατασκευαστικό κλάδο, πάντα υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση συνεργατικών ευκαιριών αφορούν στην βελτίωσή του.
- **Η κυκλική ζήτηση:** η κατασκευαστική βιομηχανία είναι κυκλική, γεγονός το οποίο οφείλεται στην φύση αυτής αφού το τελικό προϊόν το οποίο παράγει και φέρνει στην αγορά είναι σταθερό, μη μεταφερόμενο και ανθεκτικό στις μεταβολές.

Συμπερασματικά, οι εφοδιαστικές αλυσίδες είναι σήμερα εμφανείς σε διάφορους κλάδους συμπεριλαμβανομένης της μεταποιητικής βιομηχανίας, των υπηρεσιών όσο και των κατασκευών. Στα πλαίσια λοιπόν της δόμησης και της κατασκευής, η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα είναι μία συγκλίνουσα εφοδιαστική αλυσίδα η οποία προορίζει όλες τις πρώτες ύλες στο μέρος της κατασκευής όπου το «αντικείμενο» είναι το έργο το οποίο συντίθεται από τα υλικά που εισέρχονται στον χώρο του εργοταξίου. Το προϊόν το οποίο είναι αποτέλεσμα κατασκευής είναι μοναδικό, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα παραγωγικά συστήματα τα οποία παράγουν

πολλά όμοια προϊόντα τα οποία διανέμονται σε πολλούς και διαφορετικούς πελάτες (Vrijhoef and Koskela, 2000).

Η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα παράγει μοναδικά κατασκευαστικά έργα μέσω της επαναλαμβανόμενης αναδιάταξης των οργανισμών και των λειτουργιών τους στο έργο. Επιπλέον, η ίδια χαρακτηρίζεται από μεγάλη αστάθεια και κατακερματισμό των διαδικασιών υλοποίησής της καθώς και διαχωρισμό του τμήματος σχεδιασμού από την κατασκευή του έργου. Πρόκειται για μία τυπική αλυσίδα εφοδιασμού «κατά παραγγελία» (make-to-order) καθώς κάθε έργο αποτελεί ένα καινούργιο και μοναδικό προϊόν. Τέλος, εμφανίζει μία μικρή επανάληψη, αφού όταν πρόκειται για συγκεκριμένου τύπου έργα η διαδικασία που ακολουθείται μπορεί να είναι αρκετά όμοια και επαναλαμβανόμενη (Vrijhoef and Koskela, 2000).

### 3.2. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των κατασκευαστικών έργων

Η ιδιαιτερότητα του κατασκευαστικού κλάδου εντοπίζεται μέσα από μία σειρά χαρακτηριστικών που τον διαφοροποιούν τον κλάδο από τον αντίστοιχο κλάδο της μεταποίησης ως προς τον τρόπο διαχείρισης της εφοδιαστικής τους αλυσίδας. Συγκεκριμένα, τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να είναι:

- **Η ιδιαιτερότητα των έργων:** το κάθε κατασκευαστικό έργο είναι ξεχωριστό καθώς ο κάθε πελάτης έχει διαφορετικές ανάγκες και προτεραιότητες. Αντίστοιχα, οι χώροι κατασκευής μεταβάλλονται και διαφοροποιούνται σύμφωνα με τα ιδιαίτερα εδαφικά, κλιματολογικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Ακόμη και τα σχέδια του κάθε έργου δεν είναι ποτέ ίδια, ποικίλουν ανάλογα με τα ξεχωριστά τεχνικά και αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά τους.
- **Ο χώρος του εργοταξίου:** η κατασκευή ενός έργου πραγματοποιείται σε εργοτάξιο το οποίο μάλιστα ποικίλει ανάλογα με τους φυσικούς παράγοντες που επικρατούν στο έργο όπως είναι το έδαφος και οι καιρικές συνθήκες.
- **Η πολυεπίπεδη οργάνωση:** για τον προγραμματισμό και την υλοποίηση ενός κατασκευαστικού έργου συνδράμουν πολλές και διαφορετικές ομάδες εργασίας. Η δυσκολία αντίληψης της «μεταβαλλόμενης» φύσης ενός κατασκευαστικού έργου από τις ομάδες υλοποίησης έχει ως αποτέλεσμα την δυσκολία εφαρμογής της εφοδιαστικής αλυσίδας και το πέρας του οικοδομικού έργου εξ ολοκλήρου.
- **Το ρυθμιστικό και νομικό πλαίσιο:** σε ότι αφορά τις οικοδομικές δραστηριότητες το ρυθμιστικό και νομικό πλαίσιο των κατασκευών διαμορφώνεται, εξειδικεύεται και τροποποιείται με βάση την χώρα και την περιοχή στην οποία θα πρόκειται να κατασκευαστεί το έργο. Έτσι, προστίθεται επιπλέον δυσχέρεια στην διαχείριση της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.

#### 3.2.1. Σημερινές προκλήσεις στον κατασκευαστικό κλάδο

Παρά την ευρεία διαθεσιμότητα τεχνικών ελέγχου και λογισμικών διαχείρισης έργων πολλά κατασκευαστικά έργα δεν επιτυγχάνουν σε ικανοποιητικό βαθμό τους επιθυμητούς στόχους σε επίπεδο χρόνου και κόστους. Στην βιομηχανία των κατασκευών, ο στόχος του ελέγχου ενός έργου είναι η διασφάλιση της έγκαιρης παράδοσής του. Δηλαδή, καθίσταται σκόπιμη αφενός η εξασφάλιση του εντός

προϋπολογισμού κόστους του οικοδομικού έργου και αφετέρου η υλοποίηση της χρησιμότητάς του. Πρόκειται για μία αρκετά περίπλοκη εργασία η οποία έρχεται εις πέρας από τους διαχειριστές των έργων (project managers) και η οποία περιλαμβάνει συνεχόμενη καταγραφή και μέτρηση της προόδου του έργου μέσω της αξιολόγησης των σχεδίων και της διόρθωσης δράσεων όπου αυτό απαιτείται (Olawale and Sun, 2010).

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν εξελιχθεί αρκετοί μέθοδοι ελέγχου των έργων όπως το διάγραμμα Gantt (Gantt Bar Chart) και η δικτυωτή ανάλυση (Critical Path Method, Program Evaluation and Review). Ακόμα, μία ευρεία ποικιλία λογισμικών είναι διαθέσιμη ώστε να υποστηρίξει την εφαρμογή των συγκεκριμένων μεθόδων ελέγχου των έργων όπως τα εξής προγράμματα: Microsoft Project, Asta Power Project, Primavera κλπ. Όμως, παρά την παρουσία των μεθόδων και προγραμμάτων, στην πράξη, πολλά κατασκευαστικά έργα παρεκκλίνουν από τα επιθυμητά όρια χρόνου και κόστους (Olawale and Sun, 2010).

### 3.2.2. Τα κύρια μέλη της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας

Όπως έχει ήδη ειπωθεί, τα οικοδομικά έργα αποτελούν δραστηριότητες οι οποίες πραγματοποιούνται μία φορά στον συγκεκριμένο χώρο και χρόνο. Εξαιτίας για κάθε μοναδικό έργο διαμορφώνεται και η αντίστοιχη εφοδιαστική αλυσίδα. Η μη επαναλαμβανόμενη φύση των έργων αυτών καθιστά την ανάγκη για προσωρινούς δρώντες κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας οι οποίοι στην σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Οι συμμετέχοντες στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα

Συμμετέχοντες	Ιδιότητα
Ιδιοκτήτης -Πελάτης (Owner-client)	Ο πελάτης είναι ο ιδιοκτήτης του χώρου όπου πρόκειται να κατασκευαστεί το κτίριο αλλά και ιδιοκτήτης του ίδιου του κτιρίου. Σε αρχικό στάδιο, ο πελάτης επιλέγει κάποιο σύμβουλο ο οποίος με την σειρά του θα κινητοποιήσει τα επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας.
Χρήστες (Users Tenant, owner, public)	Πρόκειται για τους τελικούς καταναλωτές του κτιρίου ή της υποδομής.
Σύμβουλος (Consultant)	Η αρμοδιότητα του συμβούλου είναι να σχεδιάσει το κτίριο και να συμβάλει στην εύρεση της καλύτερης δυνατής προσφοράς για την επίβλεψη και τον έλεγχο των κατασκευαστικών εργασιών.
Υπεύθυνος του έργου (Project Manager)	Οι διαχειριστές του έργου λειτουργούν ως διαμεσολαβητές ανάμεσα στους συμβούλους και τους κύριους εργολάβους. Τόσο οι πελάτες όσο και οι κύριοι εργολάβοι έχουν τους δικούς τους υπευθύνους.

Ομάδα σχεδιασμού (Design Team)	Η ομάδα σχεδιασμού περιλαμβάνει το σύνολο του εξειδικευμένου προσωπικού που φέρει τον έλεγχο και την αρμοδιότητα για την προετοιμασία των σχεδίων και των υπολογισμών που αφορούν τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου. Η ομάδα μπορεί να περιλαμβάνει αρχιτέκτονες, πολιτικούς μηχανικούς, μηχανολόγους και ηλεκτρολόγους μηχανικούς, ειδικούς σχεδιαστές κλπ.
Κύριος εργολάβος (General contractor)	Ο κύριος εργολάβος φέρει την απόλυτη ευθύνη για τον συντονισμό αλλά και την κινητοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, έχοντας υπό την ευθύνη του την έγκαιρη και εντός προϋπολογισμού παράδοση του έργου. Από αυτή την σκοπιά, όλες οι προηγούμενες κατηγορίες που αναφέρθηκαν αλλάζουν για την κάθε κατηγορία έργου.
Υπεργολάβος (Subcontractors)	Οι υπεργολάβοι εξειδικεύονται στα τεχνικά ζητήματα των εγκαταστάσεων του έργου.
Τακτικοί προμηθευτές (Steady Suppliers)	Οι τακτικοί προμηθευτές διαχωρίζονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες: σε εκείνους που προμηθεύουν με τεχνικό εξοπλισμό το έργο και σε εκείνους που προμηθεύουν το έργο με πρώτες ύλες.
Προσωρινοί Προμηθευτές (Temporary Suppliers)	Πρόκειται για τους προμηθευτές, οι οποίοι πρόκειται να προμηθεύσουν το έργο για μία φορά και για μία συγκεκριμένη προμήθεια.

Πηγή: (Cotur, 2013), *ιδία επεξεργασία*

### 3.2.3.Οι απαιτούμενες δεξιότητες στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα

Οι απαιτούμενες δεξιότητες οι οποίες κρίνονται απαραίτητες για την επιτυχή λειτουργία της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: τις χειρωνακτικές και τις πνευματικές. Επιπλέον, όσον αφορά τη διαχείριση των σχέσεων που αναπτύσσονται στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα τον κρισιμότερο ρόλο διαδραματίζουν οι πνευματικές δεξιότητες. Σύμφωνα λοιπόν με την βιβλιογραφία, έμφαση δίνεται στις δεξιότητες συνεργασίας και γνώσης μεταξύ των εμπλεκόμενων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα χαρακτηριστικά των μελών της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας τα οποία καθίστανται χρήσιμα είναι:

- **Επικοινωνιακές δεξιότητες:** πρόκειται για ένα θεμελιώδες στοιχείο, το οποίο προέρχεται από την ικανότητα του διαχειριστή του έργου να χειρίζεται με σωστό τρόπο την ομιλία και την γραφή του. Η ορθή χρήση και κατανόηση της γλώσσας οδηγεί στην σύναψη επιτυχών σχέσεων συνεργασίας και στη διασφάλιση της ποιότητας του τελικού παραδοτέου προϊόντος.
- **Καλή γνώση πληροφορικής, μαθηματικών και οικονομικών:** Οι διαχειριστές των έργων οφείλουν να έχουν καλή γνώση σε τεχνολογίες πληροφοριών (IT) ώστε να είναι βέβαιοι ότι οι συνεργάτες και τα μέλη τα οποία απαρτίζουν την αλυσίδα



εφοδιασμού φέρουν τις κατάλληλες δεξιότητες και επιφέρουν έργο στην εταιρία. Υψίστης σημασίας θεωρείται αντίστοιχα η γνώση των οικονομικών με δεδομένο ότι επιτελείται συστηματικός έλεγχος, καταγραφή και σχεδιασμός των οικονομικών σε κάθε εργασία.

- **Αίσθημα ομαδικότητας:** ο συντονισμός και το κίνητρο του εργατικού δυναμικού είναι κρίσιμες αρχές που διέπουν τις σχέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα να αποδίδονται από τους διαχειριστές των έργων, μέσω της ικανότητας καθοδήγησης και σύμπραξης των καταλληλότερων εταιρικών συμφωνιών.
- **Ικανότητα σχεδιασμού και επίλυσης προβλημάτων:** οι κατασκευές, αποτελούν μία δραστηριότητα η οποία απαιτεί κατά βάση λεπτομερή σχεδιασμό και προγραμματισμό καθώς συχνά, μία εργασία για να ολοκληρωθεί ενδεχομένως να πρέπει να ολοκληρωθεί μία άλλη. Η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων αποτελεί αδιαμφισβήτητα ένα σημαντικό εφόδιο το οποίο στηρίζεται στην γνώση και τη δυνατότητα αντιμετώπισης των δυσκολιών που ενδεχομένως να προκύψουν κατά το σχεδιασμό, τις μεταφορές και την παραγωγή.
- **Χειρωνακτικές δεξιότητες:** σε μία κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, το εργατικό δυναμικό μίας εταιρίας ή ενός οργανισμού οφείλει να έχει δεξιότητες στο κατασκευαστικό κομμάτι παρά το τμήμα το οποίο αφορά τη διαχείριση της κατασκευής, ωστόσο κρίνεται απαραίτητο στοιχείο για την συνολική απόδοση της εταιρίας και τις εύρυθμες εταιρικές σχέσεις (Briscoe et al, 2001).

### **3.2.4.Οι περιπλοκότητες στα οικοδομικά έργα και οι δυσκολίες εφαρμογής της εφοδιαστικής αλυσίδας**

Τα κατασκευαστικά έργα αποτελούν σύνθετες δραστηριότητες οι οποίες συχνά λειτουργούν βάσει εκτεταμένων προγραμμάτων, περιλαμβάνουν μεγάλες επενδύσεις κεφαλαίου, συνδέονται με πολλούς και διαφορετικούς κλάδους ενώ ταυτόχρονα απαιτείται και κρίνεται σκόπιμη η διασφάλιση υψηλής ποιότητας. Ένας από τους κυρίαρχους κινδύνους που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι διαχειριστές των έργων στα οικοδομικά έργα είναι ο χρόνος. Οι χρονικές καθυστερήσεις επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις σε νομικό επίπεδο με την ύπαρξη των αντίστοιχων συμβάσεων και υποχρεώσεων.

Επιπλέον, ένας επιπρόσθετος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την περάτωση ενός οικοδομικού έργου είναι η έλλειψη συντονισμού και συνεργασίας μεταξύ των ειδικών που συνδράμουν στην υλοποίησή του. Κατά την διάρκεια του κύκλου ενός έργου εργάζονται εργολάβοι, ειδικοί σχεδιαστές, αρχιτέκτονες αλλά και προμηθευτές ως απόρροια της φύσης της δραστηριότητας, της έντασης εργασίας της και του αποκεντρωμένου χαρακτήρα των επιμέρους εργασιών της. Η ιδιαίτερη ανάγκη για λεπτομερή σχεδιασμό και η ανεπαρκής συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων, οδηγεί σε χαμηλή απόδοση, μειωμένη παραγωγικότητα, υπερβάσεις κόστους αλλά χρονικές καθυστερήσεις.

Οι παραπάνω λόγοι σκιαγραφούν την φύση των κατασκευαστικών έργων οι και την δυσκολία ανταπόκρισης στην τυπική εφαρμογή της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το

απόλυτο επίπεδο περιπλοκότητας, συσχετίζεται με την διαχείριση του έργου και εξαρτάται από τον τελικό πελάτη ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον καθορισμό του σχεδιασμού και τις προδιαγραφές του έργου. Έτσι, κρίνεται ανακριβής η ποσοτικοποίηση των πρώτων υλών, του εξοπλισμού και ο καταμερισμός των εργασιών με σκοπό την ενσωμάτωσή τους σε μία «τυπική» εφοδιαστική αλυσίδα. Δεδομένων των διαφοροποιημένων αναγκών και χαρακτηριστικών του κατασκευαστικού έργου, συνολικά, τα προβλήματα της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας πρόκειται για:

- Τον ελλιπή συντονισμό και την περιορισμένη συνεργασία μεταξύ προμηθευτών και πελατών.
- Τις συχνές αλλαγές σχεδίων και η ελλιπής πληροφόρηση, δημιουργώντας έτσι ανισορροπία σε όλα τα επίπεδα της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Η μειωμένη επικοινωνία και μεταφορά πληροφορίας σχετικά με τα οικοδομικά έργα λόγω του σφοδρού ανταγωνισμού.
- Ο μη λεπτομερής σχεδιασμός και ο ελλιπής έλεγχος των σχεδίων ,οδηγώντας σε δυσλειτουργική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Οι περιορισμένες δεξιότητες και γνώσεις των προμηθευτών, υπερβολάβων και εργατών που επιλέγονται από τον εργολάβο για την υλοποίηση των εργασιών.
- Η περιορισμένη εφαρμογή ή και απουσία αποτελεσματικών μεθόδων μέτρησης της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Η αβεβαιότητα της τοποθεσίας ζήτησης των κατασκευαστικών έργων.
- Τα κυμαινόμενα επίπεδα της ζήτησης και η αναντιστοιχία με τα κατασκευαστικά έργα.
- Η δυσκολία εύρεσης συγκεκριμένων προϊόντων και πρώτων υλών ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις των έργων.
- Η απρόβλεπτη ζήτηση η οποία δεν δύναται να ικανοποιηθεί λόγω της ανορθολογικής διαχείρισης των αποθεμάτων από την πλευρά των εργολάβων.
- Τα υψηλά επίπεδα ζήτησης και η αύξηση της ζήτησης για μεταφορική ικανότητα.
- Η έλλειψη συντονισμού και απόδοσης μεταξύ των διαφόρων τμημάτων συνολικά εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας.

### **3.3. Παράγοντες δυσκολίας προγραμματισμού ενός έργου**

Στα κατασκευαστικά έργα υπάρχει αρκετά έντονη δυσκολία ως προς την επίτευξη των στόχων χρόνου και κόστους. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία και τις αντίστοιχες έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στον κατασκευαστικό τομέα, αναγνωρίζονται ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά τον χρονικό ορίζοντα υλοποίησης του έργου όπως και την τήρηση του οικονομικού προϋπολογισμού. Σύμφωνα με τους Olawale και Sun , οι κυρίαρχοι παράγοντες αφορούν κυρίως τις αλλαγές στα οικοδομικά έργα, οι κίνδυνοι και αβεβαιότητες, η αδυναμία αξιολόγησης του χρονικού ορίζοντα του έργου καθώς και η περίπλοκη φύση των οικοδομικών εργασιών (Olawale and Sun, 2010).

### **3.3.1.Αλλαγές στα σχέδια των κατασκευαστικών έργων**

Αποτελεί τον κυρίαρχο παράγοντα χρονικής καθυστέρησης και αύξησης του κόστους ενός οικοδομικού έργου, γεγονός το οποίο οφείλεται αφενός στην υποτίμηση της επίδρασης του παράγοντα αυτού από την ομάδα σχεδιασμού η οποία αδυνατεί να παρέχει έγκαιρα πληροφορίες αλλά και στον μη λεπτομερή σχεδιασμό, έχοντας ως επακόλουθο την αλλαγή των σχεδίων και την κοστολόγηση των κινδύνων από τον εργολάβο. Επιπλέον, οφείλεται στον μη σαφή διαχωρισμό ανάμεσα στην αλλαγή των σχεδίων και την ανάπτυξη των σχεδίων. Συχνά, οι συνεργάτες σε ένα έργο, δεν συμφωνούν συχνά για το εάν μία αλλαγή στο σχέδιο απαιτεί για την υλοποίησή του στην πραγματικότητα επιπρόσθετο χρόνο και κόστος (Olawale and Sun, 2010.)

### **3.3.2.Οι κίνδυνοι και οι αβεβαιότητες στα κατασκευαστικά έργα**

Οι κίνδυνοι και οι αβεβαιότητες αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την εξέλιξη ενός έργου και την επίτευξη των στόχων του. Οι λόγοι για τους οποίους οι κίνδυνοι και οι αβεβαιότητες δυσχεραίνουν την λειτουργία ενός έργου οφείλονται στο γεγονός ότι δεν λαμβάνονται υπόψη και δεν αντιμετωπίζονται επαρκώς χρησιμοποιώντας εξελιγμένα ποσοτικά συστήματα διαχείρισης κινδύνου. Επιπλέον, δεν φέρουν επιπτώσεις κόστους και χρόνου με αποτέλεσμα η αξιολόγησή τους ως προς την επιρροή τους στους κατασκευαστικούς στόχους να καθίσταται ανέφικτη (Olawale and Sun, 2010.)

### **3.3.3.Η αδυναμία αξιολόγησης της χρονικής διάρκειας του έργου**

Η διαδικασία ελέγχου ενός έργου αποσκοπεί στην έγκαιρη παράδοση και στην αξιολόγηση του χρόνου ολοκλήρωσης ενός έργου. Συνιστά κομβικό σημείο για την επιτήρηση ενός έργου καθώς ορίζεται η έναρξη υλοποίησης του οικοδομικού έργου. Η αδυναμία αξιολόγησης της χρονικής αξιολόγησης του έργου είναι:

- Η χρήση μη επιστημονικά αποδεδειγμένων μεθόδων αξιολόγησης.
- Η πίεση που ασκείται στους υπεύθυνους του έργου από τους πελάτες για την παράδοση του έργου εντός χρονικών πλαισίων που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα με αποτέλεσμα οι ομάδες σχεδιασμού να υπερβαίνουν χρονικά στην παράδοση του έργου λόγω βιασύνης και ελλιπούς σχεδιασμού.
- Η κατάρτιση του προγράμματος των οικοδομικών εργασιών από άπειρους σχεδιαστές οι οποίοι αδυνατούν να εκτιμήσουν αποδοτικά τον απαιτούμενο χρόνο των κατασκευαστικών εργασιών.

### **3.3.4.Η πολυπλοκότητα των οικοδομικών εργασιών**

Η πολυπλοκότητα του έργου μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μεμονωμένος παράγοντας ή συνδυασμός παραγόντων επίδρασης του προτύπου δράσεων και λήψης αποφάσεων για την υλοποίησή του. Τα κατασκευαστικά έργα φέρουν υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας γεγονός το οποίο καθιστά μη αποτελεσματικό τον έλεγχο του κόστους και του χρόνου. Πιο αναλυτικά, η επίτευξη των στόχων κόστους οφείλονται στους εξής λόγους:

- Τα σύνθετα έργα δεν είναι επαρκώς κατανοητά πριν ξεκινήσουν οι οικοδομικές εργασίες, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αρνητική επίδραση της συνθετότητάς τους κατά τον έλεγχο του κόστους και του χρόνου.
- Ο μη σαφής διαχωρισμός του οικοδομικού έργου σε επιμέρους τμήματα διαχείρισης για την καλύτερη δυνατή εποπτεία.

### 3.4. Η διαχείριση των logistics στα κατασκευαστικά έργα

Ο ρόλος των logistics στα πλαίσια διαχείρισης των εφοδιαστικών αλυσίδων στις κατασκευές είναι αρκετά σημαντικός. Συγκεκριμένα, λειτουργούν ως ενδιάμεσος οργανισμός ο οποίος αποσκοπεί στην έγκαιρη και χωρίς καθυστερήσεις παράδοση των υλικών και πρώτων υλών στον χώρο κατασκευής ενός έργου. Συνεπώς, γίνεται σαφές ότι λειτουργούν ως μέσο τροφοδότησης του εργοταξίου με τις κατάλληλες προμήθειες σε πρώτες ύλες και υλικά. Στο πλαίσιο ενός κατασκευαστικού περιβάλλοντος το δίκτυο των logistics στοχεύει στην βελτίωση της απόδοσης του έργου μέσω του αποτελεσματικού προγραμματισμού παράδοσης και διαχείρισης των υλικών.

Στις κατασκευές, η ανατροφοδότηση και η μάθηση έχουν ως αποτέλεσμα στην προσαρμογή των δομικών αποφάσεων των logistics και των λειτουργικών στόχων στις απαιτήσεις της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Οι δομικές αποφάσεις των logistics συμπεριλαμβάνουν την επιλογή του αριθμού των αποθηκών, την επιλογή της τοποθεσίας και της χωρητικότητας, τα εμπορεύσιμα προϊόντων όπως επίσης και τον τρόπο μεταφοράς αυτών. Αντίστοιχα, οι λειτουργικοί στόχοι στην διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αναφέρονται σε ρυθμίσεις που αφορούν την τοποθεσία, το απόθεμα και την μεταφορά με το μικρότερο λειτουργικό κόστος και την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών (Vidalakis et al., 2011).

### 3.5. Οι τάσεις διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας

Οι σημερινές κοινωνίες καλούνται να αντιμετωπίσουν σημαντικές προκλήσεις σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Μία από τις κυριότερες ανθρωπογενείς δραστηριότητες σε βαθμό περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, είναι οι κατασκευές. Η βιομηχανία των κατασκευών συνιστά μία από τις σημαντικότερες βιομηχανίες ως προς την κατανάλωση πρώτων υλών, πόρων και ενέργειας, επιβαρύνοντας σε υψηλό επίπεδο το φυσικό περιβάλλον. Όσον αφορά τον Ευρωπαϊκό χώρο, τα στερεά απόβλητα τα οποία προέρχονται από τις κατασκευές διαμορφώνουν αρκετά υψηλό ποσοστό αποβλήτων, γεγονός το οποίο υποδηλώνει το μέγεθος της του οικολογικού αποτυπώματος από τις δραστηριότητες των κατασκευών. Παγκοσμίως, ο κατασκευαστικός κλάδος καταναλώνει το 1/3 των συνολικών πόρων ενώ εκπέμπει σε ποσοστό το οποίο ξεπερνάει το 39% των αερίων του θερμοκηπίου καθιστώντας μεγάλη ανάγκη για μείωση κατανάλωσης φυσικών πόρων μέσω διαχείρισης (Badi and Murtagh, 2019).

### 3.5.1. Η πράσινη κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα (GSC)

Λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές προκλήσεις και τις αντίστοιχες κατευθύνσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την κλιματική αλλαγή, έχει δημιουργηθεί η ανάγκη υιοθέτησης της πράσινης εφοδιαστικής αλυσίδας. Η πράσινη εφοδιαστική αλυσίδα στις κατασκευές (Green Supply Chain) πρόκειται για μία συστημική προσέγγιση η οποία φέρει τα χαρακτηριστικά της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας αναλογίζοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις πιέσεις και αξιοποιώντας τις υφιστάμενες περιβαλλοντικές πολιτικές και νομοθεσίες. Ουσιαστικά, η πράσινη εφοδιαστική αλυσίδα ενσωματώνει την περιβαλλοντική διάσταση στην εφοδιαστική αλυσίδα, περιλαμβάνοντας τη μείωση των υλικών ροών όπως και την ελαχιστοποίηση των ακούσιων αρνητικών επιπτώσεων που προκύπτουν λόγω της παραγωγής και της κατανάλωσης, ενσωματώνοντας την ιδέα της κυκλικής οικονομίας και της βιομηχανικής οικολογίας.

Η θεμελιώδης ιδέα, στην οποία βασίζεται η Πράσινη Εφοδιαστική αλυσίδα ή διαφορετικά Περιβαλλοντική Εφοδιαστική Αλυσίδα στις κατασκευές είναι η επαρκής και αποτελεσματική διαχείριση των περιβαλλοντικών πρακτικών. Οι περιβαλλοντικές πρακτικές αφορούν τον σχεδιασμό, την αγορά και την παραγωγή σε επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας. Μία επιπλέον παράμετρο την οποία προσμετρά η πράσινη εφοδιαστική αλυσίδα είναι οι περιβαλλοντικές προδιαγραφές όπως ορίζονται από τις περιβαλλοντικές νομοθεσίες.

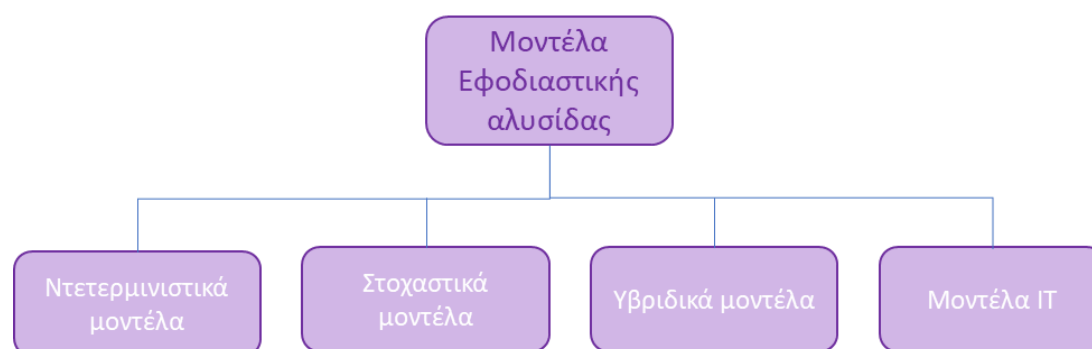
Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι, υπάρχει στοιχειώδης διαφορά ανάμεσα στους ορισμούς της Πράσινης Εφοδιαστικής Αλυσίδας και της Βιώσιμης Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Παρόλο που οι δύο έννοιες συγχέονται και θεωρούνται ταυτόσημες, στην πραγματικότητα, η Πράσινη Εφοδιαστική Αλυσίδα λαμβάνει υπόψη την εφοδιαστική αλυσίδα στο τμήμα της κατανάλωσης ενέργειας. Η Βιώσιμη Εφοδιαστική Αλυσίδα συμπεριλαμβάνει μία ευρύτερη προοπτική η οποία δεν αναλογίζεται μόνο τα περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά υπολογίζει αντίστοιχα οικονομικά και κοινωνικά ζητήματα (Badi and Murtagh, 2019).

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Μοντέλα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στα κατασκευαστικά έργα

#### 4.1.Μοντέλα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας

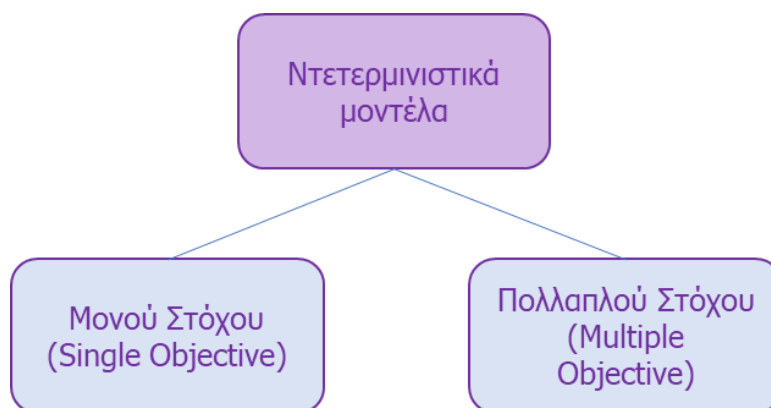
Η μοντελοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αδιαμφισβήτητα μία ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, την καλύτερη δυνατή ενσωμάτωση των επιπέδων της αλλά και την κατανόηση της περιπλοκότητας του συστήματός της. Απώτερος σκοπός από την εφαρμογή μοντέλων διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η απόκτηση συγκριτικού πλεονεκτήματος. Κατανοώντας το ευρύ φάσμα μίας εφοδιαστικής αλυσίδας, γίνεται κατανοητό ότι υπάρχουν ποικίλες κατηγορίες ταξινόμησης στα μοντέλα διαχείρισής τους. Πιο αναλυτικά, γίνεται διάκριση σε ποιοτικά και ποσοτικά μοντέλα διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας, με τα αντίστοιχα ποσοτικά μοντέλα να επιμερίζονται σε μοντέλα προσομοίωσης και μοντέλα βελτιστοποίησης (Min and Zhou, 2002).



Σχήμα 1: Κατηγοριοποίηση των μοντέλων της εφοδιαστικής αλυσίδας, Πηγή (Min and Zhou, 2002)

##### 4.1.1.Ντετερμινιστικά μοντέλα

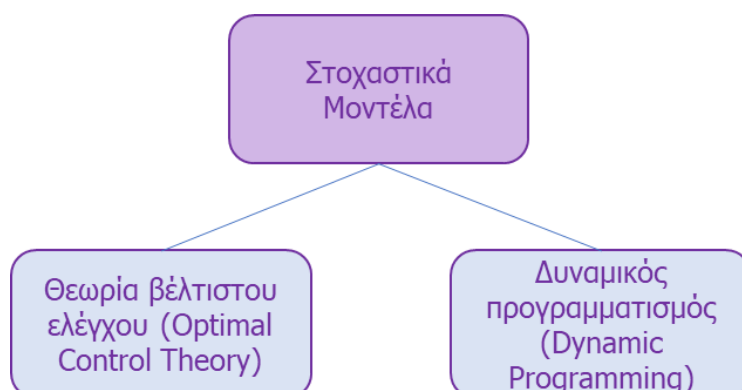
Όσον αφορά τα ντετερμινιστικά μοντέλα, όλες οι παράμετροι και οι μεταβλητές οι οποίες συμπεριλαμβάνονται σε αυτό θεωρούνται γνωστές. Τα ντετερμινιστικά μοντέλα, διχοτομούνται σε δύο επιπλέον κατηγορίες : σε μοντέλα μονού στόχου (single objective) και σε μοντέλα πολλαπλού στόχου (multiple objective). Η δεύτερη κατηγορία μοντέλων αναπτύχθηκε λόγω της ανάγκης εναρμόνισης των συγκρουόμενων στόχων ανάμεσα στα διάφορα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας (Min and Zhou, 2002).



Σχήμα 2: κατηγοριοποίηση των ντετερμινιστικών μοντέλων, Πηγή: (Min and Zhou, 2002)

#### 4.1.2. Στοχαστικά μοντέλα

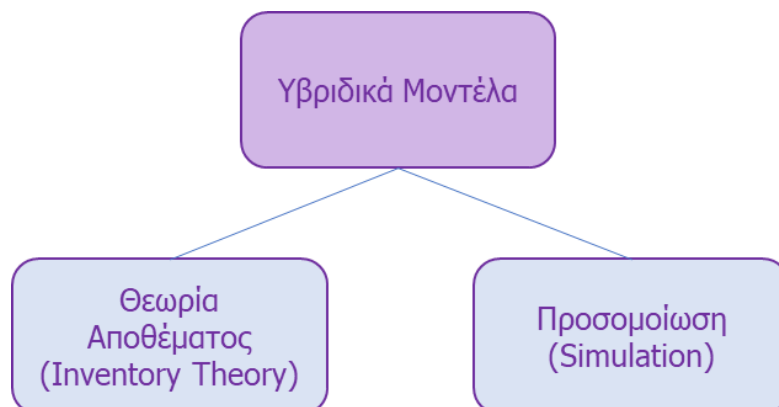
Η υψηλή ανταγωνιστικότητα και τα αυξανόμενα στοιχεία αβεβαιότητας όπως οι καταναλωτικές ανάγκες των πελατών και η διακύμανση της παραγωγής καθιστούν τα στοχαστικά μοντέλα κατάλληλα για την καταγραφή αυτού του είδους τις αβεβαιότητες και συνεπώς, σε αυτού του είδους τα μοντέλα οι μεταβλητές βασίζονται στην αβεβαιότητα. Μία από τις σημαντικότερες προσπάθειες αντιμετώπισης της στοχαστικής φύσης της εφοδιαστικής αλυσίδας αποδίδεται στον Midler (1969), ο οποίος ανέπτυξε για πρώτη φορά ένα στοχαστικό μοντέλο βασισμένο στη θεωρία του βέλτιστου ελέγχου (*optimal solution theory*) με σκοπό την εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού μεταφορικών μέσων, εμπορευματικών ροών και δρομολόγησης του εμπορεύματος για έναν συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού. Τέλος, τα στοχαστικά μοντέλα, διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες: σε θεωρητικά μοντέλα βέλτιστου ελέγχου (*optimal control theoretic models*) και σε μοντέλα δυναμικού προγραμματισμού (*dynamic programming models*) (Min and Zhou, 2002).



Σχήμα 3: Ταξινόμηση των στοχαστικών μοντέλων της εφοδιαστικής αλυσίδας, Πηγή: (Min and Zhou, 2002), ίδια επεξεργασία

### 4.1.3. Υβριδικά μοντέλα

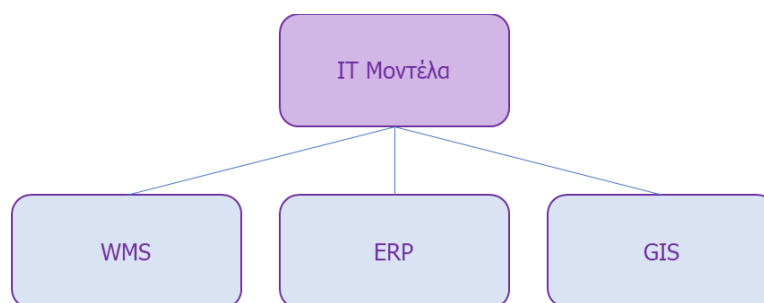
Τα υβριδικά μοντέλα αποτελούν μία σύνθεση από τα ντετερμινιστικά και τα στοχαστικά μοντέλα, και περιλαμβάνουν τα θεωρητικά μοντέλα αποθέματος (*inventory-theoretic models*) και τα μοντέλα προσομοίωσης (*simulation models*) (Min and Zhou, 2002).



Σχήμα 4: Ταξινόμηση των υβριδικών μοντέλων της εφοδιαστικής αλυσίδας, Πηγή: (Min and Zhou, 2002), ίδια επεξεργασία

### 4.1.4. Μοντέλα IT

Τα μοντέλα IT είναι μοντέλα διαχείρισης στηριζόμενα στις τεχνολογίες επικοινωνίας και του ίντερνετ. Είναι μία αναδυόμενη κατηγορία μοντέλων τα οποία καλούνται να ενσωματώσουν τεχνολογίες και εξειδικευμένα λογισμικά. Τα μοντέλα IT έχουν την δυνατότητα αυξημένης «ορατότητας» σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα και τα οποία περιλαμβάνουν: WMS, TMS (Transportation Management System), MRP (Material Requiring Planning), DRP (Distribution Resource Planning), GIS (Geographic Information System). Ορισμένα μάλιστα από αυτά τα μοντέλα όπως τα WMS, ERP και GIS έχουν αποκτήσει ιδιαίτερα δημοφιλή θέση ανάμεσα στα μοντέλα προσομοίωσης, γεγονός το οποίο οφείλεται στην παροχή συνεχούς ροής πληροφορίας κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Min and Zhou, 2002)



Σχήμα 5: Ταξινόμηση των μοντέλων IT της εφοδιαστικής αλυσίδας, Πηγή: (Min and Zhou, 2002), ίδια επεξεργασία



Ανεξαρτήτως των βασικών κατηγοριών, τα μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν αντίστοιχα να ταξινομηθούν σε διάφορα άλλα πλαίσια, αξιολογώντας το πεδίο εφαρμογής του κάθε προβλήματος.

## 4.2. Οι ανάγκες ανάπτυξης μοντέλων διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας

Οι εφοδιαστικές αλυσίδες είναι ιδιαίτερα σύνθετα συστήματα, η περιπλοκότητα των οποίων έγκειται στην εξάρτηση της τελικής απόδοσή τους από την λήψη αποφάσεων πολλών και ανεξάρτητων μεταξύ τους επιχειρήσεων και οργανισμών. Με δεδομένη την ύπαρξη πολλών και σημαντικών μεταβλητών απόφασης σε μία εφοδιαστική αλυσίδα, έχουν αναπτυχθεί μοντέλα και αντίστοιχα εργαλεία τα οποία συμβάλλουν στην λήψη αποφάσεων και βοηθούν στην συνολική απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι το πλαίσιο μοντελοποίησης μίας κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας διαφέρει αισθητά από το πλαίσιο της τυπικής εφοδιαστικής αλυσίδας παραγωγής (Çotur, 2013).

Σύμφωνα με τους συγγραφείς Min και Zhou χωρίς να είναι εκ των προτέρων γνωστά τα απαιτούμενα προς διαχείριση τμήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι δεν κρίνεται εφικτό να πραγματοποιηθούν σημαντικοί στόχοι ή οράματα από την εφαρμογή αυτής. Η απουσία συγκεκριμένων στόχων μεταφράζεται ως δυσκολία ανάπτυξης μέτρων απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας και συνεπώς κρίνεται απαραίτητο για την δημιουργία του κατάλληλου μοντέλου διαχείρισης να εντοπιστούν τα θεμελιώδη στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, υποστηρίζουν ότι η ανάθεση στόχων και η προσπάθεια υλοποίησής τους αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη μοντέλου εφοδιαστικής αλυσίδας. Ωστόσο, για να τεθούν οι στόχοι θα πρέπει εξ αρχής να γίνουν κατανοητές οι «κινητήριες δυνάμεις» πίσω από τις συνδέσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας οι οποίες αφορούν τους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας, την εξυπηρέτηση των πελατών, την διαθεσιμότητα του προϊόντος και τον χρόνο ανταπόκρισης (Min and Zhou, 2002).

## 4.3. Περιορισμοί διαμόρφωσης των μοντέλων διαχείρισης

Εμπόδια στην διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελούν ορισμένοι περιορισμοί οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη κατά τη λήψη των αποφάσεων σε μία επιχείρηση. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται αναλυτικά και είναι οι εξής:

- **Η χωρητικότητα των επιμέρους τμημάτων:** η δυνατότητα χωρητικότητας αφορά την παραγωγή, τις προμήθειες, το οικονομικό κεφάλαιο, τον τεχνολογικό εξοπλισμό, το εργατικό δυναμικό αλλά και τον χώρο φύλαξης του αποθέματος και της κατασκευής.
- **Η εξυπηρέτηση των πελατών:** το πιο σημαντικό εμπόδιο το οποίο καλείται να αντιμετωπίσει η εφοδιαστική αλυσίδα είναι η ικανοποίηση των καταναλωτικών αναγκών των πελατών. Η εξυπηρέτηση ωστόσο των πελατών βασίζεται σε παράγοντες όπως το χρονικό περιθώριο παράδοσης, οι ημερομηνίες παράδοσης ή ο χρόνος μεταφοράς οι οποίοι περιορισμοί θα πρέπει να συνυπολογίζονται ως περιορισμοί για την ανάπτυξη ενός ενιαίου μοντέλου διαχείρισης.

- **Η κάλυψη της ζήτησης:** η ενσωμάτωση των επιπέδων μίας εφοδιαστικής αλυσίδας αποσκοπεί στην εξισορρόπηση της ικανότητας παραγωγής σε μία ενδεχόμενη αύξηση της ζήτησης. Ο περιορισμός αυτός θα πρέπει να περιλαμβάνεται στο μοντέλο της εφοδιαστικής αλυσίδας (Hokey Min, 2002).

#### 4.4.Μεταβλητές απόφασης της εφοδιαστικής αλυσίδας

Σύμφωνα με τους Min και Zhou , οι μεταβλητές απόφασης θέτουν τα όρια στην λήψη αποφάσεων και συνδέονται άμεσα με την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έτσι, τα μέτρα απόδοσης μίας εφοδιαστικής αλυσίδας εκφράζονται ως συναρτήσεις μίας ή περισσότερων μεταβλητών απόφασης (Min and Zhou, 2002) . Ορισμένες από τις πιο συνηθισμένες μεταβλητές απόφασης οι οποίες αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να είναι:

- Η τοποθεσία
- Η δομή του δικτύου
- Οι εγκαταστάσεις
- Ο εξοπλισμός
- Ο αριθμός των επιπέδων της εφοδιαστικής αλυσίδας
- Ο όγκος της παραγωγής.
- Το επίπεδο του αποθέματος
- Το μέγεθος της παρτίδας

#### 4.5.Παραδείγματα ποιοτικών μοντέλων διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας

##### 4.5.1.Οριζόντια μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας για τα βαριά κατασκευαστικά έργα

Η κατασκευαστική βιομηχανία μπορεί να διαιρεθεί σε τρία επιμέρους τμήματα τα οποία αφορούν τις υποδομές, την βιομηχανία αλλά και τα ακίνητα. Πιο αναλυτικά, μερικά παραδείγματα τα οποία αφορούν τις υποδομές είναι οι δρόμοι, τα αεροδρόμια, τα λιμάνια και οι σιδηρόδρομοι. Αντίστοιχα στις βιομηχανικές κατασκευές συμπεριλαμβάνονται τόσο οι δημόσιες όσο και οι ιδιωτικές βιομηχανίες όπως οι βιομηχανίες χάλυβα και πετροχημικών, τα διυλιστήρια κλπ. Από την άλλη οι κατασκευές που αφορούν τα ακίνητα περιλαμβάνουν την κατασκευή κατοικιών, ξενοδοχείων , νοσοκομείων και σχολείων. Τα επιχειρησιακά μοντέλα τα οποία αφορούν την κατασκευαστική βιομηχανία είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες της κατασκευαστικής βιομηχανίας , για τον λόγο αυτό διακρίνονται σε δύο διαφορετικά μοντέλα. Τα οριζόντια μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας τα οποία αφορούν την βαριά κατασκευαστική βιομηχανία και αντίστοιχα τα κάθετα μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας της ελαφριάς κατασκευαστικής βιομηχανίας.

#### 4.5.2.Κάθετα μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας για τα ελαφριά κατασκευαστικά έργα

Ο κάθετος κατασκευαστικός κλάδος, περιλαμβάνει μία ευρεία ποικιλία έργων , ενώ πρόκειται για έργα τα οποία χρηματοδοτούνται από εμπορικές τράπεζες. Οι διαχειριστές των έργων αποτελούν βασική οντότητα σε ένα κάθετο μοντέλο ενώ τα προβλήματα ιδιωτικής ιδιοκτησίας μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο ευπάθειας και συνεπώς ακόμη και χρεοκοπίας σε περιπτώσεις διακύμανσης του μοντέλου αυτού.

#### 4.5.3.Η προσέγγιση της λιτής διαχείρισης στην εφοδιαστική αλυσίδα

Οι αρχές της «λιτής σκέψης» προσφέρουν αρκετές ευκαιρίες ως προς την διαχείριση των προβλημάτων τα οποία αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα. Συγκεκριμένα, η «λιτή σκέψη» πρόκειται για έναν συνδυασμό αρχών φιλοσοφίας, συστημάτων και τεχνικών. Η ελλιπής κατανόηση του συνδυασμού αυτού οδηγεί αρκετές φορές στην αναποτελεσματικότητα της εφαρμογής του. Η βάση της λιτής σκέψης είναι ο περιορισμός των απωλειών της παραγωγικής διαδικασίας και αποσκοπεί στην μείωση του χρονικού διαστήματος από την παραγγελία του καταναλωτή έως και την τελική παράδοση του προϊόντος. Απεναντίας, στον κατασκευαστικό κλάδο υφίστανται διαφοροποιήσεις καθώς στον κλάδο συμμετέχουν πολλές διαφορετικές εταιρίες στον κύκλο του προϊόντος όπως ιδιοκτήτες, σχεδιαστές, εργολάβοι και προμηθευτές.

Εξαιτίας της διαφοράς ανάμεσα στην παραγωγική και κατασκευαστική αλυσίδα, τα εργαλεία της λιτής σκέψης δεν μπορούν να εφαρμοστούν με τον ίδιο τρόπο στην κατασκευαστική αλυσίδα, ωστόσο η εφαρμογή της λιτής παραγωγής είναι γνωστή ως «λιτή κατασκευή». Η συλλογιστική της λιτής διαχείριση αποσκοπεί στην όσον το δυνατόν μεγαλύτερη εξάλειψη της σπατάλης και οποιασδήποτε ανεπάρκειας που συντελεί στην κατανάλωση επιπρόσθετης ποσότητας πρώτων υλών, χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού, εργασίας ή κεφαλαίου χωρίς η αύξηση αυτή να οφείλεται στις επιπρόσθετες ανάγκες της παραγωγικής διαδικασίας.

Η σύλληψη της «λιτής κατασκευής», σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, αποδίδεται στην σύνδεση πέντε κυρίαρχων ροών οι οποίες ροές αφορούν την επιχείρηση, τον σχεδιασμό, το εργοτάξιο, την προμήθεια, την χρήση αλλά και την διατήρηση της κατασκευής. Η ροές στις επιχειρήσεις περιλαμβάνουν το σύνολο των αρμοδιοτήτων που αναλαμβάνει ο υπεύθυνος του έργου ώστε να φέρει εις πέρας τις απαιτήσεις και ανάγκες του έργου (σχεδιασμός του έργου, ανάθεση των συμβάσεων, παρακολούθηση και παράδοση του έργου στον πελάτη).

Αντίστοιχα, η ροή του σχεδιασμού αποδίδεται στους αρχιτέκτονες και οι εργασίες του υποκινούνται από τις ανάγκες του ιδιοκτήτη του έργου. Ακόμα, η ροή του εργοταξίου είναι υπό την επίβλεψη του γενικού εργολάβου με την συμβολή των υπεργολάβων και των προμηθευτών. Η ροή των προμηθειών είναι κοινή σε κάθε εφοδιαστική αλυσίδα και αφορά τα προϊόντα και τον μηχανολογικό εξοπλισμό που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση του οικοδομικού έργου. Τέλος, η ροή της χρήσης και διατήρησης περιλαμβάνει όλες εκείνες τις δραστηριότητες συντήρησης του έργου αφότου εκείνο παραδοθεί στον ιδιοκτήτη (Çotur, 2013).

#### 4.5.4. Μοντέλα SCOR

Το Συμβούλιο Εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Council) έχει καθιερώσει ένα πλαίσιο μοντελοποίησης με βάση το οποίο πραγματοποιείται η τυποποίηση, η μέτρηση αλλά και η βελτίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η μεθοδολογία SCOR (Supply Chain Operations Reference) βασίζεται σε πέντε κύριες λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας:

1. Τον σχεδιασμό
2. Τις πρώτες ύλες
3. Την κατασκευή
4. Την διανομή
5. Την επιστροφή

Η ιεραρχική δομή της μεθοδολογίας συνίσταται από τέσσερα (4) επίπεδα. Η μεθοδολογία είναι αρκετά γενική για τον λόγο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες επιχειρήσεις. Η κλίμακα και ο τύπος τους ποικίλει ενώ το πλαίσιο της μεθοδολογίας είναι κατάλληλο ώστε να εφαρμοστεί σε διάφορων τύπων κατασκευαστικές εφοδιαστικές αλυσίδες. Το μοντέλο SCOR, όπως αναφέρεται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, παρέχει μία πιο συστηματική προσέγγιση ως προς την απόδοση, τον χαρακτηρισμό και την αποτελεσματικότητα των σύνθετων διαδικασιών σε μία εφοδιαστική αλυσίδα. Η προτυποποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών είναι απαραίτητη ώστε να επιτυγχάνεται η επικοινωνία και η ενσωμάτωση μεταξύ των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πιο αναλυτικά, το μοντέλο αυτό προσπαθεί να αποτυπώσει τις λειτουργίες μίας επιχείρησης συμπεριλαμβάνοντας τις αλληλεπιδράσεις με τους πελάτες της, την μεταφορά των προϊόντων της και τις δυνάμεις της αγοράς. Επιπλέον, το μοντέλο SCOR επιτρέπει στους χρήστες να τυποποιούν τις δομές της εφοδιαστικής αλυσίδας με ένα προοδευτικό και συστηματικό τρόπο μέσα από τα τέσσερα επίπεδα ανάπτυξης της (Cheng et al., 2010).

Πίνακας 3: Τα επίπεδα ανάπτυξης της εφοδιαστικής αλυσίδας σύμφωνα με το μοντέλο SCOR

Επίπεδο	Ιδιότητες
Επίπεδο 1	Παρέχει έναν ευρύ προσδιορισμό του πεδίου και του περιεχομένου του μοντέλου SCOR
Επίπεδο 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Διαχωρίζει τις πέντε (5) βασικές διαδικασίες διαχείρισης σε κατηγορίες οι οποίες επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να περιγράψουν την διάταξη της εφοδιαστικής τους αλυσίδας.</li><li>• Ορίζονται οι έννοιες των σχέσεων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας.</li></ul>
Επίπεδο 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Παρέχονται πληροφορίες λεπτομερούς σχεδιασμού και καθορίζονται στόχοι στις επιχειρήσεις.</li><li>• Τίθεται η βάση για την μέτρηση απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας.</li></ul>

Επίπεδο 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Επικεντρώνεται στην επίτευξη των στόχων οι οποίοι είναι ξεχωριστοί για την κάθε επιχείρηση και οι χρήστες θα πρέπει να έχουν σχεδιάσει λεπτομερώς τις διαδικασίες του επιπέδου 3 με σκοπό να κατανοήσουν καλύτερα τις βασικές ανάγκες τους.</li> </ul>
-----------	---

Πηγή: (Cheng et al., 2010), ίδια επεξεργασία

Μέσω λοιπόν των παραπάνω επιπέδων ανάπτυξης του μοντέλου SCOR μπορούν να παρουσιαστούν περίπλοκες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους δρώντες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, το μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα καθώς μπορεί να περιλαμβάνει πολυάριθμους και σύνθετους οργανισμούς. Το πλαίσιο SCOR επιτρέπει στους χρήστες να «μοντελοποιήσουν» τις σχέσεις και τις δομές της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας με τρόπο συστηματικό και ταυτόχρονα προοδευτικό.

Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το μοντέλο SCOR, δεν μπορεί να καλύψει τις ανάγκες διαχείρισης ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί όμως ένα ισχυρό υπόβαθρο διαχείρισης. Ως σημείο αναφοράς το μοντέλο SCOR πρόκειται για ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο παρουσίασης, ανάλυσης και ρύθμισης της εφοδιαστικής αλυσίδας παρέχοντας μία τυποποιημένη ορολογία και μεθοδολογία προσφέροντας έτσι μία συγκριτική αξιολόγηση. Ωστόσο, το σημείο στο οποίο κρίνεται ως ελλιπές είναι η αδυναμία παροχής βελτιστοποίησης (Behera et al., 2015).

#### 4.5.5. Το μοντέλο των συνδέσεων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας

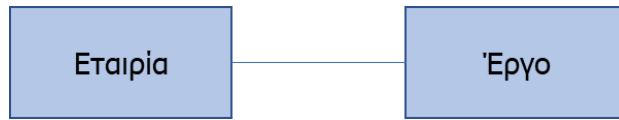
Το μοντέλο των συνδέσεων, πρόκειται για μία σύνθεση η οποία προκύπτει από την βιβλιογραφία της θεωρίας της βιομηχανικής οργανωτικής οικονομίας και της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε μία προσπάθεια να αποδώσει την κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα. Συγκεκριμένα, ο Heins (1996) ανέπτυξε την τυπολογία του μοντέλου, η οποία στηρίζεται σε πέντε (5) τύπους «συνδέσεων». Σε επέκταση του υφιστάμενου μοντέλου, οι συγγραφείς Behera, Mohanty και Prakash (2015) προσθέτουν δύο (2) επιπλέον συνδέσεις, οι οποίες αναλύονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4: Οι διαμορφωμένες σχέσεις βάση του μοντέλου των συνδέσεων

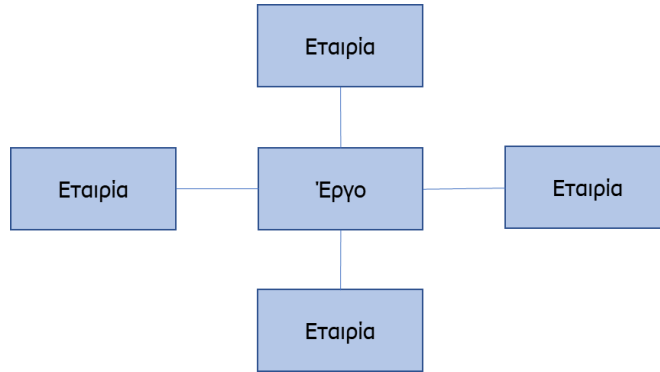
Συνδέσεις	Χαρακτηριστικά
<i>Έργο-εταιρία: σύνδεση ένα προς ένα</i>	Σε ένα πολύ βασικό επίπεδο, το οικοδομικό έργο αντιπροσωπεύει την αγορά στην οποία απευθύνεται μία εταιρία ώστε να την προμηθεύσει με τα προϊόντα της. Η σύνδεση μεταξύ της εταιρίας και του έργου εντοπίζεται στην κινητοποίηση των πηγών της πρώτης ώστε να εξελιχθεί το έργο.
<i>Έργο-εταιρία: σύνδεση ένα προς πολλές</i>	Με δεδομένη την περιπλοκότητα των οικοδομικών έργων, υπάρχουν πολλές και διαφορετικές εταιρίες οι οποίες εργάζονται ταυτόχρονα και η κάθε μία

	από αυτές έχει και διαφορετική αλληλεπίδραση με το έργο.
<i>Συνδέσεις ανάμεσα σε πολλά έργα και πολλές εταιρίες</i>	Πολλά κατασκευαστικά έργα είναι δυνατό να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα ενώ κάθε ένα από αυτά χρησιμοποιεί πολλές εταιρίες που εργάζονται για αυτό. Αντίστοιχα υπάρχουν περισσότερα έργα στην βιομηχανία. Παρόλες τις συνδέσεις που διαμορφώνει κάθε εταιρία, συνήθως σχηματίζει μία σχέση η οποία την συνδέει με το έργο.
<i>Ένα δίκτυο από πολλές συνδέσεις μεταξύ εταιριών και έργων</i>	Το πρότυπο αυτό υποδηλώνει την δομή της κατασκευαστικής βιομηχανίας στα πλαίσια των εταιριών και των έργων. Συγκεκριμένα, η βιομηχανία συντίθεται από πολλά οικοδομικά έργα και πολυάριθμες εταιρίες οι οποίες συνεργάζονται με αυτά. Ωστόσο, οι εταιρίες αυτές προμηθεύουν ταυτοχρόνως περισσότερα τους ενός έργα.
<i>Ένα δίκτυο συνδέσεων μεταξύ εταιριών και έργων και μεταξύ εταιριών.</i>	Η οργανωτική δομή της κατασκευαστικής βιομηχανίας θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε δίκτυα από εταιρία σε εταιρία αλλά και από δίκτυα από εταιρία σε κατασκευαστικό έργο.
<i>Ένα δίκτυο συνδέσεων μεταξύ εταιριών και έργων, μεταξύ έργων και μεταξύ εταιριών.</i>	Η οργανωτική δομή της κατασκευαστικής βιομηχανίας θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε δίκτυα από έργο σε έργο , από δίκτυα εταιρίας προς εταιρία και από εταιρία σε κατασκευαστικό έργο.
<i>Ένα δίκτυο συνδέσεων μεταξύ εταιρίας και πολλών έργων και μεταξύ εταιριών.</i>	Η οργανωτική δομή της κατασκευαστικής βιομηχανίας θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε δίκτυα από έργο σε έργο και από εταιρία σε κατασκευαστικό έργο.

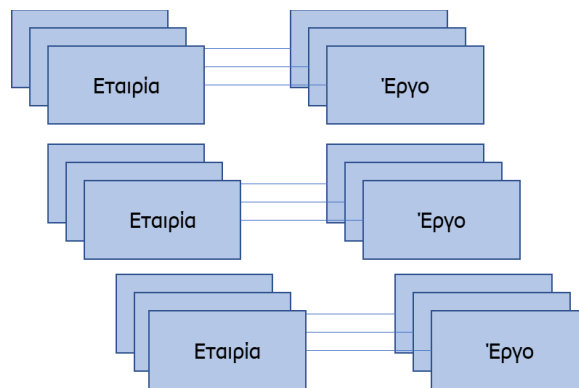
Πηγή: (Behera et al., 2015), ίδια επεξεργασία



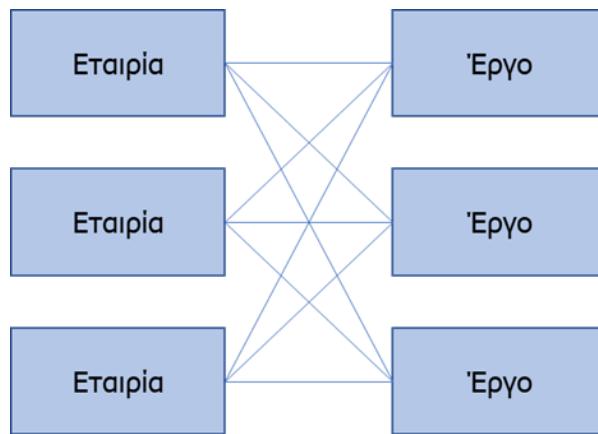
Εικόνα 1



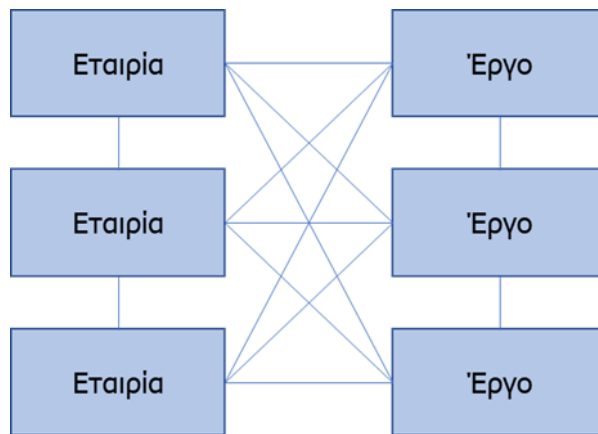
Εικόνα 2



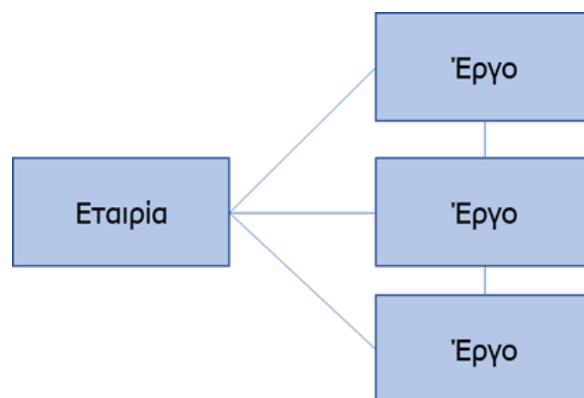
Εικόνα 3



Εικόνα 4



Εικόνα 5



Εικόνα 6



#### 4.5.6. Το μοντέλο ωριμότητας των σχέσεων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας

Στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, οι σχέσεις οι οποίες πραγματοποιούνται μεταξύ των διαφόρων οργανισμών είναι αρκετά διαφοροποιημένες, όπως επίσης και στην περίπτωση της διαχείρισης των σχέσεων σε επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας. Με δεδομένο ότι διαμορφώνονται σχέσεις και συνδέσεις μεταξύ των επιπέδων, το μοντέλο το οποίο περιγράφεται, επικεντρώνεται σε αυτές και όχι σε μία συστημική προσέγγιση της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας (Meng et al. 2011).

##### Η ανάλυση των αρχών της ωριμότητας

Η ανάπτυξη του μοντέλου, υιοθετεί τις αρχές τις ωριμότητας και τα βασικά στοιχεία του προτεινόμενου μοντέλου είναι τα εξής:

- Τα κριτήρια αξιολόγησης
- Τα επίπεδα ωριμότητας
- Η μήτρα πλαισίου και
- Η διαδικασία αξιολόγησης

##### Κριτήρια Αξιολόγησης

- Το μοντέλο περιλαμβάνει ορισμένα κριτήρια, ενώ αντίστοιχα το κάθε κριτήριο διαιρείται σε επιμέρους υποκριτήρια. Τα υποκριτήρια, χρησιμοποιούνται ώστε η διαδικασία αξιολόγησης να γίνει πολύ πιο λεπτομερής και συνεπώς ακριβής.
- Τόσο τα κριτήρια όσο και τα υποκριτήρια δημιουργούνται στη βάση αναγνώρισης των κύριων δεικτών των υπαρχόντων σχέσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Τα κριτήρια αξιολόγησης περιγράφονται σε ιεραρχική δομή και δημιουργούνται με βάση τους κύριους δείκτες των σχέσεων σε μία κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα.

##### Τα επίπεδα ωριμότητας

Στο μοντέλο περιγράφονται συνολικά τέσσερα (4) επίπεδα ωριμότητας, με βάση τα οποία πραγματοποιείται βελτίωση των σχέσεων μεταξύ των συμμετεχόντων της εφοδιαστικής αλυσίδας στις κατασκευές αλλά και μακροπρόθεσμη συνεργασία.

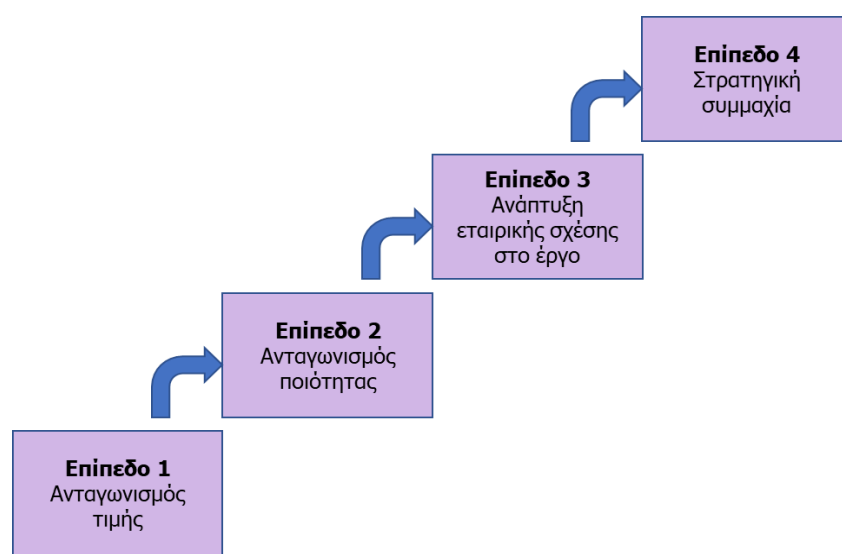
**Επίπεδο 1:** στο επίπεδο αυτό δεν υφίστανται αμοιβαίοι στόχοι από όλους καθώς η κάθε ομάδα συμμετεχόντων επιδιώκει το προσωπικό συμφέρον και την αύξηση των κερδών της, χωρίς να ενδιαφέρονται για την επίδραση του δικού τους συμφέροντος στον βαθμό συμφέροντος των υπολοίπων.

**Επίπεδο 2:** τα τμήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας ενδιαφέρονται πρωτίστως για το προσωπικό τους συμφέρον και τις επιδόσεις τους, ωστόσο εντοπίζεται σε κάποιο βαθμό η συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων, με τον ποιοτικό ανταγωνισμό να γίνεται κοινή πρακτική. Η εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων στηρίζεται στην αμοιβαία κατανόηση του ενός για την δυνατότητα διεκπεραίωσης των καθηκόντων του άλλου.

**Επίπεδο 3:** στο επίπεδο αυτό, επιτυγχάνεται η ευθυγράμμιση των στόχων των συμμετεχόντων μέσω της επικέντρωσης σε ένα συγκεκριμένο έργο. Δηλαδή, με σκοπό

την υλοποίηση του έργου, οι συμμετέχοντες εργάζονται συνεργατικά ως μία ενωμένη και ολοκληρωμένη ομάδα αναπτύσσοντας θεμελιώδεις σχέσεις όπως αμοιβαία εμπιστοσύνη, καλή θέληση και συνεργασία.

**Επίπεδο 4:** στο επίπεδο αυτό πραγματοποιείται συντονισμός στόχων μεταξύ των εμπλεκόμενων, σε μία σειρά έργων, στοχεύοντας στην δημιουργία μίας μακροχρόνιας σχέσης. Η δίκαιη κατανομή των κερδών εξασφαλίζει την σχέση συνεργασίας κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ ο υψηλός βαθμός εμπιστοσύνης μεταξύ των συμμετεχόντων οφείλεται στην προσδοκία του καθενός για την μεγιστοποίηση των απολαβών από το έργο. Η συνεχής βελτίωση πραγματοποιείται μέσω της από κοινού ανατροφοδότησης και των μετρήσεων απόδοσης όπως και της υιοθέτησης καινοτόμων τεχνολογιών και προσεγγίσεων.



Σχήμα 6: Τα επίπεδα ωριμότητας του μοντέλου ωριμότητας

Πηγή: (Meng et al., 2011), *ιδία επεξεργασία*

### Πλαίσιο μήτρας

Το μοντέλο ωριμότητας παρουσιάζεται με την μορφή πίνακα, όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα:

Πίνακας 5: το πλαίσιο μήτρας του μοντέλου ωριμότητας

Κύρια κριτήρια	Υποκριτήρια	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4
Προμήθεια	Επιλογή κριτηρίων	Η χαμηλότερη τιμή	Κόστος και Ποιότητα	Πολυκριτήρια από βραχυπρόθεσμη σκοπιά	Πολυκριτήρια από μακροπρόθεσμη σκοπιά
	Διαδρομή προμήθειας	υποβολή προτάσεων ενός σταδίου	διαγωνισμός δύο σταδίων	Διαπραγμάτευση ή διαγωνισμός	Άμεση διαπραγμάτευση

<b>Στόχοι</b>	συντονισμός στόχων	Προσωπικοί στόχοι	Προοπτική εργασίας μέσω διαγωνισμού	Αμοιβαίοι στόχοι	Αμοιβαίοι στόχοι για μεγάλο χρονικό ορίζοντα
	προνόμια	νίκη-ήττα	νίκη-μερική ήττα	νίκη-νίκη για μεμονωμένο έργο	Νίκη-νίκη μακροπρόθεσμα
	συνέχεια εργασίας	μη συνέχιση της εργασίας	καμία συνέχεια στην εργασία	προοπτική εργασίας μέσω διαγωνισμού	εγγύηση για μελλοντική εργασία
<b>Εμπιστοσύνη</b>	είδος εμπιστοσύνης	συμβατική εμπιστοσύνη	εμπιστοσύνη στις ικανότητες	βραχυπρόθεσμη εμπιστοσύνη	μακροπρόθεσμη εμπιστοσύνη
	εμπιστοσύνη στην συμπεριφορά των άλλων	λίγη εμπιστοσύνη	σχετική εμπιστοσύνη	αρκετή εμπιστοσύνη	πλήρης εμπιστοσύνη
	παρακολούθηση της εργασίας των άλλων	αυστηρός έλεγχος	μειωμένος ελάχιστος αυστηρός έλεγχος	μειωμένος έλεγχος	ανύπαρκτος έλεγχος
<b>Συνεργασία</b>	εργασιακές σχέσεις	αντιπαράθεση	περιορισμένη συνεργασία	συνεργασία	στενή συνεργασία
	κουλτούρα	αμοιβαία αντιπαράθεση	αυτοάμυνα	εγκατάλειψη της κουλτούρας ευθυνών στους υπολοίπους	κουλτούρα επικεντρωμένη στην επίλυση των προβλημάτων
	αμοιβαία βοήθεια	καμία υποστήριξη	υποστήριξη μόνο σε ζητήματα προσωπικού ενδιαφέροντος	υποστήριξη του αδύναμου συνεργάτη	συνεχής υποστήριξη του αδύναμου συνεργάτη
<b>Επίλυση προβλημάτων</b>	έγκαιρη προειδοποίηση	ανύπαρκτος εντοπισμός κινδύνου, όχι άμεση προειδοποίηση	εντοπισμός κινδύνου, όχι άμεση προειδοποίηση	έγκαιρη προειδοποίηση κινδύνου από δύο ομάδες	άμεση προειδοποίηση κινδύνου κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας
	αποτελεσματικότητα	προβλήματα τα οποία καταλήγουν σε διαμάχες	προβλήματα τα οποία μερικές φορές καταλήγουν σε διαμάχες	αντιμετώπιση κάποιων προβλημάτων σε αρχικό στάδιο εμφάνισης	αντιμετώπιση των περισσότερων προβλημάτων σε αρχικό στάδιο εμφάνισης
	αποφυγή επανεμφάνισης	επανάληψη των προβλημάτων	κάποιες φορές επανεμφάνιση των προβλημάτων	ελάχιστο προβλήματα επανεμφανίζονται	σπάνια επανεμφάνιση προβλημάτων

<b>Κατανομή κινδύνου</b>	διαμοιρασμός κινδύνου	κανένας επιμερισμός κινδύνου	περιορισμένος επιμερισμός κινδύνου	αρκετά αυξημένος επιμερισμός κινδύνου	κοινή πρακτική για την αντιμετώπιση του κινδύνου
	αρχή κατανομής	εξ' ολοκλήρου κατανομή κινδύνου στο αδύναμο μέρος	συχνή κατανομή κινδύνου στο αδύναμο μέρος	εξ' ολοκλήρου κατανομή κινδύνου στο μέρος που διαχειρίζεται καλύτερα τον κίνδυνο	εξ' ολοκλήρου κατανομή κινδύνου στο μέρος που διαχειρίζεται καλύτερα τον κίνδυνο μακροπρόθεσμα
	εξισορρόπηση κινδύνου και ανταμοιβή	καμία ανταμοιβή για το μέρος που αναλαμβάνει τον κίνδυνο	κάποια ανταμοιβή για το μέρος που αναλαμβάνει τον κίνδυνο	συχνά κάποια ανταμοιβή για το μέρος που αναλαμβάνει τον κίνδυνο	πάντα κάποια ανταμοιβή για το μέρος που αναλαμβάνει τον κίνδυνο
<b>Συνεχής βελτίωση</b>	Συλλογική προσπάθεια	μη συλλογική προσπάθεια για βελτίωση	περιορισμένη προσπάθεια για βελτίωση	συλλογική προσπάθεια για καλύτερους τρόπους εργασίας	συνεχής προσπάθεια για καλύτερους τρόπους εργασίας
	Μέτρηση απόδοσης και ανατροφοδότηση	κανένα κοινό μέτρο και καμία επίσημη ανατροφοδότηση	περιορισμένα κοινά μέτρα και ακανόνιστη αλλά επίσημη ανατροφοδότηση	κοινά μέτρα και επίσημη ανατροφοδότηση	κοινά μέτρα και επίσημη, τακτική και συνεχής ανατροφοδότηση
	Κίνητρα	κανένα κίνητρο	άτυπο κίνητρο	ενιαίο κίνητρο	πολλαπλά κίνητρα

Πηγή:(Meng et al., 2011) , *ιδία επεξεργασία*

Από τον παραπάνω πίνακα, διακρίνεται ότι υπάρχει μία διαβάθμιση της έντασης ως προς τις σχέσεις ανά επίπεδο ωριμότητας , με το τελευταίο επίπεδο να αναπαριστά τις καλύτερες δυνατές και βελτιωμένες σχέσεις μεταξύ των εταιρών μιας ομάδας κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.

### Διαδικασία αξιολόγησης

Κατά τη διαδικασία αξιολόγησης του μοντέλου, υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι ,τις οποίες μπορεί να επιλέξουν τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας για την αξιολόγηση των στοιχείων. Η πλήρης αξιολόγηση του μοντέλου πραγματοποιείται σε έξι βήματα:

### Βήμα 1<sup>ο</sup> :Σύσταση ομάδας

Σε πρώτη φάση, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η σύσταση της ομάδας αξιολόγησης, η οποία απαρτίζεται από μέλη εμπειρογνομώνων της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα οποία έχουν ως στόχο την βελτίωση των σχέσεων στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα.

## Βήμα 2<sup>ο</sup> : Ομάδα εκπαίδευσης

Σε επόμενο βήμα, τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας τα οποία έχουν επιλεγεί ως μέλη εμπειρογνομώνων, εκπαιδεύονται με σκοπό την καλύτερη δυνατή κατανόηση του μοντέλου.

## Βήμα 3<sup>ο</sup> : Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Πρόκειται για το εμπειρικό βήμα , όπου πραγματοποιείται η συλλογή δεδομένων μέσω έρευνας ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων. Συγκεκριμένα, επιλέγονται άτομα από όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας στα οποία δίνονται ερωτηματολόγια και οι ερωτήσεις των οποίων ανταποκρίνονται στα υποκριτήρια τα οποία έχουν αναλυθεί παραπάνω. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση των ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν καθώς και συνεντεύξεις για μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα της ανάλυσης.

## Βήμα 4<sup>ο</sup> :Εργαστήριο Αξιολόγησης

Έπειτα από τη συλλογή δεδομένων και την ανάλυση, συγκεντρώνεται η ομάδα σε εργαστήριο αξιολόγησης και με βάση τα όσα δεδομένα έχουν συλλεχθεί από τα ερωτηματολόγια και τις συνεντεύξεις πραγματοποιείται μία συναινετική οπτική αντιμετώπισης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων στις σχέσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας. Κάθε ένα υποκριτήριο αξιολογείται ξεχωριστά και αντίστοιχα βαθμολογείται.

## Βήμα 5<sup>ο</sup> : Υπολογισμός βαθμολογίας

Το πέμπτο βήμα αφορά την αξιολόγηση της βαθμολογίας όλων των κριτηρίων. Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας αυτής, υπάρχει η επιλογή τριών διαφορετικών μεθόδων, οι οποίες μπορεί να είναι:

- i. η μέθοδος του αριθμητικού μέσου
- ii. η μέθοδος του σταθμισμένου μέσου όρου
- iii. η μέθοδος της ελάχιστης τιμής

Η επιλογή της μεθόδου είναι υποκειμενική , ενώ μπορεί να υπάρξει και συνδυασμός μεθόδων. Εφόσον η διαδικασία πραγματοποιηθεί, τα αποτελέσματα αναπαρίστανται σε διάγραμμα αράχνης.

## Βήμα 6<sup>ο</sup> :Αναφορά ανατροφοδότησης

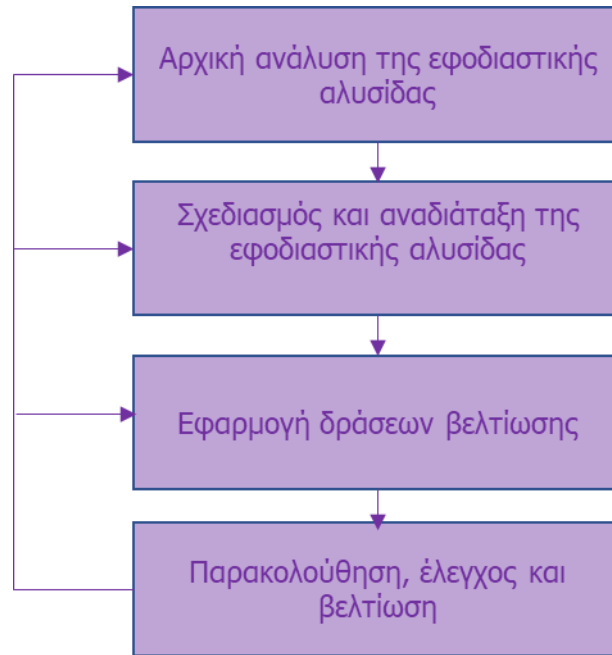
Εφόσον έχουν εκτελεστεί όλα τα παραπάνω βήματα, στο τέλος αναπτύσσεται η αναφορά ανατροφοδότησης , η οποία πρόκειται για μία σύνοψη της διαδικασίας της συνολικής αξιολόγησης και ταυτόχρονα η ακριβής παρουσίαση των δυνατών και αδύναμων σημείων μεταξύ των σχέσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκρίνοντας λοιπόν τις καλύτερες δυνατές σχέσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας, ο πελάτης και ο προμηθευτής μπορούν να εντοπίσουν τα πεδία στα οποία μπορεί να υπάρξει βελτίωση μεταξύ των σχέσεων (Meng et al. 2011).

Συμπερασματικά, ως προς το μοντέλο ωριμότητας των τεσσάρων επιπέδων, μπορεί να ειπωθεί ότι πρόκειται για ένα ποιοτικό μοντέλο το οποίο δίνει μεγάλη βαρύτητα στις σχέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσα από οχτώ κριτήρια αξιολόγησης και 24 υποκριτήρια. Χρησιμοποιεί ένα πλαίσιο μήτρας, παρέχοντας μία λεπτομερή επεξήγηση για το κάθε επίπεδο ωριμότητας ενώ αξιολογεί το επίπεδο ωριμότητας των σχέσεων μέσα από μία σειρά συνεντεύξεων. Πρόκειται δηλαδή για ένα μοντέλο το οποίο εντοπίζει μέσω τυπικών και ολοκληρωμένων μεθόδων αξιολόγησης στο επίπεδο των σχέσεων, δίνοντας την δυνατότητα ενεργειών για βελτίωση των σχέσεων αυτών.

#### **4.5.7. Η μεθοδολογία του κύκλου Deming στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα**

Η μεθοδολογία η οποία στηρίζεται στον κύκλο του Deming ή διαφορετικά στον κύκλο PDCA, προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων (plan-do-check-act) και αφορά την επανάληψη ορισμένων δραστηριοτήτων ή διαδικασιών ενός οργανισμού ούτως ώστε να επιτευχθεί η συνεχής βελτίωση της εφοδιαστικής του αλυσίδας. Τα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία λαμβάνει υπόψη η μεθοδολογία είναι: ο στρατηγικός σχεδιασμός, ο συντονισμός και η αποτελεσματική συνεργασία, οι πελάτες καθώς και η πληροφορία. Λαμβάνοντας υπόψη τις τέσσερις αυτές παραμέτρους, οι κατασκευαστικές επιχειρήσεις μπορούν να αποκομίσουν οφέλη από τις εύρυθμες σχέσεις με τους προμηθευτές και τους πελάτες τους (Anon., 2004). Τα βήματα της μεθοδολογίας αφορούν:

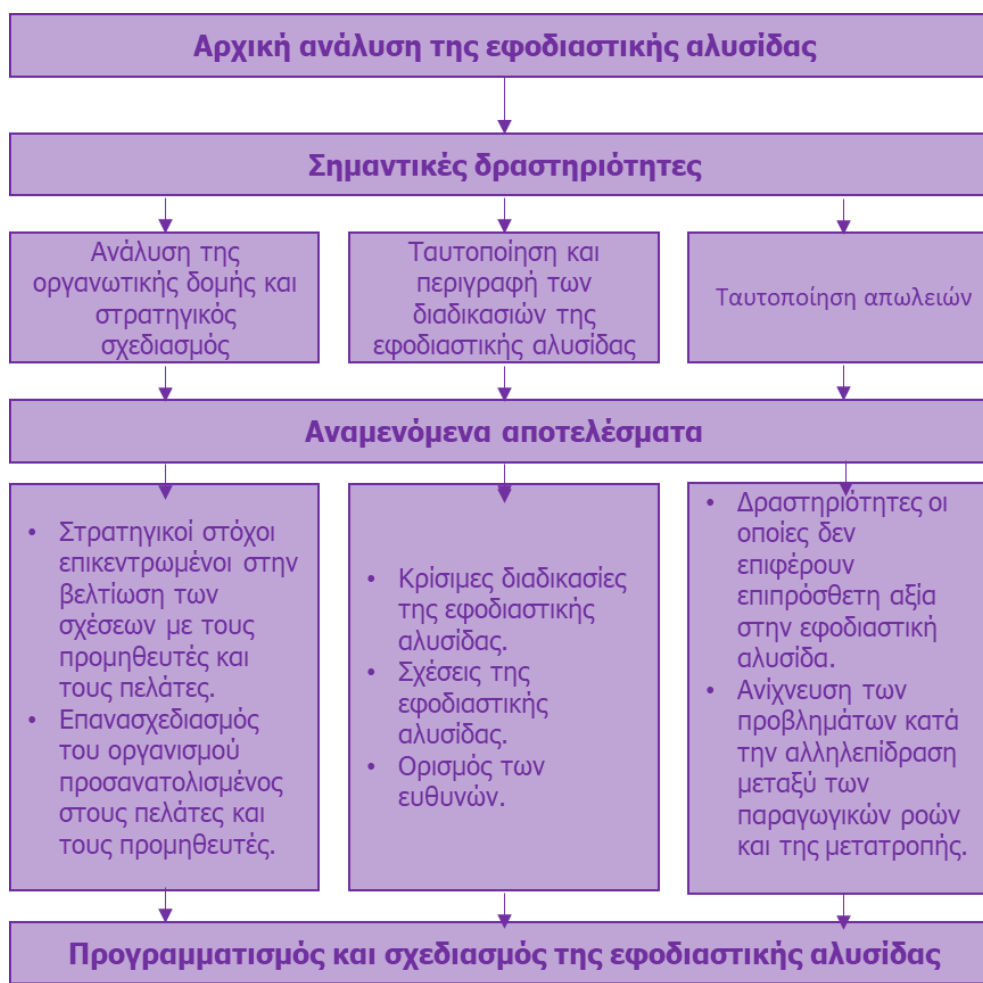
1. Την αρχική ανάλυση της εφοδιαστικής αλυσίδας
2. Τον σχεδιασμό και την αναδιάταξη της εφοδιαστικής αλυσίδας
3. Την εφαρμογή δράσεων βελτίωσης
4. Την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την βελτίωση



Σχήμα 7: Τα βήματα της μεθοδολογίας του κύκλου Deming ,  
Πηγή: (Meng et al., 2011), ίδια επεξεργασία

### 1<sup>ο</sup> βήμα: Ανάλυση της εφοδιαστικής αλυσίδας

Οι στόχοι του 1<sup>ου</sup> βήματος αφορούν τον καθορισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας ενός οργανισμού και παράλληλα την αναγνώριση των προβλημάτων τους και των αιτιών πρόκλησής τους. Μέσω της ανάλυσης αυτής αποκτάται μία ευρεία οπτική όσον αφορά τις σχέσεις που μπορούν να αποκτηθούν ανάμεσα στους οργανισμούς , τους πελάτες και τους προμηθευτές. Οι δράσεις όπως επίσης και τα αποτελέσματα σε αυτό το στάδιο συνοψίζονται στο παρακάτω σχήμα.(Αnon., 2004)



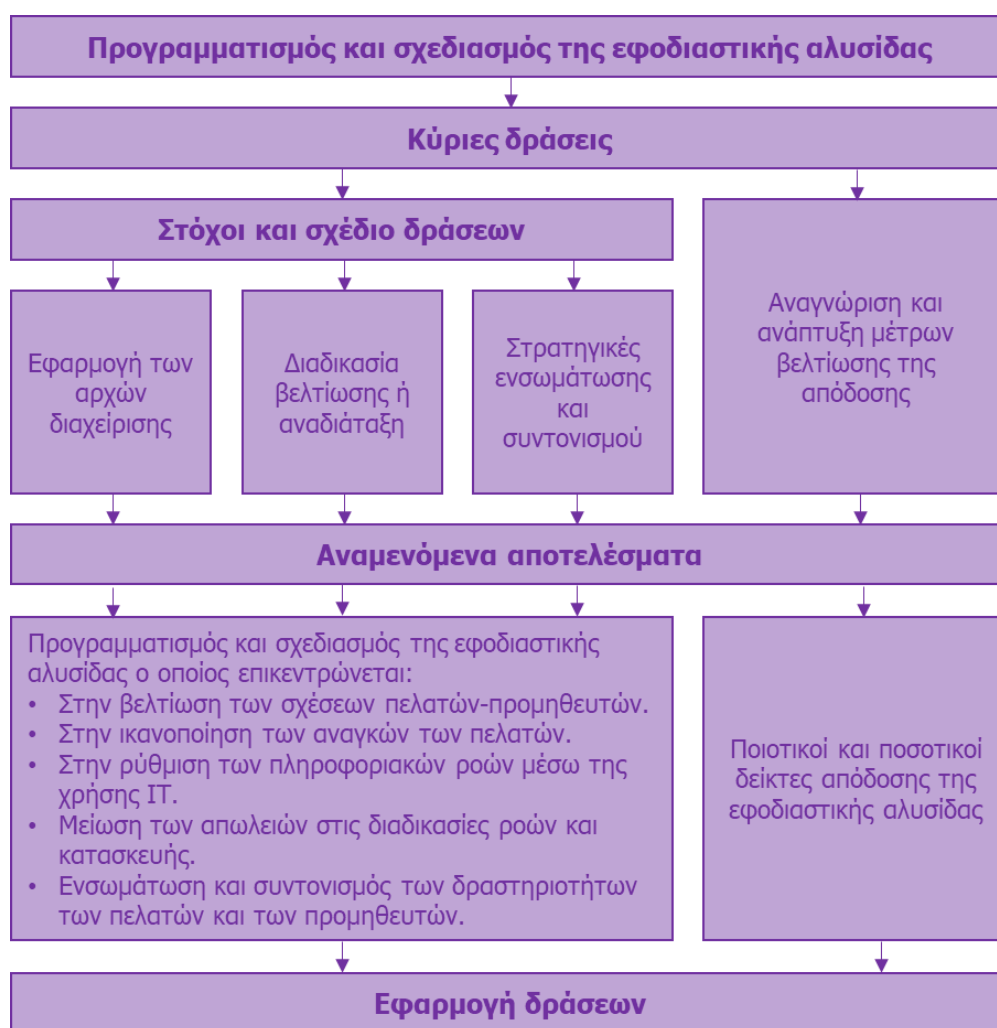
Σχήμα 8: 1<sup>ο</sup> βήμα ανάλυσης της μεθοδολογίας

Πηγή: (Meng et al., 2011) *ιδία επεξεργασία*

## 2<sup>ο</sup> βήμα: Προγραμματισμός και σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου βήματος σχεδιάζονται οι στόχοι και οι δράσεις οι οποίες απαιτούνται με σκοπό την ελαχιστοποίηση των αιτιών πρόκλησης προβλημάτων που έχουν βρεθεί κατά τη διάρκεια των σταδίων ανάλυσης. Οι δραστηριότητες στο στάδιο αυτό επικεντρώνονται στον σχεδιασμό μίας νέας εφοδιαστικής αλυσίδας του οργανισμού ο οποίος θα αποκτήσει συγκριτικό πλεονέκτημα και θα αυξήσει τον ανταγωνισμό του μέσω της παραγωγής πρόσθετης αξίας για τους πελάτες και μείωση του κόστους καθώς και περιορισμό των απωλειών (Aho, 2004).





Σχήμα 9: 2<sup>ο</sup> βήμα της μεθοδολογίας,

Πηγή: (Meng et al., 2011) ,ιδία επεξεργασία

### 3<sup>ο</sup> βήμα: Εφαρμογή των δράσεων

Στο στάδιο αυτό, είναι σκόπιμη η υλοποίηση όλων των δραστηριοτήτων ή στρατηγικών που ορίζονται στα στάδια του προγραμματισμού. Εξετάζει επίσης την δομή και τις απαραίτητες χωρητικότητες οι οποίες συσχετίζονται με τη χρήση και διαχείριση της τεχνολογίας, του κεφαλαίου, των ανθρώπων και των πηγών για την διασφάλιση της καλύτερης δυνατής εφαρμογής. (Meng et al., 2011)

### 4<sup>ο</sup> βήμα: Παρακολούθηση, έλεγχος και βελτίωση

Στο τελικό στάδιο τα αποτελέσματα τα οποία έχουν προκύψει, συγκρίνονται με τα αναμενόμενα επιθυμητά αποτελέσματα μέσω των μετρήσεων απόδοσης. Εάν η σύγκριση είναι θετική, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διαρθρωτικές δράσεις, εάν τα αποτελέσματα είναι επιθυμητά, σχεδιάζονται νέες δράσεις βελτίωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι η μεθοδολογία θα πρέπει

να υποστηρίζεται από τα αντίστοιχα εργαλεία και τις ανάλογες μεθόδους (Meng et al., 2011).

Συμπερασματικά, όσον αφορά την μεθοδολογία που έχει αναλυθεί παραπάνω, αποτελεί μία ποιοτική προσέγγιση διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στις κατασκευές, η οποία στρέφεται στην καλύτερη δυνατή οργάνωση της εσωτερικής δομής κάποιου οργανισμού ώστε να αποκτήσει συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τις υπόλοιπες ανταγωνιστικές επιχειρήσεις. Η προσέγγιση αυτή αποσκοπεί στην μείωση του κόστους παραγωγής και στην αύξηση της αξίας των πελατών μέσω της ανάπτυξης στρατηγικών οι οποίες επιτρέπουν την παράδοση ποιοτικών προϊόντων και υπηρεσιών σε στοχευμένες αγορές καθώς και την αποτελεσματική οργάνωση και διαχείριση της πληροφορίας που απαιτείται για την βελτίωση της απόδοσης των προμηθευτών του οργανισμού (Meng et al., 2011).

#### **4.6. Ποσοτικά μοντέλα διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας και μοντέλα βελτιστοποίησης**

Όσον αφορά τα μοντέλα επιχειρησιακής έρευνας, τα οποία υποστηρίζουν την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Αφενός υπάρχουν τα ρυθμιστικά (prescriptive), δηλαδή μοντέλα μαθηματικού προγραμματισμού και αφετέρου τα περιγραφικά μοντέλα (descriptive) με την μορφή των μοντέλων προσομοίωσης.

Η διαφορά των δύο μοντέλων εντοπίζεται στο γεγονός ότι ενώ στην πρώτη κατηγορία αναγνωρίζονται οι βέλτιστες ενέργειες για την πραγματοποίηση ενός στόχου στην δεύτερη κατηγορία περιγράφεται μία κατάσταση και αξιολογείται η απόδοση ενός συστήματος. Συνολικά, τα μοντέλα της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας συμβάλλουν στην μείωση του βαθμού περιπλοκότητας ενός πραγματικού προβλήματος ώστε αυτό να γίνει πιο διαχειρίσιμο. Επιπλέον, παρέχει ποσοτικά εργαλεία ανάλυσης τα οποία βοηθούν τους διαχειριστές του έργου να κατανοήσουν τις ευκαιρίες, να εξαλείψουν τα σημεία συμφόρησης και να λάβουν αντίστοιχα τεκμηριωμένες αποφάσεις.

##### **4.6.1. Ανάλυση μοντέλου μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για τη διαχείριση των logistics**

Ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, πρόκειται για ένα περιορισμένο μαθηματικό πρόβλημα βελτιστοποίησης στο οποίο επιδιώκεται η εύρεση ενός συνόλου τιμών, για συνεχείς μεταβλητές ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ), το οποίο μεγιστοποιεί ή αντίστοιχα ελαχιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση  $z$ . Παράλληλα ικανοποιεί ένα σύνολο ακέραιων περιορισμών, δηλαδή, ένα σύστημα ταυτοχρόνως γραμμικών ισοτήτων και ανισοτήτων. Επιπλέον, ένα πρόβλημα ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, πρόκειται για πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, όταν μία μεταβλητή τουλάχιστον από τις μεταβλητές του προβλήματος είναι περιορισμένη σε ακέραιες τιμές. Από την άλλη, ένα πρόβλημα μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (Mixed Integer Programming Problem) έχει ακέραιους περιορισμούς για όλες ή και κάποιες από τις μεταβλητές (Chen et al., 2010).

Ένα μικτό ακέραιο γραμμικό υπόδειγμα (MIP) το οποίο αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης ορίζεται ως εξής:

$$(MIP) \text{ Μεγιστοποίηση της: } Z = \sum_j c_j x_j + \sum_k d_k y_k$$

$$\sum_j a_{ij} x_j + \sum_k g_{ik} y_k \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_j \geq 0$$

$$y_k = 0, 1, 2, \dots \quad k = 1, 2, \dots, p$$

Αντίστοιχα, όταν πρόκειται για ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης, μπορεί να μετατραπεί η εξίσωση μεγιστοποίησης σε εξίσωση ελαχιστοποίησης αφότου πολλαπλασιαστεί με το -1. Ακόμα, οι ανισότητες αλλάζουν φορά αφότου πραγματοποιηθεί ο πολλαπλασιασμός. Έτσι, η ανισότητα  $\leq$  γίνεται  $\geq$ . Πιο αναλυτικά, ισχύουν οι εξής εξισώσεις:

$$\text{Ελαχιστοποίηση: } Z' = \sum_j c_j x_j + \sum_k d_k y_k$$

$$\text{Μεγιστοποίηση: } -Z' = - \sum_j c_j x_j - \sum_k d_k y_k$$

Η επιχειρησιακή έρευνα και ο μικτός ακέραιος προγραμματισμός αποβλέπει στην βελτιστοποίηση μέσω κάποιου μαθηματικού υποδείγματος. Ωστόσο, η διαδικασία μοντελοποίησης δεν ολοκληρώνεται με τον σχηματισμό του μαθηματικού υποδείγματος και την απλή παράθεση των αριθμητικών αποτελεσμάτων. Η μοντελοποίηση οφείλει πάντα να συνοδεύεται από ουσιαστική ερμηνεία αποτελεσμάτων, την αντίστοιχη επικύρωση των ευρημάτων, την ανάλυση ευαισθησίας καθώς και την αιτιολόγηση του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε από το αντίστοιχο λογισμικό (Koutsokosta and Katsavounis, 2020).

Το αντικείμενο των μοντέλων του μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού είναι η βελτιστοποίηση, κοινώς, η προσπάθεια μεγιστοποίησης του κέρδους ή αντίστοιχα η ελαχιστοποίηση του κόστους. Με δεδομένο ότι η μέθοδος του μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού ανήκει στα ποσοτικά μοντέλα, το κάθε μοντέλο προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες και τις ανάγκες του έργου. Το κάθε μοντέλο αποτελείται από τις παραμέτρους, τις μεταβλητές, τους περιορισμούς και την αντικειμενική συνάρτηση. Η αντικειμενική συνάρτηση η οποία κάθε φορά εξετάζεται εξαρτάται από την κρίση εκείνου που συνθέτει το υπόδειγμα και την σημασία που αποδίδεται από τον ίδιο ως προς το αντικείμενο εξέτασης και απόδειξης (Koutsokosta and Katsavounis, 2020).

#### 4.6.2. Η δομή και οι αρχές του υποδείγματος

Το μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού το οποίο αφορά μία μεμονωμένη κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, θεωρεί ως κρίσιμο σημείο την απόδοση του κόστους των πρώτων υλών. Όσον αφορά τη δομή του δικτύου της εφοδιαστικής αλυσίδας του υποδείγματος, υπάρχουν σημεία-κόμβοι, τα οποία αναπαριστούν έναν μοναδικό συνδυασμό ενώ η κάθε ευθεία γραμμή που συνδέει τα σημεία αναπαριστά την ροή του υλικού και την σχέση προμήθειας-ζήτησης. Τα προϊόντα αναφέρονται σε πρώτες ύλες, ενδιάμεσες ή τελικές ύλες. Με βάση τα υλικά τα οποία είναι απαραίτητα για το κάθε έργο, διαμορφώνονται οι συνδέσεις κατά τη διάρκεια του χρόνου. (Koutsokosta and Katsavounis, 2020)

Το μοντέλο βασίζεται στην τυπική μορφή της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας και μπορεί να τροποποιηθεί και αναπροσαρμοστεί στις ξεχωριστές ανάγκες που φέρει το κάθε ένα οικοδομικό έργο. Για ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα μελετώνται οι πολλαπλές ροές πρώτων υλών και σχέσεων οι οποίες υλοποιούνται μεταξύ των δρώντων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ιδιαιτερότητα του μοντέλου έγκειται στην ικανότητά του να προσαρμόζεται στις ανάγκες του κάθε έργου μεμονωμένα και στην βελτίωση της επάρκειας την εφοδιαστικής αλυσίδας, συμβάλλοντας στην σύναψη μακροπρόθεσμες σχέσεις συνεργασίας και αποτρέποντας τις ευκαιριακές συμπεριφορές (Koutsokosta and Katsavounis, 2020).

Στόχος του μοντέλου αποτελεί η ελαχιστοποίηση του κόστους που προέρχονται από την αγορά, την μετακίνηση και την αποθήκευση του αποθέματος των πρώτων υλών. Τα αποτελέσματα στηρίζονται στην βέλτιστη ροή των υλικών (δηλαδή οι ποσότητες οι οποίες αγοράζονται, διακινούνται και αποθηκεύονται) καθώς και στην βέλτιστη μορφή σχέσεων ανάμεσα στους υποψήφιους συνεργάτες. Επιπλέον, με δεδομένο ότι η απόδοση του κόστους αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο σε μία κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, το μοντέλο λαμβάνει υπόψη τα κόστη τα οποία εμφανίζουν διακύμανση σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Τέλος, ακολουθώντας τις θεμελιώδεις αρχές της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα ευρήματα του μοντέλου αναμένεται να ωφελήσουν ολόκληρο το σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας και εν τέλει τον πελάτη (Koutsokosta and Katsavounis, 2020).

Πρόκειται για ένα καινοτόμο ντετερμινιστικό μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού και αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση του κόστους αγοράς των πρώτων υλών.

Σύμφωνα με το υπόδειγμα, η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει τρία (3) κλιμάκια, τα οποία είναι:

1. **Οι προμηθευτές:** στους οποίους συμπεριλαμβάνονται οι προμηθευτές πρώτων υλών, οι κατασκευαστές, οι πωλητές κτιρίων και οι κατασκευαστικοί αντιπρόσωποι. Οι ίδιοι, πραγματοποιούν την διανομή των προϊόντων προς τα εργοτάξια είτε άμεσα είτε έμμεσα (μέσω του 2<sup>ου</sup> κλιμακίου).
2. **Οι αποθήκες- κέντρα των logistics:** πρόκειται για ιδιόκτητους ή ενοικιαζόμενους αποθηκευτικούς χώρους.
3. **Τα εργοτάξια:** χώροι υλοποίησης των οικοδομικών έργων, περιορισμένης χωρητικότητας, λόγω των φυσικών χαρακτηριστικών τους.

Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι οι άμεσες και οι έμμεσες διακινήσεις από τους προμηθευτές στους χώρους του εργοταξίου επιτρέπονται και το 2<sup>ο</sup> κλιμάκιο λειτουργεί ως αποθηκευτικός χώρος αποθέματος και προσαρμόζεται με βάση το σύστημα διανομής το οποίο μπορεί να αλλάζει από έργο σε έργο αλλά και ανά χρονική περίοδο.

#### 4.6.3.Οι υποθέσεις ανάπτυξης του μοντέλου μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού

Σε κάθε μοντέλο, όπως και στο μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού, τηρούνται ορισμένες υποθέσεις. Οι υποθέσεις αυτές είναι οι εξής:

1. Η ζήτηση για τα κατασκευαστικά έργα είναι μία ντετερμινιστική παράμετρος για τον λόγο αυτό η ζήτηση για ένα συγκεκριμένο υλικό είναι γνωστή ανάλογα με τον χρονικό προγραμματισμό του έργου.
2. Το κόστος αγοράς περιλαμβάνει το κόστος παραγωγής και οποιοδήποτε άλλο κόστος, χωρίς όμως να λαμβάνεται υπόψη το κόστος μεταφοράς.
3. Το κόστος φύλαξης αποθέματος εξαρτάται από την ποσότητα και τα σταθερά κόστη αποθέματος δεν λαμβάνονται υπόψη επειδή αποδίδονται σε αυτόνομες οντότητες.
4. Το κλιμάκιο της παραγωγής προϊόντων δεν περιλαμβάνεται στο πλαίσιο βελτιστοποίησης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.
5. Προτείνονται αποθέματα ασφάλειας για την εξασφάλιση του ελάχιστου επιπέδου λειτουργίας του 2<sup>ου</sup> κλιμακίου, τα οποία θα καλύπτουν μία διακύμανση στη ζήτηση.
6. Το κόστος μετακίνησης συνίσταται από ένα σταθερό κόστος για κάθε μία αποστολή από τον κόμβο του δικτύου.
7. Το μεταβλητό κόστος μεταφοράς εξαρτάται από την ποσότητα. Ωστόσο, τα προϊόντα δεν μπορούν να διανεμηθούν εάν δεν πληρούν ένα κατώτατο όριο ποσότητας.
8. Υπάρχει περιορισμός στις φορές κατά τις οποίες υπάρχει έλλειψη προϊόντος, καθώς προκύπτει μεταβολή στο χρονοδιάγραμμα του έργου και συνεπώς στην παράδοσή του. Η έλλειψη υλικού επιτρέπεται να υπάρξει με κόστος ποινής ανά μονάδα προϊόντος, το οποίο είναι γνωστό. Σε περίπτωση που υπάρχει έλλειψη σε προμήθεια υλικού πραγματοποιείται μετέπειτα παραγγελία.

#### 4.6.4.Συμβολισμοί και δείκτες

<b>Σύμβολο</b>	<b>Εξήγηση</b>
<b><i>S</i></b>	Σύνολο προμηθευτών με συμβολισμό από $s = 1, 2, \dots, NS$
<b><i>I</i></b>	Σύνολο προϊόντων $i = 1, 2, \dots, NI$
<b><i>J</i></b>	Σύνολο εργοταξίων $j = 1, 2, \dots, NJ$
<b><i>D</i></b>	Σύνολο αποθηκών/ κέντρων logistics $d = 1, 2, \dots, ND$
<b><i>T</i></b>	

	Σύνολο χρονικών περιόδων προγραμματισμού $t = 1, 2, \dots$ , NT
--	--

Σχήμα 10: Οι συμβολισμοί του υποδείγματος μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού ,Πηγή: (Koutsokosta and Katsavounis, 2020), ίδια επεξεργασία

#### 4.6.4.Μεταβλητές απόφασης

Οι μεταβλητές απόφασης πρόκειται για τις μεταβλητές εκείνες, οι οποίες θέτουν τα όρια σε μία σειρά από αποτελέσματα αποφάσεων τα οποία έχουν τεθεί για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στο υπόδειγμα αυτό, οι μεταβλητές απόφασης περιλαμβάνουν:

- Την ποσότητα  $i$  η οποία αγοράζεται και μεταφέρεται από τον προμηθευτή  $s$  στην αποθήκη  $d$  την χρονική περίοδο  $t$ .
- Την ποσότητα  $i$  η οποία αγοράζεται και μεταφέρεται από τον προμηθευτή  $s$  στο εργοτάξιο  $j$  την χρονική περίοδο  $t$ .
- Την ποσότητα  $i$  η οποία μεταφέρεται από την αποθήκη  $d$  στο εργοτάξιο  $j$  την χρονική περίοδο  $t$ .
- Τον αριθμό των αποστολών του προϊόντος  $i$  από τον προμηθευτή  $s$  στο εργοτάξιο  $j$  την χρονική περίοδο  $t$ .
- Τον αριθμό των αποστολών του προϊόντος  $i$  από τον προμηθευτή  $s$  στην αποθήκη  $d$  την χρονική περίοδο  $t$ .
- Τον αριθμό των αποστολών του προϊόντος  $i$  από την αποθήκη  $d$  στο εργοτάξιο  $j$  την χρονική περίοδο  $t$ .
- Το επίπεδο αποθέματος του προϊόντος  $i$  στις αποθηκευτικές εγκαταστάσεις του προμηθευτή  $s$  στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$ .
- Το επίπεδο αποθέματος του προϊόντος  $i$  στην αποθήκη  $d$  στο πέρας της χρονικής περιόδου  $t$ .
- Το επίπεδο αποθέματος του προϊόντος  $i$  στο εργοτάξιο  $j$  στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$ .
- Την ποσότητα του προϊόντος  $i$  η οποία εκλείπει και η οποία παραγγέλλεται εκ των υστέρων στο εργοτάξιο  $j$  στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$ .
- Τις δυαδικές μεταβλητές οι οποίες λαμβάνουν την τιμή 0 και 1.

#### 4.6.5.Περιορισμοί του υποδείγματος

Οι περιορισμοί οι οποίοι θα πρέπει να τηρούνται στο συγκεκριμένο μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού είναι οι εξής:

- Περιορισμοί στην χωρητικότητα των αποθηκών και την διατήρηση του αποθέματος
- Περιορισμοί στην χωρητικότητα διανομής και στην μεταφορά.
- Περιορισμοί στις εκπτώσεις λόγω της ποσότητας
- Περιορισμοί στις ελλείψεις.
- Λογικοί περιορισμοί
- Περιορισμοί στις μεταβλητές απόφασης.

Συνολικά, οι περιορισμοί οι οποίοι θα πρέπει να εκπληρώνονται παράλληλα στο υπόδειγμα είναι αρκετοί αριθμητικά, ωστόσο η παρουσία όλων των περιορισμών συμβάλλει στην εφαρμογή και την αποτελεσματικότητα του μοντέλου.

#### 4.6.6. Εφαρμογή και αποτελέσματα του μοντέλου

Για την εφαρμογή του μοντέλου μικτού ακέрайου γραμμικού προγραμματισμού, έχει χρησιμοποιηθεί εργαλείο βελτιστοποίησης, με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης και την ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης. Όπως αναφέρεται, η αποτελεσματικότητα του μοντέλου προέρχεται από τον αριθμό των επαναλήψεων, την αναγνώριση των δεδομένων και την παράλληλη ικανοποίηση όλων των περιορισμών. Τέλος, έχει διεξαχθεί ανάλυση ευαισθησίας μέσω της οποίας παρατηρείται η επίδραση των παραμέτρων στην εύρεση της βέλτιστης λύσης. Συμπερασματικά, το μοντέλο αφορά την διαχείριση της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας και πραγματεύεται τον σχεδιασμό των δικτύων, και την ροή των υλικών με στόχο την ελαχιστοποίηση του διακυμαινόμενου κόστους για διαφορετικά οικοδομικά έργα. Επιπλέον, ως εργαλείο διαχείρισης συμβάλλει στην λήψη σε ότι αφορά τις ποσότητες των υλικών που θα πρέπει να αγοραστούν, τον προμηθευτή, την χρονική στιγμή, το κατάλληλο μέρος αποθήκευσης και την ποσότητα του αποθέματος. Το πλεονέκτημα του μοντέλου είναι η δυναμική του, καθώς τα στοιχεία του μπορούν να ενημερωθούν σύμφωνα με τις τροποποιήσεις και τις αλλαγές του χρονοδιαγράμματος του έργου (Koutsokosta and Katsavounis, 2020).

#### 4.6.7. Η αντικειμενική συνάρτηση του υποδείγματος γραμμικού προγραμματισμού

Ο σκοπός της αντικειμενικής συνάρτησης είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους εντός ενός δικτύου προμήθειας προσαρμοσμένο να τροφοδοτεί παράλληλα πολλά οικοδομικά έργα ταυτόχρονα. Η συνάρτηση του κόστους περιλαμβάνει την αγορά, την μετακίνηση, το απόθεμα όπως επίσης και το κόστος από την έλλειψη αποδοτικών σχέσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα. Τέλος, η αντικειμενική συνάρτηση λαμβάνει υπόψη όλους τους περιορισμούς οι οποίοι έχουν τεθεί κατά τη διαδικασία κατασκευής του υποδείγματος (Koutsokosta and Katsavounis, 2020).

#### 4.6.8. Συμπεράσματα από την εφαρμογή του μοντέλου διαχείρισης των logistics

Η προμήθεια των υλικών στα οικοδομικά έργα αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα ο οποίος διαμορφώνει την ποιότητα των οικοδομικών έργων. Σύμφωνα με τις Sobotka και Czarnigowska (2005) το επίπεδο του κόστους των υλικών ανέρχεται πολλές φορές σε ποσοστό έως και 70% του συνολικού κόστους των κατασκευών, με αποτέλεσμα οποιαδήποτε ενέργεια η οποία αφορά το μέγεθος, την δομή και την οργάνωση της κατανάλωσης των υλικών, την διανομή και τον σχεδιασμό να είναι σημαντικά στο πλαίσιο της επάρκειας του έργου. Επιπλέον, η διαχείριση της μετακίνησης και της αποθήκευσης των υλικών κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί το

θεμελιώδες χαρακτηριστικό της διαχείρισης των logistics (Sobotka and Czarnigowska, 2005)

Έχοντας ήδη προσδιορίσει την σχέση ανάμεσα στην διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και των logistics, γίνεται κατανοητό ότι χωρίς τα συστήματα των logistics δεν νοείται μεταφορά υλικών και πρώτων υλών καθώς και υλοποίηση λειτουργιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής των συστημάτων των logistics είναι από το ιαπωνικό σύστημα παραγωγής της δεκαετία του 1990, κατά το οποίο πολλοί από τους προμηθευτές, κατασκευαστές, εμπόρους και πωλητές λιανικής ενοποίησαν τις λειτουργίες των logistics με σκοπό την απόκτηση συγκριτικού πλεονεκτήματος και συνεπώς την μείωση του συνολικού κόστους διαχείρισης. Έτσι, η ανάπτυξη του συστήματος αυτού, συνέβαλε σε μία ολιστική και στρατηγική διαχείριση των υλικών και των συστημάτων των logistics (Vidalakis, Tookey and Sommerville, 2011)

## 4.8. Μοντελα προσομοίωσης

### 4.8.1. Η τεχνολογία των πολυπρακτορικών συστημάτων στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές αλλαγές στην βιομηχανία των κατασκευών, ως αποτέλεσμα της ραγδαίας εξέλιξης που πραγματοποιείται στην τεχνολογία. Ωστόσο, στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα συνεχίζουν να υπάρχουν ουσιαστικά προβλήματα τα οποία προκύπτουν από τις σύνθετη μορφή στις σχέσεις των συμμετεχόντων στα διάφορα επίπεδά της. Το μοντέλο το οποίο παρουσιάζεται είναι δομημένο στηριζόμενο στην τεχνολογία των πρακτόρων και την τεχνολογία διαπραγμάτευσης πολλαπλών χαρακτηριστικών (multiattribute negotiation technology). Ως μεθοδολογία καλείται να αντιμετωπίσει τις «αδύναμες» συνδέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας (Xue et al., 2005).

Η Τεχνολογία Πολυπρακτορικών Συστημάτων (Multiagent Systems Technology) παρέχει την δυνατότητα χρήσης εργαλείων συντονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο «πράκτορας» πρόκειται για ένα αυτόνομο εργαλείο λήψης αποφάσεων με βάση τον τρόπο αντίληψης του περιβάλλοντός του έχοντας ως σκοπό την επίτευξη δεδομένων στόχων. Ο κάθε ένας πράκτορας θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε τρία χαρακτηριστικά συμπεριφοράς:

- Την αυτονομία
- Την συνεργασία και
- Την μάθηση

Επιπλέον, η Τεχνολογία Πολυπρακτορικών Συστημάτων χρησιμοποιείται ως εργαλείο σε τομείς αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών οργανισμών αλλά και συμμετεχόντων. Στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα η τεχνολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί καταλλήλως, με τον κάθε ένα πράκτορα να αποτελεί διαφορετικό συμμετέχοντα, ο οποίος αφενός επιδιώκει την βέλτιστη υλοποίηση των προσωπικών του κινήτρων, εντός ενός πλαισίου συνεργασίας και ροών με τους



υπόλοιπους πράκτορες. Όπως έχει αποδειχτεί, ο συντονισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας βασιζόμενους στους ευφυείς πράκτορες, πρόκειται για έναν αποτελεσματικό μηχανισμό διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας (Xue et al., 2005).

#### *4.8.1.1. Ο σχεδιασμός του πλαισίου συντονισμού των ευφύων πρακτόρων στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα*

Στον τομέα της διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας, η Τεχνολογία Πολυπρακτορικών Συστημάτων διαθέτει όλα τα τυπικά χαρακτηριστικά όπως σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα εφαρμογής. Ο γενικός εργολάβος, ο ιδιοκτήτης, οι σχεδιαστές, οι υπεργολάβοι και οι προμηθευτές αναπαριστούν ο καθένας από αυτούς και έναν διαφορετικό πράκτορα, ενώ οι πράκτορες αυτοί σχεδιάζονται στο πρόγραμμα ZEUS, ένα περιβάλλον προγραμματισμού πολυπρακτορικών συστημάτων, το οποίο χρησιμοποιείται για τον συντονισμό των συστημάτων στις κατασκευές. Απώτερος σκοπός της τεχνολογίας των ευφύων πρακτόρων είναι η εύρεση της βέλτιστης λύσης η οποία θα ενισχύσει περαιτέρω την απόδοση την κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.

Συγκεκριμένα, για την ανάπτυξη του πλαισίου, αναγνωρίζονται τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει πληθώρα πρακτόρων, οι οποίοι αναπαριστούν ξεχωριστούς αυτόνομους οργανισμούς και εξυπηρετούν διαφορετική ομάδα συμφερόντων.
- Η τεχνολογία των ευφύων πρακτόρων έχει συγκεκριμένη δομή συνεργασίας και συντονισμού και η επικοινωνία μεταξύ των επιμέρους τμημάτων της είναι απαραίτητη.
- Όλοι οι πράκτορες επικοινωνούν μέσω του διαδικτύου και διαφημίζουν τις ικανότητες, τις γνώσεις και τις προτιμήσεις τους σε αντίστοιχη βάση δεδομένων την οποία διατηρεί και διαχειρίζεται ο συντονιστής πράκτορας.
- Οι επιμέρους διαδικασίες όπως η λήψη αποφάσεων, ο έλεγχος του κόστους, ο προγραμματισμός του χρόνου, η ασφάλεια και η συνολική απόδοση του έργου πραγματοποιείται μέσω ενός αυτοματοποιημένου μηχανισμού συντονισμού και διαπραγμάτευσης των πρακτόρων.
- Η αλληλεπίδραση μεταξύ των εμπλεκόμενων πρακτόρων της εφοδιαστικής αλυσίδας οφείλει να υπακούει στο «πρωτόκολλο διαπραγμάτευσης», θέτοντας τους περιορισμούς ανάμεσα στις σχέσεις των πρακτόρων και ορίζοντας τον τρόπο αλληλεπίδρασης.
- Όλα τα χαρακτηριστικά ταξινομούνται σε ποσοτικά και ποιοτικά.
- Για την ποσοτικοποίηση των ποιοτικών μεταβλητών (π.χ ασφάλεια, ποιότητα) κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία κλίμακας μέτρησης από το 0-10.
- Η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών πραγματοποιείται σε μήτρα αξιολόγησης m συμμετεχόντων και n χαρακτηριστικών.
- Προσδιορίζεται ο στόχος χρησιμότητας, σύμφωνα με την βαρύτητα την οποία αποδίδει σε αυτόν ο κάθε συμμετέχων.

#### *4.8.1.2. Το μοντέλο διαπραγμάτευσης πολλαπλών χαρακτηριστικών*

Το μοντέλο διαπραγμάτευσης πολλαπλών χαρακτηριστικών το οποίο βασίζεται στους ευφυείς πράκτορες, συμβάλλει στον συντονισμό της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας λαμβάνοντας υπόψη τρία (3) επιμέρους στοιχεία:

- Τους συμμετέχοντες της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας
- Την διαδικασία της διαπραγμάτευσης πολλαπλών χαρακτηριστικών και
- Το αποτέλεσμα

Κάθε ένα από τα παραπάνω στοιχεία, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίλυση του μοντέλου συντονισμού, αναφέροντας τα χαρακτηριστικά και τις προτιμήσεις τους. Ο κάθε συμμετέχοντας αντιπροσωπεύεται από έναν πράκτορα, ενώ η έκβαση του αποτελέσματος κρίνεται μέσω της διαδικασίας διαπραγμάτευσης των συμμετεχόντων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Συνολικά, η διαδικασία συντονισμού πρόκειται για μία «διαδραστική» ανταλλαγή προτιμήσεων ανάμεσα στους συμμετέχοντες-πράκτορες.

Το μοντέλο συνοψίζεται σε τρία βήματα:

1. Στην αξιολόγηση των χαρακτηριστικών
2. Στον προσδιορισμό της χρησιμότητας
3. Στον σχεδιασμό των χαρακτηριστικών

#### Αξιολόγηση των χαρακτηριστικών

Είναι η διαδικασία κατά την οποία αξιολογείται η τιμή των χαρακτηριστικών βάσει των προτιμήσεων των συμμετεχόντων της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας.

#### Ο σχεδιασμός των χαρακτηριστικών

Συνοψίζοντας, το μοντέλο των ευφυών πρακτόρων στηρίζεται στη θεωρία των πολλαπλών χαρακτηριστικών και τη θεωρία της χρησιμότητας. Το πλαίσιο το οποίο ενσωματώνει τους διάφορους οργανισμούς της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας στο σύστημα των ευφυών πρακτόρων, παρέχει μία λύση για τον συντονισμό της μέσω της εφαρμογής του μηχανισμού πολλαπλών χαρακτηριστικών. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του μοντέλου είναι αρκετά περίπλοκη μιας και οι διαδικασίες στον κατασκευαστικό κλάδο, περιλαμβάνουν πληθώρα συμμετεχόντων και σχέσεων. Επομένως η προσομοίωση των συμπεριφορών των συμμετεχόντων από τον συγκεκριμένο μηχανισμό και η εφαρμογή του μοντέλου αποτελεί μία πρόκληση και φέρει αρκετές δυσκολίες κατά την υλοποίησή του (Xue et al., 2005).

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### Εφαρμογή μοντέλου διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας σε οικοδομικό έργο

#### 5.1.Προτεινόμενο μαθηματικό υπόδειγμα μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού

Το μαθηματικό υπόδειγμα που παρουσιάζεται αποσκοπεί στην μείωση του συνολικού κόστους διαχείρισης των αποθεμάτων. Πιο αναλυτικά, πρόκειται για μοντέλο μαθηματικού προγραμματισμού και συγκεκριμένα μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Η διαφορά του υποδείγματος από το προηγούμενο υπόδειγμα μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού εντοπίζεται στη διαφορετική δομή των ζητούμενων, της αντικειμενικής συνάρτησης, των περιορισμών και των μεταβλητών απόφασης. Ωστόσο, και τα δύο μοντέλα βασίζονται στις αρχές και την θεωρία του μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Το μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού το οποίο προτείνεται εξετάζει την βέλτιστη επιλογή προμήθειας ενός οικοδομικού έργου ανάμεσα σε πολλούς και διαφορετικούς προμηθευτές.

##### 5.1.1.Τα χαρακτηριστικά του μαθηματικού προγραμματισμού

Η λογική του μαθηματικού προγραμματισμού, αποσκοπεί στην επίλυση προβλημάτων περιορισμένων μέσων ή πόρων κατά την οποία ζητείται ο καθορισμός του τρόπου χρησιμοποίησης των μέσων ούτως ώστε να αριστοποιείται μία ή και περισσότερες συναρτήσεις επιλογής ή στόχου. Με τον όρο «αριστοποίηση» εννοείται η μεγιστοποίηση ή αντίστοιχα ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης. Κατά την επίλυση προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού υπάρχουν αντίστοιχοι περιορισμοί τόσο στα μέσα που διατίθενται όσο και στις στάθμες των δραστηριοτήτων. Ωστόσο, οι περιορισμοί αυτοί αφήνουν το περιθώριο εναλλακτικών δραστηριοτήτων ( Πολύζος, 2017).

Τα θεμελιώδη στοιχεία βάση των οποίων δομείται κάθε υπόδειγμα μαθηματικού προγραμματισμού είναι τα εξής:

- Υφίσταται ένα σύνολο από δραστηριότητες (**activities set**),  $(J=1,2,\dots,n)$ , οι οποίες δραστηριότητες μπορεί να αφορούν την παραγωγή προϊόντων, παροχή υπηρεσιών, κλπ. Για κάθε μία από τις δραστηριότητες αντιστοιχίζεται μία τιμή  $x_j$ . Η τιμή της  $x_j$  προσδιορίζεται από την επίλυση του προβλήματος μαθηματικού προγραμματισμού και αντικατοπτρίζει τον βαθμό εκτέλεσης ή παραγωγής της δραστηριότητας  $j$ . Αυτές οι μεταβλητές χαρακτηρίζονται ως μεταβλητές απόφασης (**decision variables**).
- Ακόμα, υπάρχει ένα σύνολο από οικονομικούς πόρους (**set of resources**),  $I=1,2,\dots,m$  το οποίο διατίθεται σε ορισμένες ποσότητες για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων. Οι πόροι αυτοί αποτελούν τους παραγωγικούς συντελεστές, οι

οποίοι είναι αναγκαίοι για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων J. Σε κάθε ένα παραγωγικό συντελεστή αντιστοιχεί μία περιοριστική σταθερά (**constrained function**), η οποία συνδέεται με περιοριστικές σχέσεις ( $\geq, =, \leq$ ) που ονομάζονται τεχνολογικές σταθερές (**technological constraints**).

- Υπάρχει ένα κενό σύνολο αντικειμενικών συναρτήσεων (**objectives functions**) των οποίων επιδιώκεται η αριστοποίηση (είτε μεγιστοποίηση είτε ελαχιστοποίηση), ενώ η αντικειμενική συνάρτηση είναι συνήθως μία.

Συνολικά, βάση της μορφής της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιοριστικών συναρτήσεων, ο μαθηματικός προγραμματισμός μπορεί να διακριθεί σε γραμμικό προγραμματισμό, μη γραμμικό προγραμματισμό, αμιγή ακέραιο προγραμματισμό και μικτό ακέραιο προγραμματισμό. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η μορφή του μαθηματικού υποδείγματος επιλύεται ως πρόβλημα μικτού ακέραιου προγραμματισμού (*Mixed Integer Programming*). Στην προκειμένη περίπτωση, οι μεταβλητές ενός γνήσιου μη κενού υποσυνόλου του συνόλου των μεταβλητών οι οποίες χρησιμοποιούνται λαμβάνουν ακέραιες τιμές και οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι συνεχείς. ( Πολύζος, 2017)

## 5.2. Ανάλυση του υποδείγματος

Το πρόβλημα αποτελείται από καθορισμένες ποσότητες υλικών που πρόκειται να διανεμηθούν από συγκεκριμένα κανάλια προμήθειας. Τα υλικά απαιτούνται για τις οικοδομικές εργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται σύμφωνα με το προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα και πρόκειται να καταναλωθούν σε διαφορετικές ποσότητες ανά διαδοχικές χρονικές περιόδους. Επιπλέον, τα υλικά μπορούν να παρέχονται από έναν συγκεκριμένο αριθμό καναλιών προμήθειας με προκαθορισμένη χωρητικότητα, κυμαινόμενη κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος προτείνεται μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού το οποίο έχει προσαρμοστεί στις συνθήκες οικοδομικού έργου. Το υπόδειγμα έχει στηριχτεί στο άρθρο των Piotr Jaskowski, Anna Sobotka και Agatha Czarnigowska με τον τίτλο: «*Decision Model for planning material supply channels in construction*». Σκοπός είναι η κατανόηση του μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, η προσαρμογή αυτού καθώς και η τεκμηρίωση της εγκυρότητας του προτεινόμενου υποδείγματος.

### 5.2.1. Υποθέσεις του υποδείγματος

Για την δόμηση του υποδείγματος πραγματοποιούνται οι εξής υποθέσεις:

- Οι προμήθειες παραδίδονται σε ποσότητες οι οποίες ικανοποιούν την ζήτηση των κατασκευαστικών εργασιών.
- Για οικονομικούς λόγους μπορούν να αγοραστούν ακόμα και αν δεν καθίσταται τρέχουσα ανάγκη και να κρατηθούν ως απόθεμα σε αποθηκευτικούς χώρους.
- Επιτρέπονται τα αποθέματα ασφαλείας λόγω της διακύμανσης και του υψηλού ρίσκου που εντοπίζεται στην ζήτηση των υλικών, όπως για παράδειγμα λόγω των καιρικών φαινομένων, την απουσία εργατικού δυναμικού.

- Λαμβάνεται υπόψη το κόστος αποθήκευσης, το κόστος παραγγελιών και το κόστος ελλείψεων.
- Τα υλικά καταναλώνονται στο εργοτάξιο με δυσανάλογο και μη ισοκατανεμημένο τρόπο σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα των κατασκευαστικών εργασιών.
- Τα κανάλια τροφοδοσίας είναι καθορισμένα εκ των προτέρων καθώς διαφέρουν ως προς τις ιδιότητες τους και γίνεται διαχωρισμός μεταξύ αυτών.
- Εφόσον δικαιολογηθούν οικονομικά, τα αποθέματα μπορούν να αποθηκευτούν τόσο σε εντός όσο και εκτός εργοταξίου αποθηκευτικό χώρο όπως και σε άλλες τοποθεσίες οι οποίες όμως προσθέτουν επιπλέον κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς.

### 5.3. Παράμετροι του υποδείγματος

#### 5.3.1. Ενδογενείς παράμετροι του υποδείγματος

Πίνακας 6: οι ενδογενείς παράμετροι του υποδείγματος

$T$	<b>Χρονικός ορίζοντας</b>
$n$	Αριθμός χρονικών περιόδων εντός του χρονικού ορίζοντα
$t_i$	Η διάρκεια της περιόδου σχεδιασμού $i$ , $i=1,2,\dots,n$
$k_{rj}$	Το κόστος παράδοσης από ένα κανάλι τροφοδοσίας $j$ , $(j=1,2,\dots,m)$
$k_{tj}$	Μοναδιαίο κόστος μεταφοράς ανά παράδοση καναλιού προμήθειας $j$ , $(j=1,2,\dots,m)$
$k_{aj}$	Μοναδιαίο κόστος χειρισμού και επεξεργασίας πρώτων υλών από κανάλι προμήθειας $j$ , $(j=1,2,\dots,m)$
$q_i$	Προγραμματισμένη ποσότητα κατανάλωσης υλικού για χρονική περίοδο $i$ (όπου $i=1,2,\dots,n$ )
$R_i$	Απόθεμα υλικού για την χρονική περίοδο $i$ , $i=1,2,\dots,n$
$F_{max}^1$	Διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος εντός του εργοταξίου
$F_{max}^2$	Διαθέσιμος βοηθητικός χώρος αποθήκευσης
$N_{smj}$	Μονάδα υλικού ανά μονάδα χώρου για την διανομή υλικών από κανάλι υλικών $j$ $(j=1,2,\dots,m)$
$a_j$	Αυξητικός παράγοντας ο οποίος δίνει περιθώριο για λειτουργίες χειρισμού στους χώρους αποθήκευσης των υλικών, για διανομή υλικού που παραδίδεται από κανάλι τροφοδοσίας $j$ $(j=1,2,\dots,m)$ -για τον υπολογισμό του απαιτούμενου χώρου αποθήκευσης.
$k_s$	Μοναδιαίο κόστος για την παροχή των εγκαταστάσεων αποθήκευσης (ανά μονάδα χώρου).

$M$	Μεγάλος αριθμός
-----	-----------------

### 5.3.2. Εξωγενείς παράμετροι του υποδείγματος

Πίνακας 7: Οι εξωγενείς παράμετροι του υποδείγματος

$m$	<b>Αριθμός καναλιών προμήθειας</b>
$I$	Το σύνολο των καναλιών προμήθειας των υλικών $I=(1,2,...m)$
$I_1$	Υποσύνολο των καναλιών προμήθειας που χρησιμοποιούν τον αποθηκευτικό χώρο εντός του εργοταξίου.
$I_2$	Υποσύνολο των καναλιών προμήθειας που χρησιμοποιούν τον ενδιάμεσο αποθηκευτικό χώρο εκτός του εργοταξίου.
$R$	Σύνολο από ζευγάρια καναλιών προμήθειας τα οποία χρησιμοποιούν την ίδια πηγή πρώτης ύλης
$c_{ij}$	Μοναδιαίο κόστος για τα υλικά που διανέμονται από τα κανάλια προμήθειας $j$ ( $j=1,2,...n$ ) για μία περίοδο $i$ ( $i=1,2,...n$ )
$d_{ij}$	Η μέγιστη ποσότητα $q$ η οποία μπορεί να παραδοθεί από το κανάλι προμήθειας $j$ ( $j=1,2,...n$ ) μέσα σε μία περίοδο $i$ ( $i=1,2,...n$ )

### 5.3.3. Μεταβλητές του υποδείγματος

Πίνακας 8: μεταβλητές του υποδείγματος

$S_{ij}$	Το μέγεθος της παρτίδας το οποίο παραδίδεται από ένα κανάλι προμήθειας $j$ ( $j=1,2,...n$ ) μία χρονική περίοδο $i$ ( $i=1,2,...n$ )
$v_{ij}$	Απόθεμα του υλικού το οποίο παραδόθηκε από το κανάλι $j$ ( $j=1,2,...n$ ) στο εργοτάξιο στην έναρξη της περιόδου $i$ ( $i=1,2,...n$ )
$F_i^1$	Το μεικτό μέγεθος του εντός εργοταξίου αποθηκευτικού χώρου την χρονική περίοδο $i$ ( $i=1,2,...n$ )
$F_i^2$	Το μεικτό μέγεθος του εκτός εργοταξίου ενδιάμεσου αποθηκευτικού χώρου την χρονική περίοδο $i$ ( $i=1,2,...n$ )
$K$	Το συνολικό κόστος που προκύπτει από την διαχείριση των αποθεμάτων
$K_t$	Συνολική αξία του υλικού που αγοράστηκε για το έργο
$K_z$	Το κόστος ευκαιρίας από την διατήρηση αποθέματος
$K_s$	Το κόστος αποθήκευσης
$K_r$	Το κόστος αγοράς

$\Delta t_i$	Ο χρόνος ο οποίος μεσολαβεί μεταξύ της πληρωμής της παράδοσης και του τέλους του έργου $i$ ( $i=1,2,\dots,n$ )
$x_{ij}$	Μία δυαδική μεταβλητή η οποία παίρνει την τιμή 1 όταν η παράδοση έρχεται κατά την χρονική περίοδο $i$ από την αλυσίδα εφοδιασμού $j$ ( $S_{ij} > 0$ ) ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση λαμβάνει την τιμή 0.

Ο χρονικός ορίζοντας  $T$  του οικοδομικού έργου, διαιρείται σε επιμέρους η ενότητες, η διάρκεια των οποίων είναι  $i=1,2,3,\dots,n$  και οι παρτίδες των υλικών παραδίδονται στην έναρξη των χρονικών περιόδων αυτών.

Υπάρχουν  $m$  πιθανά κανάλια τροφοδοσίας τα οποία εμφανίζουν διαφορές ως προς την πηγή και την τοποθεσία του αποθηκευτικού χώρου την οποία θα ακολουθήσουν. Στο σύνολο των υπάρχοντων καναλιών τροφοδοσίας  $I=1,2,\dots,m$ , διακρίνονται δύο υποσύνολα, το υποσύνολο  $I_1$  όπου χρησιμοποιείται αποθηκευτικός χώρος εντός του εργοταξίου και το υποσύνολο  $I_2$  το οποίο χρησιμοποιεί ενδιάμεσο χώρο αποθήκευσης εξωτερικά του εργοταξίου.

Επιπλέον, υπάρχει ένα ζεύγος  $R$  καναλιών τροφοδοσίας τα οποία χρησιμοποιούν ίδια πηγή υλικών. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι ενδογενείς παράμετροι του μοντέλου, οι εξωγενείς παράμετροι του έργου καθώς και οι μεταβλητές.

#### 5.3.4. Οι περιορισμοί του υποδείγματος

Η προσχεδιασμένη κατανάλωση υλικού για την περίοδο  $i$  είναι  $q_i$  και είναι καθορισμένη βάση του προγράμματος εργασιών. Το απόθεμα  $v_{ij}$  του υλικού παραδίδεται από κανάλι  $j$  στο εργοτάξιο την αρχή της περιόδου  $i$ , εξαιρώντας το  $S_{ij}$  θα πρέπει να πληροί τις εξής συνθήκες:

$$v_{ij} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^m v_{i+1,j} = \sum_{j=1}^m (S_{ij} + v_{ij}) - q_i \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n - 1$$

Επιπλέον, η ποσότητα η οποία αναμένεται να διανεμηθεί, υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τους εξής υπολογισμούς:

Η παράδοση πρόκειται για μη αρνητική τιμή και δεν ξεπερνάει την χωρητικότητα του καναλιού προμήθειας για την περίοδο  $i$ :

$$\begin{aligned}
 0 &\leq S_{ij} \leq d_{ij} \\
 i &= 1, 2, \dots, n, \\
 j &= 1, 2, \dots, m
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Σε περίπτωση όπου τα κανάλια προμήθειας χρησιμοποιούν την ίδια πηγή, η συνολική ποσότητα που διανέμεται δεν μπορεί να ξεπερνάει την χωρητικότητα της πηγής:

$$\begin{aligned}
 S_{ip} + S_{ir} &\leq d_{ip} = d_{ir} \\
 i &= 1, 2, \dots, n, \\
 \forall (p, r) &\in R
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Η συνολική ποσότητα η οποία παραδίδεται από όλα τα κανάλια προμήθειας  $j$  ( $j=1,2,\dots,m$ ) συν την ποσότητα που έχει ήδη αποθηκευτεί στην αρχή της περιόδου  $i$  αποσκοπεί στην ικανοποίηση της ζήτησης του εργοταξίου για την συγκεκριμένη περίοδο και όχι στην μείωση του αποθέματος ασφαλείας  $R_i$  το οποίο διατηρείται για περιπτώσεις έλλειψης υλών:

$$\sum_{j=1}^m (S_{ij} + v_{ij}) \geq q_i + R_i, i = 1, 2, \dots, n - 1
 \tag{5}$$

Όσο το έργο πλησιάζει στο τέλος του χρονικού ορίζοντα σχεδιασμού, δεν επιτρέπεται κανένα υλικό να μην καταναλωθεί. Ως εκ τούτου, θα πρέπει οι παραδόσεις υλικών να μειωθούν σύμφωνα με το απόθεμα ασφαλείας το οποίο φυλάσσεται στους αποθηκευτικούς χώρους:

$$\sum_{j=1}^m (S_{nj} + v_{nj}) = q_n
 \tag{6}$$

Τα υλικά διανέμονται σε αποθηκευτικούς χώρους περιορισμένης χωρητικότητας. Έτσι, ο αποθηκευτικός χώρος εντός του εργοταξίου ορίζεται ως  $Fmax^1$  ενώ ο ενδιάμεσος αποθηκευτικός χώρος εξωτερικά του εργοταξίου ορίζεται ως  $Fmax^2$ . Το μικτό μέγεθος του αποθηκευτικού χώρου που απαιτείται σε συγκεκριμένες περιόδους  $i$ ,  $Fi^1$ ,  $Fi^2$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:



$$Fi^1 = \sum_{j \in I_1} \frac{a_j}{N_{smj}} \cdot (S_{ij} + v_{ij}), \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$Fi^2 = \sum_{j \in I_2} \frac{a_j}{N_{smj}} \cdot (S_{ij} + v_{ij}), \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Όπου στις παραπάνω σχέσεις, η μεταβλητή  $N_{smj}$  είναι η καθαρή τιμή εμβαδού ανά μονάδα υλικού και  $a_j$  ένας αυξητικός παράγοντας ο οποίος επιτρέπει τις εργασίες διαχείρισης των υλικών. Οι παραπάνω εξισώσεις επιτρέπουν την εκτίμηση του υπολειπόμενου χώρου αποθήκευσης, με την υπόθεση ότι η κάθε παραγγελία φτάνει εξ ολοκλήρου στην αρχή μίας περιόδου.

Ο απαιτούμενος χώρος για τα  $F^1$  και  $F^2$  είναι οι μέγιστες τιμές των χώρων και υπολογίζονται ως εξής:

$$F^1 = \max_{i=1,2,\dots,n} \{Fi^1\} \quad (9)$$

$$F^2 = \max_{i=1,2,\dots,n} \{Fi^2\} \quad (10)$$

Παρόλα αυτά, η διαθεσιμότητα του χώρου είναι περιορισμένη έτσι ισχύει ότι:

$$F^1 \leq Fmax^1 \quad (11)$$

$$F^2 \leq Fmax^2 \quad (12)$$

Η διαδικασία επιλογής των καναλιών προμήθειας στηρίζεται στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους διαχείρισης του αποθέματος. Εκτός από το κόστος του υλικού συμπεριλαμβάνεται το κόστος ευκαιρίας, το κόστος από την αποθήκευση των υλικών, το κόστος των παραγγελιών, το κόστος των μεταφορών αλλά και το κόστος επιτόπιας προεπεξεργασίας.

Η συνολική τιμή με την οποία αγοράστηκε το υλικό για το έργο ισούται με  $Kt$

$$Kt = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot S_{ij} \quad (13)$$

Το κόστος ευκαιρίας από την αγορά από την φύλαξη του αποθέματος,  $Kz$ , με την υπόθεση ότι ο εργολάβος πληρώνεται στο τέλος του χρονικού ορίζοντα σχεδιασμού, ενώ κάθε παρτίδα υλικού χρειάζεται να εξοφληθεί αφού παραδοθεί και υπολογίζεται ως εξής:

$$Kz = r \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot S_{ij} \cdot \Delta ti \quad (14)$$

$$\Delta ti = \sum_{k=i}^n tk, i = 1, 2, \dots, n$$

Όπου το  $r$  αναπαριστά την προσδοκώμενη ημερομηνία επιστροφής-απλό επιτόκιο ανά μονάδα χρόνου.

Στην περίπτωση των κατασκευαστικών έργων, το κόστος της αποθήκευσης,  $Ks$ , πρόκειται για το κόστος προετοιμασίας των εγκαταστάσεων προσωρινής αποθήκευσης (περιλαμβάνει εργασίες όπως η πλακόστρωση ανοιχτών χώρων, η ανέγερση κτιρίων κλπ) αλλά και ποσά τα οποία αντιστοιχούν στην χρήση της γης από την ενοικίαση. Τα κόστη αυτά είναι πιθανόν να είναι ανάλογα με την περιοχή αποθήκευσης:

$$Ks = ks \cdot (F^1 + F^2) \quad (15)$$

Όπου η μεταβλητή  $ks$  αντιστοιχεί στο μοναδιαίο κόστος για την παροχή εγκαταστάσεων αποθήκευσης (ανά μονάδα του χώρου).

Γίνεται υπόθεση ότι το κόστος αγοράς,  $Kr$ , συντίθεται από δυο στοιχεία. Το ένα στοιχείο είναι ανάλογο του αριθμού των παραδόσεων και δεν εξαρτάται από την ποσότητα υλικού της κάθε παρτίδας και το οποίο συμπεριλαμβάνει το κόστος της παραγγελίας, την δοκιμή της παρτίδας και το ζύγισμα του υλικού που έχει παραδοθεί. Μπορεί να εκφραστεί ως ένα προϊόν  $krj$  (δηλαδή το κόστος μιας παραγγελίας που θα παραδοθεί από το κανάλι προμήθειας  $j$ ) και τον αριθμό των παραδόσεων. Το δεύτερο στοιχείο είναι ανάλογο με το μέγεθος της παρτίδας και περιλαμβάνει το μεταφορικό κόστος  $ktj$  (ανά μονάδα υλικού) και κατά περίπτωση το κόστος προεπεξεργασίας του προϊόντος που έχει διανεμηθεί ( $kaj$  ανά μονάδα υλικού). Επομένως προκύπτει ότι:

$$Kr = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m k_{rj} \cdot x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (k_{tj} + k_{aj}) \cdot S_{ij} \quad (16)$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο συνολικός αριθμός των διανομών παραμένει άγνωστος, το κόστος της αγοράς εκφράζεται ως συνάρτηση μίας δυαδικής μεταβλητής  $x_{ij}$ . Εάν η παραγγελία προέρχεται από την εφοδιαστική αλυσίδα  $j$  την χρονική περίοδο  $i$  παίρνει την τιμή 1 (συνεπώς σημαίνει ότι  $S_{ij} > 0$ ) ενώ ισούται με το μηδέν σε κάθε άλλη περίπτωση (άρα  $S_{ij} = 0$ ). Προκύπτει λοιπόν έτσι ότι το  $x_{ij}$  εξαρτάται από άγνωστες μεταβλητές οι οποίες αντιπροσωπεύουν την ποσότητα της παρτίδας. Το υπόδειγμα επιτρέπει τον υπολογισμό αυτού μέσω ενός επιπρόσθετου περιορισμού που επιβάλλει την εκπλήρωση των παραπάνω περιορισμών όταν η δυαδική μεταβλητή πρόκειται να ελαχιστοποιηθεί στην αντικειμενική συνάρτηση:

$$S_{ij} \leq M \cdot x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

Όπου το  $M$  πρόκειται για έναν επαρκώς μεγάλο αριθμό. Από τους παραπάνω περιορισμούς προκύπτει η αντικειμενική συνάρτηση του υποδείγματος η οποία όπως προαναφέρθηκε αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους διαχείρισης του αποθέματος

$$\min K: K = Kt + Kz + Ks + Kr \quad (18)$$

Πίνακας 9: οι σχέσεις και οι περιορισμοί του υποδείγματος

<b>Τύποι</b>	<b>Λειτουργία</b>
$\min K: K = Kt + Kz + Ks + Kr$	Η αντικειμενική συνάρτηση η οποία ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων.
$Kt = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot S_{ij}$	Υπολογισμός της συνολικής αξίας του υλικού που αγοράστηκε για το έργο.
$Kz = r^* \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot S_{ij} \cdot \Delta t_i$	Υπολογισμός του κόστους ευκαιρίας από την φύλαξη του αποθέματος.

$\Delta t_i = \sum_{k=i}^n tk, \quad i=1, 2, \dots, n$	<p>Ο χρόνος ο οποίος μεσολαβεί μεταξύ της πληρωμής παράδοσης και την ολοκλήρωσης του έργου, <math>i=1,2,\dots,n</math></p>
$Ks = ks \cdot (F^1 + F^2)$	<p>Υπολογισμός του κόστους αποθήκευσης</p>
$Kr = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m k_{rj} \cdot x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (k_{tj} + k_{aj}) \cdot S_{ij}$	<p>Υπολογισμός του κόστους αγοράς</p>
$S_{ip} + S_{ir} \leq d_{ip} = d_{ir}$	<p>Η συνολική ποσότητα που διανέμεται δεν μπορεί να ξεπερνάει την χωρητικότητα της πηγής.</p>
$S_{ij} \leq M \cdot x_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, \dots, m$	<p>Έλεγχος εάν η παράδοση από το κανάλι <math>j</math> πραγματοποιήθηκε την χρονική περίοδο <math>i</math>.</p>
$v_{1j} = 0, \quad j=1, 2, \dots, m$	<p>Το απόθεμα κατά την έναρξη της χρονικής περιόδου σχεδιασμού θα πρέπει να ισούται με το μηδέν.</p>
$\sum_{j=1}^m v_{i+1,j} = \sum_{j=1}^m (S_{ij} + v_{ij}) - q_{i'}$ <p><math>i=1, 2, \dots, n-1</math></p>	<p>Υπολογισμός του αποθέματος του υλικού που παραδίδεται από το κάθε κανάλι σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο.</p>
$\sum_{j=1}^m (S_{ij} + v_{ij}) \geq q_i + R_i$ <p><math>i=1, 2, \dots, n-1</math></p>	<p>Συνολική ποσότητα η οποία είναι διαθέσιμη την περίοδο <math>i</math> η οποία αποσκοπεί στην κάλυψη της ζήτησης των αναγκών του έργου και όχι στη διασφάλιση αποθέματος ασφάλειας.</p>
$\sum_{j=1}^m (S_{nj} + v_{nj}) = q_n$	<p>Κανένα υλικό δεν μπορεί να μείνει χωρίς να καταναλωθεί μέχρι το τέλος του ορίζοντα σχεδιασμού.</p>
$F_i^1 = \sum_{j \in I_1} \frac{a_j}{N_{smj}} \cdot (S_{ij} + v_{ij})$	<p>Υπολογισμός του μεικτού μεγέθους του εντός του εργοταξίου αποθηκευτικού χώρου που απαιτείται για συγκεκριμένες περιόδους.</p>
$F_i^2 = \sum_{j \in I_2} \frac{a_j}{N_{smj}} \cdot (S_{ij} + v_{ij})$	<p>Υπολογισμός του μεικτού μεγέθους για τον εκτός εργοταξίου ενδιάμεσο αποθηκευτικό χώρο που απαιτείται για συγκεκριμένες περιόδους.</p>
$F^1 \geq F_i^1, \quad i=1, 2, \dots, n$	<p>Υπολογισμός του μεικτού μεγέθους του εντός εργοταξίου αποθηκευτικού χώρου για όλες τις περιόδους.</p>
$F^2 \geq F_i^2, \quad i=1, 2, \dots, n$	<p>Υπολογισμός του μεικτού μεγέθους του εκτός εργοταξίου ενδιάμεσου αποθηκευτικού χώρου για όλες τις περιόδους.</p>
$F^1 \leq Fmax^1$	<p>Το μεικτό μέγεθος του εντός εργοταξίου αποθηκευτικού χώρου δεν μπορεί να ξεπεράσει τον διαθέσιμο χώρο.</p>
$F^2 \leq Fmax^2$	<p>Το μεικτό μέγεθος του εκτός εργοταξίου αποθηκευτικού χώρου δεν μπορεί να ξεπεράσει τον διαθέσιμο χώρο.</p>
$S_{ij} \leq M \cdot x_{ij}$	<p>Οριακή συνθήκη (η διανομή είναι μη αρνητική τιμή η οποία δεν μπορεί να ξεπερνάει την χωρητικότητα της πηγής).</p>

$x_{ij} \in \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$	Οριακή συνθήκη για την δυαδική μεταβλητή
---	--

## 5.4. Προτεινόμενο υπόδειγμα

Προκειμένου να τεκμηριωθεί η εγκυρότητα του υποδείγματος χρησιμοποιήθηκαν οι προγραμματισμένες ποσότητες υλικού οι οποίες αφορούν στις κτιριακές εγκαταστάσεις του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνολικής έκτασης 17.603, 63 τ.μ. Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας θεωρείται ως απαραίτητο και κρίσιμο υλικό για τις οικοδομικές εργασίες του έργου ένα κρίσιμο και απαραίτητο για την κατασκευή υλικό, το οποίο είναι το τσιμέντο. Η ποσότητα και το κόστος του είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την εξέλιξη του έργου. Με βάση τους υπολογισμούς που έχουν πραγματοποιηθεί, θα χρειαστούν για την κατασκευή των κτιριακών εγκαταστάσεων περίπου 1200 τόνοι τσιμέντου.

### 5.4.1. Επιλογή των καναλιών τροφοδοσίας

Σύμφωνα με το υπόδειγμα, ο χώρος του εργοταξίου διαθέτει έναν εντός εργοταξίου χώρο αποθήκευσης συνολικού μεγέθους  $F_{max1}=1500 \text{ m}^2$  και έναν εξωτερικό χώρο αποθήκευσης  $F_{max2}=2800 \text{ m}^2$ . Τα κανάλια προμήθειας είναι συνολικά 6 και προμηθεύουν με τσιμέντο τον χώρο του εργοταξίου σύμφωνα με τον πίνακα:

Πίνακας 10: διανομή υλικού ανά κανάλι προμήθειας

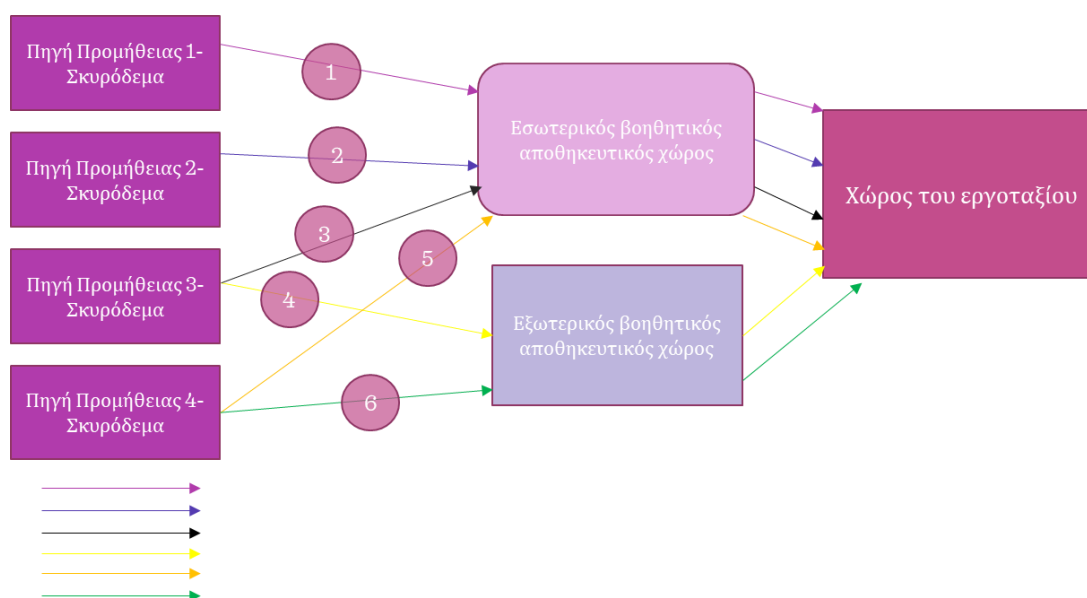
Κανάλια Προμήθειας	Υλικό
Κανάλι 1	Τσιμέντο
Κανάλι 2	Τσιμέντο
Κανάλι 3	Τσιμέντο
Κανάλι 4	Τσιμέντο
Κανάλι 5	Τσιμέντο
Κανάλι 6	Τσιμέντο

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κανάλια προμήθειας και η διαδρομή που θα ακολουθηθεί ανάλογα με την πηγή προμήθειας:

Πίνακας 11: διαδρομή η οποία ακολουθείται ανάλογα με το κανάλι προμήθειας

Κανάλια Τροφοδοσίας	Διαδρομή
Κανάλι 1	Προμηθεύει τσιμέντο στον εσωτερικό βοηθητικό αποθηκευτικό χώρο και έπειτα καταλήγει στον χώρο του εργοταξίου.

Κανάλι 2	Προμηθεύει τσιμέντο στον εσωτερικό βοηθητικό αποθηκευτικό χώρο και έπειτα καταλήγει στον χώρο του εργοταξίου.
Κανάλι 3	Προμηθεύει τσιμέντο στον εσωτερικό βοηθητικό αποθηκευτικό χώρο και έπειτα καταλήγει στον χώρο του εργοταξίου.
Κανάλι 4	Προμηθεύει τσιμέντο στον εξωτερικό βοηθητικό αποθηκευτικό χώρο καταλήγοντας στον χώρο του εργοταξίου.
Κανάλι 5	Προμηθεύει τσιμέντο στον εσωτερικό βοηθητικό αποθηκευτικό χώρο και έπειτα καταλήγει στον χώρο του εργοταξίου.
Κανάλι 6	Προμηθεύει τσιμέντο στον εξωτερικό αποθηκευτικό χώρο και έπειτα καταλήγει στον χώρο του εργοταξίου.



Σχήμα 11 :απεικόνιση του μαθηματικού υποδείγματος, Πηγή:(Jaśkowski, Sobotka and Czarnigowska, 2018b), ίδια επεξεργασία

## 5.5. Εφαρμογή προτεινόμενου υποδείγματος

Το παραπάνω υπόδειγμα για τεχνικούς λόγους αλλά και λόγους διαφοροποίησης έχει προσαρμοστεί της συνθήκες του παρόντος έργου. Έτσι, κατά την εφαρμογή του υποδείγματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 2 κανάλια προμήθειας από 2 διαφορετικές πηγές. Ουσιαστικά, δεν αλλοιώνεται η ουσία και η λογική του μοντέλου καθώς οι μεταβλητές και αντίστοιχα οι περιορισμοί μπορούν είτε να προστεθούν είτε να αφαιρεθούν ανάλογα με της συνθήκες του κάθε έργου και τις απαιτήσεις προμήθειάς

του. Σκοπός του υποδείγματος είναι η τεκμηρίωση της εγκυρότητάς του είτε μέσω της αύξησης του βαθμού περιπλοκότητας είτε της μείωσης αυτού.

Ενώ σε αρχικό στάδιο το υπόδειγμα δομήθηκε λαμβάνοντας υπόψη συνολικά 6 κανάλια προμήθειας από τέσσερις (4) διαφορετικές πηγές προμήθειας, για τεχνικούς λόγους ο αριθμός των καναλιών προμήθειας έχει ελαττωθεί. Τα όρια και ο αριθμός των μεταβλητών και των περιορισμών που υπάρχουν στο αντίστοιχο πρόγραμμα είναι περιορισμένα. Συνεπώς, στο παραπάνω υπόδειγμα ο αριθμός των καναλιών προμήθειας και αντίστοιχα των μεταβλητών περιορίστηκε ώστε να ανταποκρίνεται στα όρια της μηχανής βελτιστοποίησης.

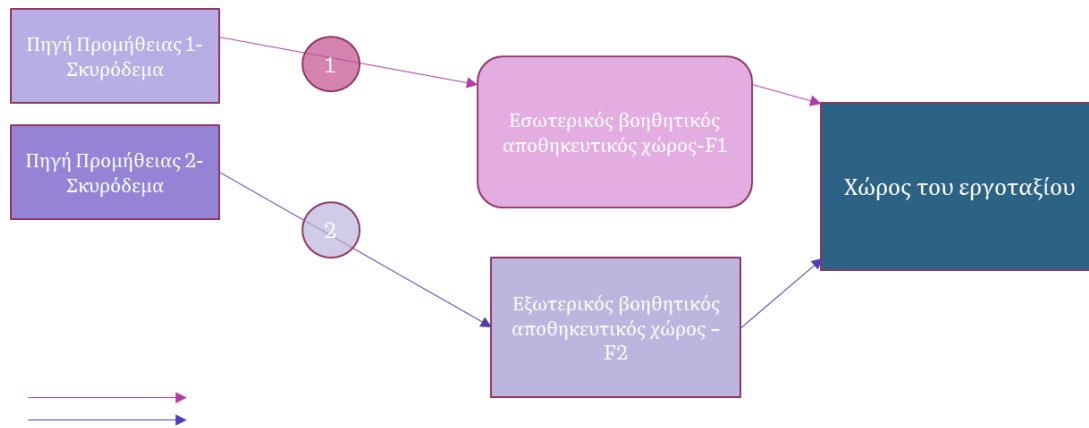
Οι απαιτήσεις προμήθειας του έργου δεν διαφοροποιούνται εφόσον η μείωση των καναλιών προμήθειας από μία επιπρόσθετη πηγή πρόκειται να διανεμηθούν από τα υπόλοιπα κανάλια προμήθειας. Στη συνέχεια αναλύονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου με την χρήση του προγράμματος *Analytic Solver* της εταιρίας λογισμικού Frontline. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα excel, περιλαμβάνει πρόσθετη επιλογή βελτιστοποίησης, ωστόσο ο αριθμός των μεταβλητών απόφασης των περιορισμών είναι περιορισμένοι. Ακόμη, ενδείκνυται η επίλυση με χρήση Matlab ή Lingo αυξάνοντας ωστόσο ο βαθμός περιπλοκότητας της επίλυσης του υποδείγματος χωρίς να κρίνεται απαραίτητο

Με βάση τα παραπάνω, το πρόβλημα αναδιατυπώνεται ως εξής:

- Κάθε πηγή προμήθειας παραδίδει μέσω συνολικά δύο καναλιών τροφοδοσίας τσιμέντο στον χώρο του εργοταξίου, είτε αυτό καταλήγει αρχικά στον εξωτερικό αποθηκευτικό χώρο είτε στον εσωτερικό βοηθητικό χώρο.
- Οι χρονικές υποπερίοδοι οι οποίες έχουν οριστεί για το συγκεκριμένο έργο παραμένουν στο σύνολο επτά (7).
- Το κάθε ένα από τα κανάλια προμήθειας του τσιμέντου φέρει διαφορετική τιμή για το κάθε ένα από τα κόστη που συνυπολογίζονται στα κόστη της αντικειμενικής συνάρτησης. Αντίστοιχα, τα δεδομένα του προβλήματος θα είναι:

Πίνακας 12: κανάλια προμήθειας και υλικό διανομής

Κανάλια Προμήθειας	Υλικό
Κανάλι 1	Τσιμέντο
Κανάλι 2	Τσιμέντο



Σχήμα 12: απεικόνιση του μαθηματικού υποδείγματος, Πηγή: (Jaśkowski, Sobotka and Czarnigowska, 2018b), *Ιδία επεξεργασία*

Για το τσιμέντο η αναλογία υλικού ανά μονάδα επιφάνειας ορίζεται σε  $N_{smj}=3m^2/t$  , ενώ ο αυξητικός παράγοντας ανέρχεται σε  $a_j=1,3$ . Επιπλέον, το κόστος από της αποθηκευτικές εγκαταστάσεις θα είναι  $k_s =1,5$  ευρώ/  $m^2$  ενώ το επιτόκιο ανέρχεται σε 3%. Ακόμα, οι συνολικές πηγές προμήθειας οι οποίες χρησιμοποιούνται είναι δύο (2) (a, b) .



Πίνακας 13: Διαδρομή ανά κανάλι τροφοδοσίας και πηγή προμήθειας

Πηγή προμήθειας	Κανάλια Τροφοδοσίας	Διαδρομή
Πηγή 1	Κανάλι 1	Προμηθεύει τσιμέντο στον εσωτερικό βοηθητικό αποθηκευτικό χώρο F1 και έπειτα καταλήγει στον χώρο του εργοταξίου.
Πηγή 2	Κανάλι 2	Προμηθεύει τσιμέντο στον εσωτερικό βοηθητικό αποθηκευτικό χώρο F1 και έπειτα καταλήγει στον χώρο του εργοταξίου.

Συνολικά λοιπόν, προκύπτει ότι δύο κανάλια τροφοδοσίας (1,2) διανέμουν τσιμέντο σε δύο διαφορετικούς αποθηκευτικούς χώρους, από δύο διαφορετικές πηγές προμήθειας. Για την επίλυση του μοντέλου έχουν ληφθεί υπόψη οι εξής παραδοχές:

- Κάθε πηγή προμήθειας παραδίδει μέσω συνολικά δύο καναλιών τροφοδοσίας τσιμέντο στον χώρο του εργοταξίου, είτε αυτό καταλήγει αρχικά στον εξωτερικό αποθηκευτικό χώρο είτε στον εσωτερικό βοηθητικό χώρο.
- Οι χρονικές περίοδοι για το συγκεκριμένο έργο είναι στο σύνολο επτά και προκύπτουν σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα του έργου και τις ανάγκες που προκύπτουν από τις εργασίες σκυροδέτησης.
- Για την κάθε μία χρονική περίοδο, έχει υπολογιστεί το σύνολο της απαιτούμενης ποσότητας σκυροδέματος σε κυβικά μέτρα και στη συνέχεια έχει προκύψει η περιεκτικότητά του σε κιλά τσιμέντου, σύμφωνα με τον προϋπολογισμό των οικοδομικών εργασιών του έργου.
- Το κάθε ένα από τα κανάλια προμήθειας του τσιμέντου φέρει διαφορετική τιμή κόστους τα οποία συνυπολογίζονται στα κόστη της αντικειμενικής συνάρτησης.

## 5.5.1. Διαδικασία επίλυσης του υποδείγματος

### 5.5.1.1. Εισαγωγή δεδομένων και ονομασία μεταβλητών σε περιβάλλον excel

Για την εφαρμογή του υποδείγματος γραμμικού προγραμματισμού, δημιουργήθηκαν πίνακες οι οποίοι περιλαμβάνουν δεδομένα και πράξεις μεταξύ των μεταβλητών όπως και κάποιοι βοηθητικοί πίνακες.

Με σκοπό την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, σε κάθε μία τιμή κελιού έχει δοθεί η αντίστοιχη ονομασία. Έτσι, έχουν οριστεί ονομασίες για τη μέγιστη χωρητικότητα του κάθε καναλιού προμήθειας  $j$  για κάθε χρονική περίοδο  $i$ , το κόστος υλικού από κάθε κανάλι προμήθειας την χρονική περίοδο  $i$ , την προγραμματισμένη κατανάλωση υλικού για την κάθε χρονική περίοδο  $i$ , τα επιπρόσθετα κόστη από κάθε κανάλι  $j$ , το μέγεθος της παρτίδας  $S_{ij}$ , του αποθέματος  $v_{ij}$  καθώς και της διττής μεταβλητής  $x_{ji}$ . Η ονομασία του κάθε κελιού διευκολύνει επίσης στην αποφυγή λαθών λόγω της περιπλοκότητας του μοντέλου κατά τη φάση της υπολογιστικής διαδικασίας.

### 5.5.1.3. Καταχώρηση δεδομένων σε κελιά

Για να επιτευχθεί η επίλυση του υποδείγματος, αφού σε αρχικό στάδιο καταχωρήθηκαν οι μεταβλητές του υποδείγματος στα αντίστοιχα κελιά με μορφή πινάκων, εισήχθησαν τα δεδομένα ως εξής:

Πίνακας 14: επιπρόσθετα κόστη ανά κανάλι προμήθειας

Κανάλι προμήθειας	Επιπρόσθετα κόστη		
	$krj$ (ευρώ/παράδοση)	$ktj$ (ευρώ/t)	$kaj$ (ευρώ/t)
$j$			
1 τσιμέντο	11	3	0
2 τσιμέντο	13	1,5	0,5

Για το κάθε κανάλι προμήθειας (1,2) έχουν οριστεί τα κόστη τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τον αποθηκευτικό χώρο στον οποίο καταλήγουν.

Πίνακας 15: μέγιστη ποσότητα προμήθειας ανά κανάλι προμήθειας

Κανάλι προμήθειας	Μέγιστη ποσότητα προμήθειας $d_{ji}$ του κάθε καναλιού ανά χρονική περίοδο $i$							
	$j/i$	1	2	3	4	5	6	7
1 τσιμέντο		600	800	500	700	300	800	400
2 τσιμέντο		500	700	300	300	300	400	250

Αντίστοιχα, ορίζεται η μέγιστη ποσότητα προμήθειας  $d_{ji}$  ανά κανάλι προμήθειας για κάθε μία χρονική περίοδο. Θεωρείται ότι η μέγιστη χωρητικότητα του καναλιού για κάθε χρονική περίοδο είναι κυμαινόμενη. Επομένως για κάθε μία από τις χρονικές

περιόδους η ποσότητα που μπορεί να διαθέσει το κάθε κανάλι προμήθειας μεταβάλλεται.

Πίνακας 16: η προγραμματισμένη ποσότητα υλικού και το απόθεμα ασφαλείας ανά χρονική περίοδο βάσει του αλγορίθμου βελτιστοποίησης

Χρονική περίοδος $i$	Τσιμέντο	
	Προγραμματισμένη κατανάλωση υλικού $q_i$ (τόνοι)	απόθεμα $R_i$
1	340	34
2	256	25,6
3	310	31,0
4	37	3,7
5	65	6,5
6	115	11,5
7	85	0
sum	1210	

Πίνακας 17: το κόστος υλικού ανά χρονική περίοδο

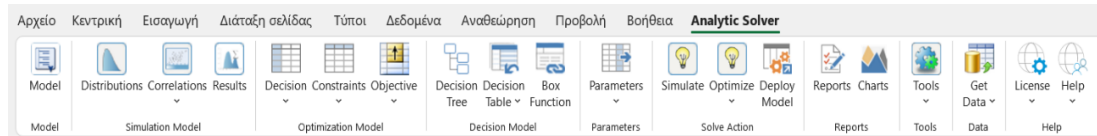
$c_{ji}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	80	85	90	95	100	80	85
2 σκυρόδεμα	90	95	80	100	85	90	95

Ο παραπάνω πίνακας, παρουσιάζει την προγραμματισμένη κατανάλωση τσιμέντου για κάθε χρονική περίοδο  $i$ . Οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου έχουν προκύψει από τον οικοδομικό προϋπολογισμό και το χρονοδιάγραμμα του έργου, λαμβάνοντας υπόψη τις εργασίες σκυροδέτησης ενώ η μονάδα μέτρησης η οποία χρησιμοποιείται για διευκόλυνση των υπολογισμών είναι οι τόνοι. Επιπλέον, για την κάθε χρονική περίοδο, έχει οριστεί συγκεκριμένη ποσότητα αποθέματος. Την 7<sup>η</sup> περίοδο το απόθεμα ισούται με το μηδέν γεγονός το οποίο οφείλεται στην ολοκλήρωση των εργασιών και την παραδοχή ότι δεν θα πρέπει να παραμείνει ποσότητα υλικού ως απόθεμα στους αποθηκευτικούς χώρους.

Ακόμα, εισήχθησαν δεδομένα τα οποία αφορούν το κόστος υλικού  $c_{ij}$ , προσδιορίστηκαν οι μεταβλητές απόφασης  $S_{ij}$  και  $v_{ij}$  και υπολογίστηκε το γινόμενο του μεγέθους της παρτίδας επί το μοναδιαίο κόστος υλικού. Αντίστοιχα, με τη βοήθεια πινάκων και γινομένων ορίστηκαν οι μεταβλητές  $K_t$ ,  $K_z$ ,  $K_s$  και  $K_r$  όπως και η αντικειμενική συνάρτηση  $K$ , η οποία προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους υπολογισμών του κόστους.

Έπειτα ακολουθεί η εγκατάσταση του πρόσθετου του excel, Analytic Solver το οποίο λειτουργεί ως βασικό εργαλείο επίλυσης του μοντέλου βελτιστοποίησης. Στη συνέχεια, εμφανίζεται μία νέα καρτέλα η οποία παρέχει την δυνατότητα δόμησης του μοντέλου βελτιστοποίησης μέσω μίας σειράς εντολών.

Ακολουθώντας την εντολή *Model* της καρτέλας δίνεται η δυνατότητα καταχώρησης των μεταβλητών απόφασης μέσω της εντολής *decision*→*normal*→*add* και αντίστοιχα με τον ίδιο τρόπο της αντικειμενικής συνάρτησης μέσω της εντολής *objective* καθώς και της εντολής *constraints* για την καταχώρηση των περιορισμών. Εφόσον επιλεγθεί η εντολή εμφανίζεται η δυνατότητα επιλογής της περιοχής των κελιών στα οποία έχει καταχωρηθεί η τιμή των μεταβλητών. Η καρτέλα της επέκτασης του excel έχει την συγκεκριμένη μορφή, όπως αυτή παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

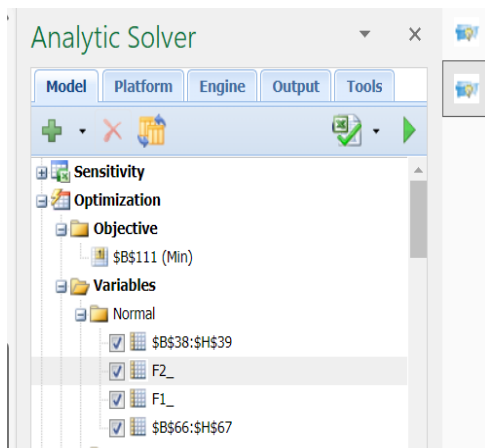


Εικόνα 7: η καρτέλα του πρόσθετου προγράμματος *Analytic Solver*

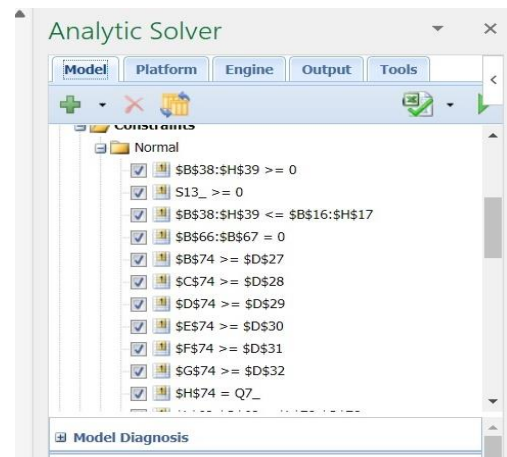
Μόλις καταχωρηθούν οι μεταβλητές απόφασης οι οποίες είναι το μέγεθος της παρτίδας  $S_{ij}$ , το απόθεμα  $v_{ij}$  και το μέγεθος της αποθήκης  $F1$  και  $F2$  καταχωρούνται οι περιορισμοί του υποδείγματος οι οποίοι αφορούν:

- Το μέγεθος της παρτίδας  $S_{ij}$ , θα πρέπει να είναι πάντα αριθμός μεγαλύτερος από μηδέν και να λαμβάνει μόνο ακέραιες τιμές. Παράλληλα δεν θα πρέπει να ξεπερνάει την μέγιστη ποσότητα προμήθειας  $d_{ij}$ .
- Το μέγεθος του κάθε ενός αποθηκευτικού χώρου ανά χρονική περίοδο, δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τη χωρητικότητα του κάθε αποθηκευτικού χώρου. Δηλαδή θα πρέπει  $F_i^1 \leq F_{max}^1$  και  $F_i^2 \leq F_{max}^2$ .
- Το άθροισμα της παρτίδας του υλικού για κάθε χρονική περίοδο και του αποθέματος ανά κανάλι προμήθειας για κάθε χρονική στιγμή  $i$  δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το άθροισμα της προγραμματισμένης ποσότητας υλικού που απαιτείται για την υλοποίηση του έργου και την ποσότητα του αποθέματος που έχει οριστεί.

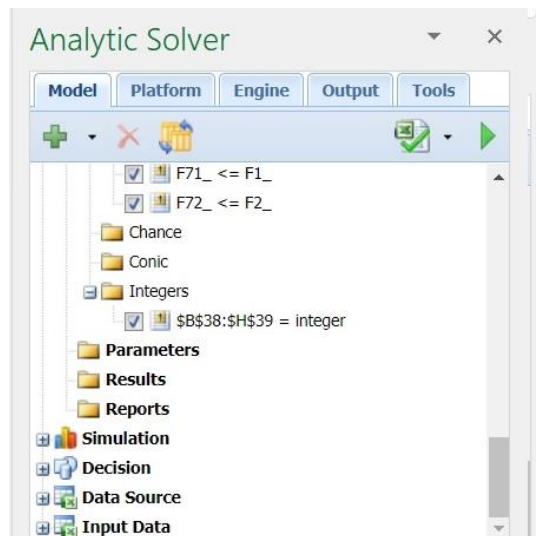
Το μαθηματικό υπόδειγμα παρουσιάζεται με την μορφή εικόνων, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί σε περιβάλλον excel με την βοήθεια του *Analytic Solver*.



Εικόνα 8: η αντικειμενική συνάρτηση και οι μεταβλητές απόφασης του υποδείγματος



Εικόνα 9: οι περιορισμοί του υποδείγματος



Εικόνα 10: οι ακέραιοι περιορισμοί του υποδείγματος

Αφού εισαχθούν τα δεδομένα επίλυσης του μοντέλου και διαμορφωθεί το μαθηματικό υπόδειγμα, στην καρτέλα *platform* επιλέγονται τα χαρακτηριστικά επίλυσης του μοντέλου, έτσι ώστε να πληρούνται οι κατάλληλες προδιαγραφές επίλυσης. Στην πλατφόρμα *engine* χρησιμοποιείται η μηχανή βελτιστοποίησης *Standard Lp/Quadratic Engine*, ιδανική για την επίλυση μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού και κυρίως για τις προδιαγραφές επίλυσης του μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Απαραίτητη προϋπόθεση επίλυσης αποτελεί η τήρηση των συνθηκών γραμμικότητας του υποδείγματος. Διαφορετικά, ως εναλλακτική μηχανή βελτιστοποίησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μηχανή *Evolutionary Engine*.

Έπειτα από την εισαγωγή των δεδομένων, των μεταβλητών απόφασης, της αντικειμενικής συνάρτησης, των περιορισμών καθώς και της επιλογής της κατάλληλης μηχανής βελτιστοποίησης, η επίλυση του υποδείγματος πραγματοποιείται πατώντας το πράσινο βέλος το οποίο εμφανίζεται στο παράθυρο του μοντέλου και το οποίο δίνει την εντολή για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Εφόσον πληρούνται όλες οι συνθήκες γραμμικότητας και τηρούνται ταυτόχρονα όλοι οι περιορισμοί του υποδείγματος, τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο στο υπολογιστικό φύλλο, το οποίο επιβεβαιώνει ότι το πρόγραμμα έχει βρει την καλύτερη δυνατή λύση η οποία ελαχιστοποιεί την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.

Εάν οι συνθήκες δεν πληρούνται το μοντέλο δεν μπορεί να λυθεί από κάποια μηχανή βελτιστοποίησης και συνεπώς τα μεταβλητά κελιά δεν εμφανίζουν τιμή. Σε περίπτωση σφάλματος, το οποίο αφορά συνήθως στην ελλειπή ή λανθασμένη εφαρμογή των περιορισμών, θα πρέπει η διαδικασία να πραγματοποιηθεί εξ αρχής και μέσω των επαναλήψεων να εμφανιστεί η ένδειξη εύρεσης της βέλτιστης λύσης. Προς αποφυγή εμφάνισης σφάλματος καθίσταται απαραίτητη η λεπτομερής και προσεκτική χρήση των μεταβλητών και των περιορισμών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το κόστος το οποίο προκύπτει με βάση την βέλτιστη ποσότητα προμήθειας τσιμέντου για κάθε ένα από τα κανάλια προμήθειας. Πιο αναλυτικά, με βάση λοιπόν τα δύο κανάλια τροφοδοσίας τα οποία αξιοποιούνται για την τροφοδοσία του έργου, η μηχανή βελτιστοποίησης έχει επιλέξει τις παρακάτω ποσότητες:

Πίνακας 18: μέγεθος παρτίδας  $S_{ij}$  ανά χρονική περίοδο

$S_{ji}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	170	121	150	22	29	18	15
2 σκυρόδεμα	170	135	159	14	36	95	70

Συνεπώς, προκύπτει ότι κατά την 1<sup>η</sup> χρονική περίοδο αξιοποιείται πλήρως η ποσότητα η οποία διατίθεται από τα κανάλια προμήθειας, ενώ στην πορεία ελαχιστοποιείται η ποσότητα.

Πίνακας 19: υπολογισμός του κόστους ανά μέγεθος παρτίδας και κανάλι τροφοδοσίας

$c_j * S_{ji}$ (ευρώ)	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	13.600,00 €	10.285,00 €	13.500,00 €	2.090,00 €	2.900,00 €	1.440,00 €	1.275,00 €
2 σκυρόδεμα	15.300,00 €	12.825,00 €	12.720,00 €	1.400,00 €	3.060,00 €	8.550,00 €	6.650,00 €

Πίνακας 21: απόθεμα  $v_{ij}$  ανά χρονική περίοδο βάσει του αλγορίθμου βελτιστοποίησης

$v_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	0	0,80	0,09	0,71	0,29	0,77	0,31
2 σκυρόδεμα	0	0,40	0,10	0,31	0,78	0,22	0,29

Πίνακας 22:υπολογισμός του κόστους του υλικού

Υπολογισμός του κόστους του υλικού	
<b>Kt</b>	105.595,00 €

Πίνακας 23: άθροισμα μεγέθους παρτίδας  $S_{ij}$  και αποθέματος  $v_{ij}$  ανά χρονική περίοδο και κανάλι προμήθειας

sum $S_{ij}+v_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	170,00	121,80	150,09	22,71	29,29	18,77	15,31
2 σκυρόδεμα	170,00	135,40	159,10	14,31	36,78	95,22	70,29
SUM	340,00	257,20	309,20	37,02	66,07	113,99	85,60

Πίνακας 24: γινόμενο υπολογισμού κόστους ευκαιρίας ανά χρονική περίοδο και κανάλι προμήθειας

$c_{ij} * S_{ij} * \Delta t_i$	1	2	3	4	5	6
1 σκυρόδεμα	81.600,00 €	51.425,00 €	54.000,00 €	6.270,00 €	5.800,00 €	1.440,00 €
2 σκυρόδεμα	91.800,00 €	64.125,00 €	50.880,00 €	4.200,00 €	6.120,00 €	8.550,00 €

Πίνακας 25 :υπολογισμός του κόστους ευκαιρίας

Κόστος ευκαιρίας	
<b>Kz</b>	12.786,30 €

Πίνακας 26: γινόμενο υπολογισμού του κόστους αγοράς  $(k_{tj}+k_{aj})*S_{ij}$

$(k_{tj}+k_{aj})*S_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	510	363	450	66	87	54	45
2 σκυρόδεμα	340	270	318	28	72	190	140

Πίνακας 27: γινόμενο υπολογισμού του κόστους αγοράς  $k_{tj}*x_{ij}$

$k_{tj}*x_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	11	11	11	11	11	11	11
2 σκυρόδεμα	13	13	13	13	13	13	13
sum	168						

Πίνακας 28: δυαδική μεταβλητή  $x_{ij}$

$x_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	1	1	1	1	1	1	1
2 σκυρόδεμα	1	1	1	1	1	1	1

Πίνακας 29 :ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης, ως άθροισμα των επιμέρους κοστών

Αντικειμενική συνάρτηση	
MinK: $K_t+K_z+K_s+K_r$	124.556,45 €

Από την εκτέλεση του αλγορίθμου προκύπτει ότι το κόστος της αντικειμενικής συνάρτησης ελαχιστοποιήθηκε σε  $K=124.556,45$  ευρώ, εκ των οποίων το κόστος υλικού ανέρχεται σε  $K_t=105.595,00$  ευρώ, το κόστος ευκαιρίας σε  $K_z=12.786,30$  ευρώ και αντίστοιχα το κόστος αποθήκευσης σε  $K_s=3.074,15$  ευρώ. Το μέγεθος των αποθηκευτικών χώρων το οποίο αξιοποιείται είναι  $F^1=243,83$  m<sup>2</sup> και  $F^2=1805,60$  m<sup>2</sup>. Γίνεται κατανοητό ότι το μεγαλύτερο μέρος της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης εξαρτάται από το κόστος αγοράς του υλικού. Επομένως, μία πιθανή εξοικονόμηση κόστους, μπορεί να επιτευχθεί μέσω μίας σταθερής συνεργασίας και της ανάπτυξης σχέσεων εμπιστοσύνης μεταξύ του υπεύθυνου του έργου και του προμηθευτή του υλικού η οποία θα μπορούσε να επιφέρει κάποια ενδεχόμενη μείωση του κόστους αγοράς.



## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### Συμπεράσματα

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, αποτελεί ένα νέο και ταυτόχρονα καινοτόμο πεδίο εφαρμογής, η σύλληψή του οποίου χρονολογείται μόλις από τις αρχές του 1950. Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο βασίστηκε στο πλαίσιο της μεταποιητικής βιομηχανίας, θέτοντας ως βασικό στόχο την μείωση των αποθεμάτων και την ρύθμιση του συνολικού κόστους. Βασική προϋπόθεση για αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί η αναγνώριση της αλληλεξάρτησης μεταξύ των επιπέδων της εφοδιαστικής αλυσίδας και η επιδίωξη σύναψης σχέσεων συνεργασίας και επικοινωνίας ως μέσο ενσωμάτωσης και ελέγχου των επιχειρηματικών διαδικασιών.

Σε ότι αφορά τον κλάδο των κατασκευών, εφοδιαστική αλυσίδα έχει συγκεντρώσει ιδιαίτερη προσοχή ως μέσο αύξησης της αποτελεσματικότητας και επάρκειας από την εφαρμογή της. Συγκεκριμένα, η ασταθής φύση του κατασκευαστικού κλάδου και οι παράγοντες περιπλοκότητάς του δυσχεραίνουν σημαντικά την οργάνωση και τον προγραμματισμό ενός έργου καθώς και την εφαρμογή της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα ποιοτικά και ποσοτικά μοντέλα διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας καλούνται να αντιμετωπίσουν την ευαλωτότητα την οποία εμφανίζουν, μέσα από εργαλεία, τεχνικές και μεθόδους.

Αφενός, τα ποιοτικά μοντέλα διαχείρισης της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας στρέφονται στην διαχείριση των δομών στο εσωτερικό της κατασκευαστικής εφοδιαστικής αλυσίδας, αποσκοπώντας στην σύμπραξη σχέσεων εμπιστοσύνης και μακροχρόνιας συνεργασίας μεταξύ των μελών την εφοδιαστικής αλυσίδας. Ουσιαστικά, τα συγκεκριμένα μοντέλα διαχείρισης διαμορφώνουν ένα θεωρητικό και εννοιολογικό πλαίσιο διαχείρισης παρέχοντας την δυνατότητα επανεξέτασης του σχεδίου διαχείρισης και της συνεχούς ανατροφοδότησης.

Αφετέρου, τα ποσοτικά μοντέλα διαχείρισης στην κατασκευαστική εφοδιαστική αλυσίδα, βασίζονται σε μαθηματικά υποδείγματα και μεθόδους λαμβάνοντας υπόψη την επίλυση πρακτικών κυρίως θεμάτων, όπως για παράδειγμα τη μείωση του κόστους. Εμφανίζουν υψηλό βαθμό προσαρμοστικότητας και δομείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κάθε οικοδομικού έργου όπως και την κρίση του σχεδιαστή του υποδείγματος.

Το προτεινόμενο μοντέλο το οποίο παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αποβλέπει στην μείωση του κόστους από την αγορά προμήθειας για ένα μεμονωμένο οικοδομικό έργο, στηριζόμενο στις αρχές και την θεωρία του μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του υποδείγματος, υποδεικνύουν τους σημαντικότερους παράγοντες διαμόρφωσης του κόστους και ελαχιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης.

Ένα μελλοντικό πεδίο έρευνας το οποίο στρέφεται στην εφαρμογή της εφοδιαστικής αλυσίδας στα οικοδομικά έργα, θα μπορούσε να στηρίζεται σε μία πιο ολιστική και εμπειριστατωμένη προσέγγιση διαχείρισης, η οποία θα περιλαμβάνει τις σχέσεις μεταξύ των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας και παράλληλα τα στοιχεία του κόστους.

## Παράρτημα

Πίνακας 30

Solution Report			
Information			
Worksheet	μοντέλο_1		
Report Created	Wed May 04 2022 14:19:19 GMT+0300 (Θερινή ώρα Ανατολικής Ευρώπης)		
Engine	Standard LP/Quadratic Engine		
Number of Solutions	1 feasible solution		

Πίνακας 31

### Solutions

Cell	Sol 1 (Obj = 124556.44857909277)
\$B\$38	170
\$C\$38	121
\$D\$38	150
\$E\$38	22
\$F\$38	29
\$G\$38	18
\$H\$38	15
\$B\$39	170
\$C\$39	135
\$D\$39	159
\$E\$39	14
\$F\$39	36
\$G\$39	95
\$H\$39	70
\$F\$83	1805,601056
\$F\$82	243,8313299
\$B\$66	0
\$C\$66	0,79770203
\$D\$66	0,094798754
\$E\$66	0,708710195
\$F\$66	0,290054939
\$G\$66	0,771909492
\$H\$66	0,311300274
\$B\$67	0
\$C\$67	0,398041041
\$D\$67	0,101227493
\$E\$67	0,310889099

\$F\$67	0,781300106
\$G\$67	0,221122035
\$H\$67	0,292245607

Πίνακας 32

Κανάλι προμήθειας	Επιπρόσθετα κόστη		
	κ <sub>ij</sub> (ευρώ/παράδοση)	κ <sub>tj</sub> (ευρώ/t)	κ <sub>aj</sub> (ευρώ/t)
j			
1 σκυρόδεμα	11	3	0
2 σκυρόδεμα	13	1,5	0,5

Πίνακας 33

Κανάλι προμήθειας	Μέγιστη ποσότητα προμήθειας d <sub>ji</sub> του κάθε καναλιού ανά χρονική περίοδο i						
	1	2	3	4	5	6	7
j/i							
1 σκυρόδεμα	600	800	500	700	300	800	400
2 σκυρόδεμα	500	700	300	300	300	400	250

Πίνακας 34

S <sub>ij</sub>	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	170	121	150	22	29	18	15
2 σκυρόδεμα	170	135	159	14	36	95	70

Πίνακας 35

c <sub>ij</sub>	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	80	85	90	95	100	80	85
2 σκυρόδεμα	90	95	80	100	85	90	95

Πίνακας 36

c <sub>ji</sub> *S <sub>ji</sub> (ευρώ)	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	13.600,00 €	10.285,00 €	13.500,00 €	2.090,00 €	2.900,00 €	1.440,00 €	1.275,00 €
2 σκυρόδεμα	15.300,00 €	12.825,00 €	12.720,00 €	1.400,00 €	3.060,00 €	8.550,00 €	6.650,00 €

Πίνακας 37

Υπολογισμός του κόστους του υλικού	
K <sub>t</sub>	105.595,00

Πίνακας 38

T	$\Delta t_i$
1	6
2	5
3	4
4	3
5	2
6	1
7	0

Πίνακας 39

j/i	1	2	3	4	5	6
1 σκυρόδεμα	81.600,00 €	51.425,00 €	54.000,00 €	6.270,00 €	5.800,00 €	1.440,00 €
2 σκυρόδεμα	91.800,00 €	64.125,00 €	50.880,00 €	4.200,00 €	6.120,00 €	8.550,00 €

Πίνακας 40

Επιτόκιο	
r	3%

Πίνακας 41

Κόστος ευκαιρίας	
Kz	12.786,30

Πίνακας 42

$v_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	0	0,80	0,09	0,71	0,29	0,77	0,31
2 σκυρόδεμα	0	0,40	0,10	0,31	0,78	0,22	0,29

Πίνακας 43

sum $s_{ij}+v_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	170,00	121,80	150,09	22,71	29,29	18,77	15,31
2 σκυρόδεμα	170,00	135,40	159,10	14,31	36,78	95,22	70,29
SUM	340,00	257,20	309,20	37,02	66,07	113,99	85,60

Πίνακας 44

i	Fi1	Fi2
1	85,00	85,00
2	60,90	67,70
3	75,05	79,55
4	11,35	7,16

5	14,65	18,39
6	9,39	47,61
7	7,66	35,15

Πίνακας 45

aj	1,5
Nsmj	3

F1max	1500
F2max	2800

F1	243,83
F2	1.805,60

Πίνακας 46

ks	1,5
----	-----

Πίνακας 47

Κόστος αποθήκευσης	
Ks	3.074,15

Πίνακας 48

(ktj+ka <sub>j</sub> )*S <sub>ij</sub>	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	510	363	450	66	87	54	45
2 σκυρόδεμα	340	270	318	28	72	190	140
sum	2933						

Πίνακας 49

kr <sub>j</sub> *x <sub>ji</sub>	1	2	3	4	5	6	7
1 σκυρόδεμα	11	11	11	11	11	11	11
2 σκυρόδεμα	13	13	13	13	13	13	13
sum	168						

Πίνακας 50

Υπολογισμός της Kr	
Kr	3.101,00 €

Πίνακας 51

Αντικειμενική συνάρτηση	
MinK: K <sub>t</sub> +K <sub>z</sub> +K <sub>s</sub> +K <sub>r</sub>	124.556,45 €

Πίνακας 20

<b>S<sub>ji</sub></b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>1 σκυρόδεμα</b>	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
<b>2 σκυρόδεμα</b>	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27
<b>3 σκυρόδεμα</b>	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37
<b>4 σκυρόδεμα</b>	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47
<b>5 σκυρόδεμα</b>	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57
<b>6 σκυρόδεμα</b>	S61	S62	S63	S64	S65	S66	S67

Πίνακας 21

<b>v<sub>ji</sub></b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>1 σκυρόδεμα</b>	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17
<b>2 σκυρόδεμα</b>	v21	v22	v23	v24	v25	v26	v27
<b>3 σκυρόδεμα</b>	v31	v32	v33	v34	v35	v36	v37
<b>4 σκυρόδεμα</b>	v41	v42	v43	v44	v45	v46	v47
<b>5 σκυρόδεμα</b>	v51	v52	v53	v54	v55	v56	v57
<b>6 σκυρόδεμα</b>	v61	v62	v63	v64	v65	v66	v67

Πίνακας 22

<b>x<sub>ji</sub></b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>1 σκυρόδεμα</b>	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17
<b>2 σκυρόδεμα</b>	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27
<b>3 σκυρόδεμα</b>	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37
<b>4 σκυρόδεμα</b>	x41	x42	x43	x44	x45	x46	x47
<b>5 σκυρόδεμα</b>	x51	x52	x53	x54	x55	x56	x57
<b>6 σκυρόδεμα</b>	x61	x62	x63	x64	x65	x66	x67

## Βιβλιογραφία

1. *CONSTRUCTION SUPPLY CHAINS: A PROPOSAL TO DEVELOP A NEW CONCEPTUAL MODEL.*
2. *Applied Integer Programming: Modeling and Solution - Der-San Chen, Robert G. Batson, Yu Dang*
3. *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN CONSTRUCTION: DIAGNOSIS AND APPLICATION ISSUES*
4. Badi, S. and Murtagh, N., 2019. Green supply chain management in construction: A systematic literature review and future research agenda. *Journal of Cleaner Production.*
5. Behera, P., Mohanty, R. and Prakash, A., 2015. Understanding Construction Supply Chain Management. *Production Planning & Control.*
6. Briscoe, G., Dainty, A.R.J. and Millett, S., 2001. Construction supply chain partnerships: Skills, knowledge and attitudinal requirements. *European Journal of Purchasing and Supply Management.*
7. Cheng, J.C.P., Law, K.H., Bjornsson, H., Jones, A. and Sriram, R.D., 2010. Modeling and monitoring of construction supply chains. *Advanced Engineering Informatics.*
8. Christopher, M., n.d. LOGISTICS & SUPPLY CHAIN MANAGEMENT.
9. Jaśkowski, P., Sobotka, A. and Czarnigowska, A., 2018a. Decision model for planning material supply channels in construction.
10. Jaśkowski, P., Sobotka, A. and Czarnigowska, A., 2018b. Decision model for planning material supply channels in construction. *Automation in Construction.*
11. Koutsokosta, A. and Katsavounis, S., 2020. A Dynamic Multi-Period, Mixed-Integer Linear Programming Model for Cost Minimization of a Three-Echelon, Multi-Site and Multi-Product Construction Supply Chain. *Logistics 2020.*
12. Kouvelis, P., Chambers, C. and Wang, H., 2006. Supply Chain Management research and Production and Operations Management: Review, trends, and opportunities. *Production and Operations Management.*
13. Lambert, D.M. and Cooper, M.C., 2000. Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management.*
14. Love, P.E.D., Irani, Z. and Edwards, D.J., n.d. A seamless supply chain management model for construction.
15. Lummus, R.R., Krumwiede, D.W. and Vokurka, R.J., n.d. The relationship of logistics to supply chain management: developing a common industry definition History and definitions of logistics.
16. Mbang Janvier-James, A., 2012a. A New Introduction to Supply Chains and Supply Chain Management: Definitions and Theories Perspective.
17. Mbang Janvier-James, A., 2012b. A New Introduction to Supply Chains and Supply Chain Management: Definitions and Theories Perspective
18. Meng, X., Sun, M. and Jones, M., 2011. Maturity Model for Supply Chain Relationships in Construction. *Journal of Management in Engineering.*



19. Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D. and Zacharia, Z.G., 2001. DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Journal of Business Logistics*.
20. Min, H. and Zhou, G., 2002. Supply chain modeling: Past, present and future. *Computers and Industrial Engineering*.
21. Olawale, Y.A. and Sun, M., n.d. COST AND TIME CONTROL OF CONSTRUCTION PROJECTS: INHIBITING FACTORS AND MITIGATING MEASURES IN PRACTICE.
22. Paik, S.-K. and Bagchi, P.K., n.d. Understanding the causes of the bullwhip effect in a supply chain.
23. Sobotka, A. and Czarnigowska, A., 2005. Analysis of supply system models for planning construction project logistics. *Journal of Civil Engineering and Management*.
24. Segerstedt, A., & Olofsson, T. (2010). Supply chains in the construction industry. *Supply Chain Management: An International Journal*.
25. Vidalakis, C., Tookey, J.E. and Sommerville, J., 2011. Logistics simulation modelling across construction supply chains. *Construction Innovation*.
26. Vidalakis, C., Tookey, J.E. and Sommerville, J., n.d. Logistics simulation modelling across construction supply chains.
27. Vrijhoef, R. and Koskela, L., 2000. The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing and Supply Management*.
28. Xue, X., Li, X., Shen, Q. and Wang, Y., 2005. An agent-based framework for supply chain coordination in construction. *Automation in Construction*.
29. Σεραφείμ Πολύζος, 2017. *Προγραμματισμός και Οργάνωση των Έργων, Μέθοδοι και Τεχνικές*. 2η Έκδοση ed. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.