



Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Σχολή Οικονομικών, Επιχειρηματικών και Διεθνών Σπουδών

Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Διοίκησης Επιχειρήσεων
(MBA)

Διπλωματική Εργασία:

Νέες Τεχνολογίες στην Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Βαζελάκη Ευαγγελία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Κοπανάκη Ευαγγελία

Ιούλιος 2026

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων : MBA, με τίτλο

“Νέες Τεχνολογίες στην Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας”

έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υπογραφή Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας:



Ονοματεπώνυμο: Βαζελάκη Ευαγγελία

Ημερομηνία: 02/07/2026

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή	5
2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση.....	9
2.1. Ψηφιακός Μετασχηματισμός και Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	9
2.1.1. Η έννοια του Ψηφιακού Μετασχηματισμού	9
2.1.2. Ψηφιακός Μετασχηματισμός στο Supply Chain Management	10
2.2. Θεωρητικές Προσεγγίσεις Ψηφιακού Μετασχηματισμού Εφοδιαστικών Αλυσίδων	12
2.2.1. Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών (IPT)	12
2.2.2. Θεωρία Δυναμικών Ικανοτήτων (DCT).....	13
2.2.3. Θεωρία Βασισμένη στους Πόρους (RBV)	14
2.2.4. Θεωρητικό πλαίσιο Technology-Organization-Environment (TOE)	15
2.2.5. Θεωρητικό μοντέλο Resource-Action-Performance (RAP)	16
2.3. Στρατηγικές Διαχείρισης Εφοδιαστικών Αλυσίδων.....	17
2.3.1. Στρατηγική Lean	19
2.3.2. Στρατηγική Agile.....	20
2.3.3. Στρατηγική Leagile	21
2.3.4. Στρατηγική Resilience	22
2.3.5. Στρατηγική Green / Sustainable	23
2.4. Νέες Τεχνολογίες στον Ψηφιακό Μετασχηματισμό Εφοδιαστικών Αλυσίδων.....	24
2.4.1. Blockchain.....	25
2.4.2. Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) & Μηχανική Μάθηση (ML)	27
2.4.3. Internet of Things (IoT)	30
2.4.4. Cloud Computing.....	32
2.4.5. Big Data Analytics	34
2.4.6. Λοιπές Τεχνολογίες.....	36
2.5. Αποτελέσματα και Προκλήσεις Ψηφιακού Μετασχηματισμού Εφοδιαστικών Αλυσίδων	37
2.5.1. Λειτουργικό Επίπεδο	37
2.5.2. Οργανωτικό Επίπεδο	39
2.5.3. Πελατοκεντρικά Επίπεδο	42
2.5.4. Περιβαλλοντικό Επίπεδο& ESG	44
2.6. Εννοιολογικός Χάρτης	49
3. Μεθοδολογία Έρευνας.....	52
3.1. Επιλογή Μεθοδολογίας	52
3.1.1. Ποιοτική Έρευνα	52
3.1.2. Μέθοδος Μελέτης Περιπτώσεων.....	53
3.2. Εφαρμογή Μεθοδολογίας	53
3.2.1. Πηγές Δεδομένων και Ανάλυση	53
3.2.2. Περιορισμοί Μεθόδου	55
4. Ανάλυση Μελετών Περίπτωσης	56
4.1. Μελέτες Περίπτωσης.....	56
4.1.1. Περίπτωση Lenovo	56
4.1.2. Περίπτωση Maersk	62
4.1.3. Περίπτωση JD	67
4.1.4. Περίπτωση Alibaba	72
4.1.5. Περίπτωση FMCG	77
4.2. Συγκριτική Ανάλυση & Ευρήματα	81

4.2.1. Αποτελέσματα Ψηφιακού Μετασχηματισμού SC	81
4.2.2. Προκλήσεις Ψηφιακού Μετασχηματισμού SC	85
5. Συμπεράσματα	89
5.1. Βασικά συμπεράσματα.....	89
5.2. Αδυναμίες της έρευνας.....	92
5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	94
Βιβλιογραφία.....	97

1. Εισαγωγή

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός αποτελεί σήμερα ένα από τα πιο κεντρικά ζητήματα στον χώρο των επιχειρήσεων, καθώς αλλάζει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί δημιουργούν αξία, συνεργάζονται με τους εταίρους τους και ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της αγοράς. Η παρούσα διπλωματική εργασία εντάσσεται στο πεδίο Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management) και εστιάζει στον ρόλο που διαδραματίζουν οι νέες τεχνολογίες στον ψηφιακό μετασχηματισμό της. Ο τομέας αυτός βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος ποικίλων μελετών, καθώς η εφοδιαστική αλυσίδα δεν αποτελεί πλέον μια απλή γραμμική ροή υλικών και πληροφοριών, αλλά ένα πολύπλοκο δίκτυο αλληλοεξαρτώμενων οργανισμών, τεχνολογιών και στρατηγικών που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ανταγωνιστικότητα κάθε επιχείρησης.

Η ιδέα ότι η τεχνολογία μπορεί να μετασχηματίσει τις δομές και τις διαδικασίες μιας επιχείρησης δεν είναι πρόσφατη. Ήδη από τη δεκαετία του 1990, ερευνητές όπως ο Scott Morton και ο Venkatraman είχαν αναγνωρίσει ότι η πληροφορική δεν αποτελεί απλώς ένα βοηθητικό εργαλείο, αλλά μπορεί να αναδιαμορφώσει ολόκληρο το επιχειρηματικό μοντέλο ενός οργανισμού. Ωστόσο, η σημερινή πραγματικότητα είναι ποιοτικά διαφορετική: τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη (AI), η μηχανική μάθηση (ML), το blockchain, το Internet of Things (IoT), το cloud computing και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (big data analytics) δεν μεταμορφώνουν μόνο τις εσωτερικές λειτουργίες των επιχειρήσεων, αλλά αναδιαμορφώνουν ολόκληρους κλάδους, αλλάζουν τη συμπεριφορά των καταναλωτών και δημιουργούν νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Στο πλαίσιο αυτό, η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί ίσως τον χώρο όπου η επίδραση αυτών των τεχνολογιών είναι πιο ορατή και πιο κρίσιμη, αφού η αποτελεσματική διαχείρισή της επηρεάζει άμεσα το κόστος, την ποιότητα, την ταχύτητα παράδοσης και τελικά την ικανοποίηση του πελάτη.

Η βιβλιογραφία στον τομέα του ψηφιακού μετασχηματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει γνωρίσει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Πλήθος ερευνών εξετάζουν μεμονωμένες τεχνολογίες, όπως το blockchain στη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα, η τεχνητή νοημοσύνη στην πρόβλεψη ζήτησης, ή το IoT στην παρακολούθηση αποστολών σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, θεωρητικά πλαίσια όπως η Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών (IPT), η Θεωρία Δυναμικών Ικανοτήτων (DCT), η Θεωρία Βασισμένη στους Πόρους (RBV), το πλαίσιο Technology–Organization–Environment (TOE) και το μοντέλο Resource–Action–Performance (RAP) προσφέρουν ερμηνευτικά εργαλεία για την κατανόηση του φαινομένου. Παρά τον πλούτο της θεωρητικής συζήτησης, παρατηρείται ένα σχετικό κενό στη

βιβλιογραφία όσον αφορά τη συνδυαστική θεώρηση αυτών των τεχνολογιών σε πραγματικά επιχειρηματικά περιβάλλοντα. Οι περισσότερες μελέτες τείνουν να εστιάζουν σε μία μόνο τεχνολογία ή σε έναν μόνο κλάδο, χωρίς να διερευνούν επαρκώς πώς αυτές οι τεχνολογίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, πώς τα αποτελέσματά τους διαφοροποιούνται ανάλογα με τη στρατηγική και τον κλάδο, και ποιες προκλήσεις αναδύονται πέρα από τα τεχνικά εμπόδια. Επιπλέον, η εμπειρική τεκμηρίωση μέσω συγκριτικών μελετών περίπτωσης από διαφορετικούς κλάδους παραμένει περιορισμένη.

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να καλύψει αυτό ακριβώς το κενό. Ο βασικός στόχος της είναι να διερευνήσει τον ρόλο των νέων τεχνολογιών στον ψηφιακό μετασχηματισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, εξετάζοντας τόσο τα αποτελέσματα που προκύπτουν σε λειτουργικό, οργανωτικό, πελατοκεντρικό και περιβαλλοντικό επίπεδο, όσο και τις προκλήσεις που συνοδεύουν αυτή τη μετάβαση. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία επιδιώκει: πρώτον, να αποτυπώσει το θεωρητικό υπόβαθρο του ψηφιακού μετασχηματισμού στο Supply Chain Management, αναλύοντας τα βασικά θεωρητικά πλαίσια, τις στρατηγικές διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας και τις κυριότερες ψηφιακές τεχνολογίες. Δεύτερον, να αναπτύξει ένα εννοιολογικό πλαίσιο (conceptual framework) που να συνδέει τη στρατηγική, τις τεχνολογίες, τις εφαρμογές, τα αποτελέσματα και τις προκλήσεις σε μια ενιαία λογική ροή. Τρίτον, να ελέγξει εμπειρικά αυτό το πλαίσιο μέσα από πέντε μελέτες περίπτωσης σε διαφορετικούς κλάδους, αξιολογώντας τον βαθμό επιβεβαίωσης ή διαφοροποίησης σε σχέση με τα θεωρητικά ευρήματα. Τέταρτον, να εντοπίσει νέα εμπειρικά μοτίβα που η βιβλιογραφία δεν είχε αποτυπώσει, εμπλουτίζοντας έτσι τη θεωρητική συζήτηση με ευρήματα από την πραγματική επιχειρηματική πρακτική.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, η μεθοδολογία έρευνας που υιοθετήθηκε είναι η ποιοτική έρευνα, και συγκεκριμένα η ανάλυση μελετών περίπτωσης (case study analysis). Η επιλογή αυτή σχετίζεται με τη φύση του αντικειμένου μελέτης: ο ψηφιακός μετασχηματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν είναι ένα τεχνικό εγχείρημα που μπορεί να αποτυπωθεί μέσω αριθμητικών δεικτών, αλλά μια πολυδιάστατη διαδικασία που επηρεάζεται βαθιά από το εσωτερικό περιβάλλον κάθε οργανισμού, τη στρατηγική κατεύθυνση, τη δομή των σχέσεων με τους εταίρους, ακόμη και από τον τρόπο που η διοίκηση αντιλαμβάνεται την τεχνολογία. Η ποιοτική ανάλυση επιτρέπει να εξεταστούν τα φαινόμενα σε βάθος, μέσα στο συγκεκριμένο τους πλαίσιο, και να αναδειχθούν μηχανισμοί και αλληλεπιδράσεις που η ποσοτική προσέγγιση δεν θα μπορούσε να αποτυπώσει. Επιλέχθηκαν πέντε μελέτες περίπτωσης από διαφορετικούς κλάδους, η Lenovo από τον χώρο της πληροφορικής, η Maersk από τη ναυτιλία

και τα logistics, η JD και η Alibaba από το ηλεκτρονικό εμπόριο, και ο κλάδος των FMCG (Fast-Moving Consumer Goods), ώστε να καλυφθεί ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, στρατηγικών και τεχνολογικών μοντέλων. Η ανάλυση κάθε περίπτωσης ακολουθεί τη ροή του εννοιολογικού χάρτη που αναπτύσσεται στη βιβλιογραφική επισκόπηση, ενώ τα ευρήματα αντιπαραβάλλονται συστηματικά με τα θεωρητικά πορίσματα, αναδεικνύοντας τόσο τις επιβεβαιώσεις όσο και τα νέα εμπειρικά μοτίβα.

Η σημασία της εργασίας αυτής έγκειται στο γεγονός ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός στις εφοδιαστικές αλυσίδες δεν είναι πλέον μια θεωρητική συζήτηση αλλά μια πρακτική αναγκαιότητα. Γεγονότα όπως η πανδημία COVID-19, οι γεωπολιτικές εντάσεις, οι διαταραχές στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού και οι αυξανόμενες απαιτήσεις για περιβαλλοντική βιωσιμότητα ανέδειξαν τη σημασία της τεχνολογίας ως μηχανισμού ανθεκτικότητας, ευελιξίας και προσαρμογής. Οι επιχειρήσεις που κατάφεραν να ανταποκριθούν αποτελεσματικά σε αυτές τις προκλήσεις ήταν εκείνες που είχαν ήδη επενδύσει στρατηγικά σε ψηφιακές τεχνολογίες, ενώ εκείνες που βασίζονταν σε παραδοσιακά μοντέλα αποδείχθηκαν ιδιαίτερα ευάλωτες. Η κατανόηση του πώς οι διαφορετικές τεχνολογίες συνδυάζονται, ποια αποτελέσματα παράγουν και ποιες προκλήσεις αναδύονται, αποτελεί επομένως ζήτημα στρατηγικής σημασίας τόσο για τους ερευνητές όσο και για τα στελέχη που καλούνται να λάβουν αποφάσεις σε ένα ολοένα και πιο σύνθετο επιχειρηματικό περιβάλλον.

Η εργασία οργανώνεται σε πέντε κεφάλαια, κάθε ένα από τα οποία εξυπηρετεί συγκεκριμένο σκοπό στη ροή της ανάλυσης:

Το πρώτο κεφάλαιο, η παρούσα εισαγωγή, οριοθετεί τον τομέα της έρευνας, προσδιορίζει τους στόχους, παρουσιάζει συνοπτικά τη μεθοδολογική προσέγγιση και περιγράφει τη δομή της εργασίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αποτελεί τη βιβλιογραφική επισκόπηση, η οποία δομείται σε έξι ενότητες. Αρχικά, παρουσιάζεται η έννοια του ψηφιακού μετασχηματισμού και η εξέλιξή της, από τις πρώτες θεωρήσεις του Venkatraman μέχρι τον σύγχρονο ορισμό του Vial, καθώς και η εφαρμογή της στο πεδίο της εφοδιαστικής αλυσίδας, με αναφορά στην εξέλιξη από τον Hines μέχρι τους Büyüközkan και Göçer. Στη συνέχεια, αναλύονται πέντε θεωρητικά εργαλεία που αξιοποιεί η βιβλιογραφία για την ερμηνεία του ψηφιακού μετασχηματισμού: η Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών, η Θεωρία Δυναμικών Ικανοτήτων, η Θεωρία Βασισμένη στους Πόρους, το πλαίσιο TOE και το μοντέλο RAP. Ακολουθεί η παρουσίαση των κυριότερων στρατηγικών διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή Lean, Agile, Leagile, Resilient και

Green/Sustainable, και ο τρόπος με τον οποίο αυτές αλληλεπιδρούν με τις ψηφιακές τεχνολογίες. Στην τέταρτη ενότητα εξετάζονται οι νέες τεχνολογίες που τροφοδοτούν τον μετασχηματισμό: blockchain, τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση, Internet of Things, cloud computing και big data analytics, καθώς και λοιπές συμπληρωματικές τεχνολογίες. Στην πέμπτη ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα και οι προκλήσεις σε τέσσερα επίπεδα: λειτουργικό, οργανωτικό, πελατοκεντρικό και περιβαλλοντικό. Τέλος, η ενότητα του εννοιολογικού χάρτη συνθέτει όλα τα ευρήματα σε ένα ενιαίο μοντέλο που αποτυπώνει τη ροή από τη βιομηχανία και τη στρατηγική, στις τεχνολογίες, τις εφαρμογές, τα αποτελέσματα και τις προκλήσεις.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Αιτιολογεί την επιλογή της ποιοτικής έρευνας και ειδικότερα της μεθόδου μελέτης περιπτώσεων, εξηγεί τα κριτήρια επιλογής των πέντε εταιρειών και κλάδων, περιγράφει τις πηγές δεδομένων και τη διαδικασία ανάλυσης, και αναγνωρίζει τους περιορισμούς της μεθόδου.

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί τον πυρήνα της ανάλυσης. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται αναλυτικά οι πέντε μελέτες περίπτωσης: Lenovo, Maersk, JD, Alibaba και FMCG. Κάθε περίπτωση αναλύεται ακολουθώντας τη ροή του εννοιολογικού χάρτη, ξεκινώντας από τον κλάδο και το προφίλ της εταιρείας, προχωρώντας στη στρατηγική SCM, το μοντέλο διαχείρισης, τις νέες τεχνολογίες, τις λειτουργικές εφαρμογές, και καταλήγοντας στα αποτελέσματα και τις προκλήσεις. Στο δεύτερο μέρος πραγματοποιείται η συγκριτική ανάλυση, η οποία αντιπαραβάλλει τα εμπειρικά ευρήματα με τα θεωρητικά πορίσματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης, αναδεικνύοντας τόσο τις επιβεβαιώσεις όσο και τα νέα μοτίβα που προκύπτουν.

Το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο συγκεντρώνει τα συμπεράσματα της εργασίας, συνοψίζει τα κυριότερα ευρήματα, αναδεικνύει τη συμβολή της στη θεωρητική και πρακτική κατανόηση του ψηφιακού μετασχηματισμού, και προτείνει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1. Ψηφιακός Μετασχηματισμός και Εφοδιαστική Αλυσίδα

2.1.1. Η έννοια του Ψηφιακού Μετασχηματισμού

Η παραδοχή ότι η τεχνολογία μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο μετασχηματισμού των οργανισμών έχει την βάση της στις αρχές της δεκαετίας του 1990, όπου ο Scott Morton έθεσε για πρώτη φορά το ερώτημα: πώς μπορεί η πληροφορική να μην είναι απλώς ένα βοηθητικό εργαλείο, αλλά να μετασχηματίσει τις ίδιες τις δομές μιας επιχείρησης; (Venkatraman, 1994). Λίγα χρόνια αργότερα, ο Venkatraman (1994) απάντησε σε αυτό το ερώτημα προτείνοντας ένα πλαίσιο πέντε επιπέδων που περιγράφει πώς η τεχνολογία πληροφοριών μπορεί να μετασχηματίσει μια επιχείρηση βαθμιαία, ξεκινώντας από απλές εφαρμογές και φτάνοντας μέχρι την ολική αναδιαμόρφωση του επιχειρηματικού μοντέλου.

Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο επίπεδο αφορά την τοπική εκμετάλλευση (localized exploitation), δηλαδή τη χρήση πληροφορικής σε μεμονωμένες λειτουργίες, χωρίς ευρύτερο συντονισμό – π.χ. η εισαγωγή ενός συστήματος παραγγελιών σε ένα τμήμα. Στο δεύτερο επίπεδο, αυτό της εσωτερικής ολοκλήρωσης (internal integration), τα επιμέρους συστήματα αρχίζουν να συνδέονται μεταξύ τους, ώστε η πληροφορία να ρέει χωρίς εμπόδια μέσα στον οργανισμό. Το τρίτο επίπεδο, ο επανασχεδιασμός επιχειρηματικών διαδικασιών (business process redesign), σηματοδοτεί μια πιο ουσιαστική αλλαγή: η επιχείρηση δεν αυτοματοποιεί απλώς αυτό που ήδη κάνει, αλλά σχεδιάζει εκ νέου τις διαδικασίες της αξιοποιώντας τις δυνατότητες της τεχνολογίας. Στο τέταρτο επίπεδο, τον επανασχεδιασμό δικτύων (business network redesign), η αλλαγή ξεπερνά τα εσωτερικά όρια του οργανισμού και επεκτείνεται στις σχέσεις του με προμηθευτές, πελάτες και συνεργάτες. Τέλος, στο πέμπτο και υψηλότερο επίπεδο, αυτό του επαναπροσδιορισμού του εύρους δραστηριοτήτων (business scope redefinition), η τεχνολογία γίνεται αφορμή για την ίδια την επιχείρηση να αναρωτηθεί τι κάνει, σε ποιες αγορές δραστηριοποιείται και πώς δημιουργεί αξία (Venkatraman, 1994). Κάθε επόμενο επίπεδο φέρνει μεγαλύτερα οφέλη, αλλά απαιτεί και αντίστοιχα βαθύτερες οργανωσιακές αλλαγές. Το πλαίσιο αυτό βοήθησε τόσο ερευνητές όσο και στελέχη να κατανοήσουν ότι η τεχνολογία, από μόνη της, δεν αρκεί – χρειάζεται να συνοδεύεται από αλλαγές σε δομές, διαδικασίες και νοοτροπία (Venkatraman, 1994).

Εύλογα από τα παραπάνω, αρκετά χρόνια αργότερα ακολούθησε ο ορισμός του ψηφιακού μετασχηματισμού, σύμφωνα με τον Vial (2019), ως «μιας διαδικασίας που αποσκοπεί στη βελτίωση μιας οντότητας, πυροδοτώντας σημαντικές αλλαγές στις ιδιότητές της μέσω

συνδυασμών τεχνολογιών πληροφόρησης, υπολογιστικής ισχύος, επικοινωνίας και συνδεσιμότητας». Ο Vial (2019), ξεπερνά την οπτική προηγούμενων θεωρήσεων, όπου εστιάζουν στον οργανισμό, και επιβεβαιώνει ότι ο μετασχηματισμός επιδρά σε επίπεδο κλάδου και κοινωνίας. Συγκεκριμένα, οι ψηφιακές τεχνολογίες δημιουργούν αναταράξεις στο εξωτερικό περιβάλλον – αλλάζουν τι περιμένουν οι πελάτες, ανατρέπουν τους κανόνες του ανταγωνισμού και παράγουν τεράστιους όγκους δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν στρατηγικά. Οι οργανισμοί, στη συνέχεια, καλούνται να ανταποκριθούν: να αλλάξουν τον τρόπο που δημιουργούν αξία, να προσαρμόσουν τις δομές τους, να αναπτύξουν νέες δεξιότητες στο ανθρώπινο δυναμικό τους, και να αντιμετωπίσουν εμπόδια όπως η οργανωσιακή αδράνεια και η αντίσταση στην αλλαγή (Vial, 2019). Ο ορισμός αυτός βρίσκει εφαρμογή σήμερα, παρόλο που η ψηφιακή εποχή που ζούμε είναι πολύ διαφορετική από εκείνη των συστημάτων ERP και των κεντρικών βάσεων δεδομένων. Τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη, το blockchain, το Internet of Things (IoT), τα κοινωνικά μέσα και τα big data analytics δεν μεταμορφώνουν μόνο τις εσωτερικές λειτουργίες των οργανισμών, αλλά αναδιαμορφώνουν ολόκληρους κλάδους και αλλάζουν ριζικά τη συμπεριφορά των καταναλωτών.

2.1.2. Ψηφιακός Μετασχηματισμός στο Supply Chain Management

Οι θεωρητικές αυτές εξελίξεις γύρω από τον ψηφιακό μετασχηματισμό δεν άργησαν να βρουν εφαρμογή στον χώρο της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Management). Ο όρος «εφοδιαστική αλυσίδα» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1980 για να περιγράψει το σύνολο των δραστηριοτήτων που συντονίζει ένας οργανισμός προκειμένου να προμηθευτεί και να διαχειριστεί τα υλικά του (Hines, 2001). Αρχικά, η έννοια αφορούσε μόνο τις εσωτερικές λειτουργίες μιας επιχείρησης – πώς αγοράζει, αποθηκεύει και μεταφέρει τα αγαθά της. Σταδιακά όμως αναγνωρίστηκε ότι η εφοδιαστική αλυσίδα εκτείνεται πολύ πέρα από τα σύνορα του μεμονωμένου οργανισμού: περιλαμβάνει τους προμηθευτές, τους προμηθευτές των προμηθευτών, τους πελάτες και τους δικούς τους πελάτες, δηλαδή ένα ολόκληρο δίκτυο αλληλοεξαρτώμενων επιχειρήσεων (Hines, 2001).

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, ο Hines (2001) ήταν από τους πρώτους που χρησιμοποίησε τον όρο «digital supply chain» για να περιγράψει τη μετάβαση από τις παραδοσιακές, γραμμικές αλυσίδες εφοδιασμού σε πιο σύγχρονες μορφές που αξιοποιούν ψηφιακές διαδικασίες. Κεντρικό ρόλο σε αυτή τη μετάβαση έπαιξαν τεχνολογίες όπως το Electronic Data Interchange (EDI) – δηλαδή η ηλεκτρονική ανταλλαγή εμπορικών εγγράφων μεταξύ επιχειρήσεων, όπως παραγγελίες και τιμολόγια, χωρίς τη μεσολάβηση χαρτιού – και τα συστήματα Electronic Point of Sale (EPoS), τα οποία καταγράφουν σε πραγματικό χρόνο τι πουλιέται σε κάθε κατάστημα,

επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή τη ζήτηση και να ανταποκρίνονται ταχύτερα (Hines, 2001). Αυτές οι τεχνολογίες, βελτίωσαν σημαντικά τους χρόνους ανταπόκρισης και μείωσαν το κόστος συντονισμού κατά μήκος της αλυσίδας. Ωστόσο, η προσέγγιση του Hines εστίαζε κυρίως στη μετάβαση από φυσικά σε ψηφιακά μέσα, χωρίς ακόμα να υπάρχει ένα ολοκληρωμένο θεωρητικό πλαίσιο για το τι σημαίνει πραγματικά μια «ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα».

Αυτό ακριβώς το κενό ήρθαν να καλύψουν οι Büyüközkan και Göçer (2018), πραγματοποιώντας μια από τις πρώτες συστηματικές ανασκοπήσεις με αποκλειστικό αντικείμενο το Digital Supply Chain (DSC). Διατύπωσαν τον ορισμό ως εξής: το DSC αποτελεί ένα ευφρές τεχνολογικό σύστημα βασισμένο στη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων και στη συνεργασία μέσω ψηφιακών πλατφορμών, με στόχο να κάνει τις υπηρεσίες πιο προσιτές, πολύτιμες και αποτελεσματικές (Büyüközkan & Göçer, 2018). Το κρίσιμο σημείο του ορισμού είναι πιο ξεκάθαρο μέσα από το πλαίσιο ανάπτυξης (development framework) DSC που πρότειναν, δομημένο σε τρεις πυλώνες: 1) την ψηφιοποίηση (digitalization), που αφορά τη διαμόρφωση στρατηγικής και κουλτούρας γύρω από το ψηφιακό όραμα, 2) την υλοποίηση τεχνολογίας (technology implementation), που αφορά την επιλογή, εγκατάσταση και υιοθέτηση των κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων από το ανθρώπινο δυναμικό, 3) τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain management), που αφορά τον ανασχεδιασμό των ίδιων των διαδικασιών – από τον σχεδιασμό και την προμήθεια μέχρι την παραγωγή, τη διανομή και τις επιστροφές (Büyüközkan & Göçer, 2018). Η λογική είναι πως δεν αρκεί μια επιχείρηση να αγοράσει νέες τεχνολογίες αν δεν αλλάξει ταυτόχρονα τη στρατηγική ψηφιοποίησης της, δεν εκπαιδεύσει το ανθρώπινο δυναμικό της και δεν αναδιαμορφώσει τις ίδιες τις διαδικασίες της αλυσίδας (από τον σχεδιασμό και την προμήθεια μέχρι την παράδοση στον τελικό πελάτη). Επιπλέον μια διευκρίνιση που πρόσθεσαν είναι πως το DSC δεν αφορά το αν τα αγαθά είναι ψηφιακά ή φυσικά – αφορά τον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζεται η εφοδιαστική αλυσίδα μέσω καινοτόμων τεχνολογιών (Büyüközkan & Göçer, 2018). Με άλλα λόγια, ακόμα και μια εταιρεία που μεταφέρει φυσικά εμπορεύματα μπορεί να λειτουργεί ως ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα, αρκεί οι διαδικασίες σχεδιασμού, συντονισμού και λήψης αποφάσεων να βασίζονται σε ψηφιακά εργαλεία.

Πέρα από τον ορισμό, οι Büyüközkan και Göçer (2018) εντόπισαν έντεκα βασικές τεχνολογίες που τροφοδοτούν τον ψηφιακό μετασχηματισμό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, με κυριότερες τα Big Data, το Cloud Computing, το Internet of Things (IoT), η Ρομποτική, τα αυτόνομα οχήματα και η τρισδιάστατη εκτύπωση – και προσδιόρισαν τα χαρακτηριστικά που κάνουν μια

ψηφιακή αλυσίδα να ξεχωρίζει: ταχύτητα, ευελιξία, παγκόσμια συνδεσιμότητα, διαφάνεια, δυνατότητα κλιμάκωσης και ενσωμάτωση καινοτομίας (Büyükközkın & Göçer, 2018).

2.2. Θεωρητικές Προσεγγίσεις Ψηφιακού Μετασχηματισμού Εφοδιαστικών Αλυσίδων

Όπως αναδείχθηκε στην προηγούμενη ενότητα, ο ψηφιακός μετασχηματισμός στην εφοδιαστική αλυσίδα δεν αφορά απλώς την εγκατάσταση νέων τεχνολογιών, αλλά είναι μια διαδικασία που αγγίζει τη στρατηγική, τις δομές, τις σχέσεις με προμηθευτές και πελάτες, ακόμα και την κουλτούρα του οργανισμού. Αυτή η πολυπλοκότητα εγείρει ένα ερώτημα: γιατί κάποιες επιχειρήσεις καταφέρνουν να αξιοποιήσουν τις ψηφιακές τεχνολογίες και να δημιουργήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, ενώ άλλες, παρά τις επενδύσεις τους, αποτυγχάνουν; Για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα, η βιβλιογραφία αξιοποιεί θεωρητικά πλαίσια που προσφέρουν εργαλεία ανάλυσης και ερμηνείας. Αυτά τα πλαίσια βοηθούν τους ερευνητές να εξηγήσουν ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την υιοθέτηση τεχνολογίας, πώς οι οργανισμοί ανταποκρίνονται σε αλλαγές του περιβάλλοντός τους, και υπό ποιες συνθήκες ο μετασχηματισμός οδηγεί πράγματι σε βελτίωση της απόδοσης. Στις υποενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζονται τα σημαντικότερα θεωρητικά εργαλεία: Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών (IPT), Θεωρία Δυναμικών Ικανοτήτων (DCT), Θεωρία Βασισμένη στους Πόρους (RBV), Θεωρητικό Πλαίσιο Technology – Organization – Environment (TOE), Θεωρητικό Μοντέλο Resource – Action – Performance (RAP) .

2.2.1. Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών (IPT)

Ένα από τα πιο χρήσιμα θεωρητικά εργαλεία για να κατανοήσουμε πώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός επηρεάζει τη λειτουργία μιας εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών (Information Processing Theory). Η βασική ιδέα, όπως αναφέρεται στους Jing & Fan, (2024), είναι η εξής: κάθε οργανισμός λειτουργεί μέσα σε ένα περιβάλλον γεμάτο αβεβαιότητα στη ζήτηση, τον ανταγωνισμό και την προσφορά. Αυτή η αβεβαιότητα δημιουργεί ανάγκες επεξεργασίας πληροφοριών: όσο πιο πολύπλοκο και ασταθές είναι το περιβάλλον, τόσο περισσότερες πληροφορίες χρειάζεται να συλλέξει, να αναλύσει και να αξιοποιήσει ο οργανισμός για να πάρει σωστές αποφάσεις. Αντίστοιχα, η δυνατότητα επεξεργασίας πληροφοριών εξαρτάται από τα συστήματα, τις δομές και τα εργαλεία που διαθέτει. Σύμφωνα με τη θεωρία, η απόδοση ενός οργανισμού εξαρτάται από το κατά πόσο αυτές οι δύο πλευρές (ανάγκες και δυνατότητες) βρίσκονται σε ισορροπία. Όταν οι ανάγκες ξεπερνούν τις δυνατότητες, οι αποφάσεις γίνονται αργές ή λανθασμένες, ενώ όταν υπάρχει αντιστοιχία ο οργανισμός ανταποκρίνεται αποτελεσματικά (Jing & Fan, 2024).

Αυτή η λογική εφαρμόζεται με ιδιαίτερα εύστοχο τρόπο στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπου η αβεβαιότητα δεν περιορίζεται στα εσωτερικά μιας επιχείρησης αλλά εκτείνεται σε ένα ολόκληρο δίκτυο προμηθευτών, πελατών και συνεργατών. Οι Jing και Fan (2024), απέδειξαν ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός λειτουργεί ακριβώς ως μηχανισμός ενίσχυσης της δυνατότητας επεξεργασίας πληροφοριών. Συγκεκριμένα, η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών, όπως το Internet of Things, τα Big Data Analytics και το Cloud Computing, επιτρέπει στις επιχειρήσεις να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, να τα αναλύουν και να τα μοιράζονται με τους εταίρους τους κατά μήκος της αλυσίδας (Jing & Fan, 2024). Αυτό μειώνει σημαντικά την πληροφοριακή ασυμμετρία μεταξύ των μελών του δικτύου και δημιουργεί τις προϋποθέσεις για καλύτερη ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain integration). Τα ευρήματα τους επιβεβαίωσαν ότι η ολοκλήρωση αυτή, τόσο με τους προμηθευτές όσο και με τους πελάτες, λειτουργεί ως μερικός διαμεσολαβητής (partial mediator) στη σχέση μεταξύ ψηφιακού μετασχηματισμού και απόδοσης εφοδιαστικής αλυσίδας (Jing & Fan, 2024). Με άλλα λόγια, ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν βελτιώνει απευθείας την απόδοση από μόνος του, αλλά βελτιώνει τη συνεργασία και τον συντονισμό με τους εταίρους.

Η θεωρία επεξεργασίας πληροφοριών αποδεικνύεται λοιπόν ιδιαίτερα χρήσιμη για τη μελέτη εφοδιαστικών αλυσίδων που χαρακτηρίζονται από υψηλή πληροφοριακή πολυπλοκότητα. Σε τέτοια περιβάλλοντα, η ικανότητα μιας επιχείρησης να επεξεργάζεται αποτελεσματικά πληροφορίες είναι προϋπόθεση επιβίωσης.

2.2.2. Θεωρία Δυναμικών Ικανοτήτων (DCT)

Μια δεύτερη θεωρητική βάση που εστιάζει στη σχέση μεταξύ ψηφιακού μετασχηματισμού και εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η Θεωρία Δυναμικών Ικανοτήτων (Dynamic Capability Theory). Οι Teece, Pisano και Shuen (1997), όρισαν ως «δυναμικές ικανότητες» την ικανότητα μιας επιχείρησης να ενσωματώνει, και να αναδιαμορφώνει εσωτερικές και εξωτερικές ικανότητες ώστε να ανταποκρίνεται σε ταχέως μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα (Teece et al., 1997). Η DCT εισάγει μια δυναμική διάσταση: αυτό που καθορίζει τελικά το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα δεν είναι μόνο τι πόρους κατέχει μια επιχείρηση, αλλά πώς τους ανανεώνει και τους επανασυνδυάζει σε συνθήκες αβεβαιότητας.

Οι Teece et al. (1997) ανέδειξαν τρεις θεμελιώδεις οργανωσιακές διαδικασίες που συγκροτούν τις δυναμικές ικανότητες: τον συντονισμό και την ενσωμάτωση δραστηριοτήτων (coordination/integration), τη μάθηση (learning) και την αναδιαμόρφωση ή μετασχηματισμό (reconfiguration/transformation). Η πρώτη αφορά τον τρόπο με τον οποίο η επιχείρηση

οργανώνει εσωτερικά και εξωτερικά τις λειτουργίες της, κάτι που αποτελεί πηγή διαφοροποίησης μεταξύ εταιρειών ακόμη και στον ίδιο κλάδο. Η δεύτερη αναφέρεται σε μια διαδικασία μέσα από την οποία η επανάληψη και ο πειραματισμός επιτρέπουν στις εργασίες να εκτελούνται καλύτερα και ταχύτερα, ενώ η τρίτη, η πιο κρίσιμη σε περιβάλλοντα ραγδαίας αλλαγής, αφορά την ικανότητα ανίχνευσης της ανάγκης για αλλαγή και επίτευξης εσωτερικού και εξωτερικού μετασχηματισμού (Teece et al., 1997).

Οι Tian και Cui (2025) έδειξαν πώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός ενισχύει και τις τρεις αυτές ικανότητες στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όσον αφορά τον συντονισμό και την ενσωμάτωση, τεχνολογίες όπως το cloud computing και τα real time data analytics επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να συγχρονίζουν τις λειτουργίες τους με προμηθευτές και πελάτες πολύ πιο αποτελεσματικά. Σε σχέση με τη μάθηση, εργαλεία AI και ML δίνουν τη δυνατότητα στις εταιρείες να αναλύουν μεγάλους όγκους δεδομένων, να αναγνωρίζουν πρότυπα και να βελτιώνουν σταδιακά τις αποφάσεις τους. Τέλος, σε σχέση με την αναδιαμόρφωση πόρων, δηλαδή την ικανότητα αναδιοργάνωσης δομών και συνεργασιών όταν οι συνθήκες αλλάζουν, τεχνολογίες όπως το cloud computing και το blockchain διευκολύνουν την ανακατανομή παραγγελιών και τη διαφανή συνεργασία μεταξύ εταιρών του δικτύου (Tian & Cui, 2025).

Ενώ η κατοχή πόρων αποτελεί αναγκαία συνθήκη, δεν είναι από μόνη της επαρκής, Αυτό που κάνει τη διαφορά είναι η ικανότητα μετασχηματισμού και προσαρμογής. Αυτό σημαίνει ότι οι τεχνολογίες δεν αποτελούν απλώς εργαλεία αυτοματοποίησης, αλλά πυλώνες ανανέωσης των ικανοτήτων μιας επιχείρησης.

2.2.3. Θεωρία Βασισμένη στους Πόρους (RBV)

Η Θεωρία Βασισμένη στους Πόρους (Resource-Based View) τα τελευταία χρόνια, εφαρμόζεται ολοένα και περισσότερο στη μελέτη του ψηφιακού μετασχηματισμού στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Ο Barney (1991) υποστήριξε ότι η πηγή του διατηρήσιμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος δεν βρίσκεται στο εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης, αλλά στους εσωτερικούς πόρους που αυτή κατέχει. Για να μπορέσει ένας πόρος να οδηγήσει σε μακροχρόνιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, πρέπει να πληροί τέσσερα κριτήρια, γνωστά ως VRIN: να είναι πολύτιμος (valuable), σπάνιος (rare), δύσκολα αντιγράψιμος (inimitable) και μη αντικαταστάσιμος (non-substitutable) (Barney, 1991). Η RBV, σε αντίθεση με τις προσεγγίσεις που εστίαζαν στην ανάλυση του κλάδου και της αγοράς, στρέφει την προσοχή στο εσωτερικό της επιχείρησης: στις ικανότητες, τη γνώση και τους πόρους που δεν μπορούν εύκολα να αναπαραχθούν από τους ανταγωνιστές. Επομένως, η τεχνολογική τεχνογνωσία, υπό

την προϋπόθεση ότι είναι δύσκολο να αντιγραφεί, μπορεί να αποτελέσει πηγή πλεονεκτήματος για έναν οργανισμό (Barney, 1991).

Στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι Jam et al. (2025) απέδειξαν ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες δεν αποτελούν απλά εργαλεία λειτουργικής βελτίωσης, αλλά στρατηγικούς πόρους που πληρούν τα κριτήρια VRIN. Οι ψηφιακές τεχνολογίες, όταν ενσωματωθούν στρατηγικά στις διαδικασίες SCM, μετατρέπονται σε μοναδικές ικανότητες που είναι δύσκολο να αντιγραφούν από ανταγωνιστές (Jam et al., 2025). Η ψηφιακή καινοτομία (digital innovation capability) και οι δυναμικές ικανότητες (dynamic capabilities) αναγνωρίζονται ως πόροι που πληρούν τα κριτήρια VRIN, καθώς επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να βελτιώνουν την παραγωγικότητα και να ανταποκρίνονται σε ένα ασταθές επιχειρηματικό περιβάλλον (Jam et al., 2025).

Η σχέση μεταξύ υιοθέτησης ψηφιακών τεχνολογιών και απόδοσης εφοδιαστικής αλυσίδας περνά μέσα από μεσολαβητικούς μηχανισμούς. Συγκεκριμένα, η καινοτομία εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain innovation) αποδείχθηκε ότι μεσολαβεί: οι ψηφιακές τεχνολογίες ενισχύουν πρώτα τη δυνατότητα καινοτομίας στο SC, και μέσω αυτής βελτιώνεται η συνολική απόδοση (Jam et al., 2025). Αυτό σημαίνει, στη λογική της θεωρίας RBV, ότι η απλή κατοχή τεχνολογικών πόρων δεν αρκεί, αλλά τρόπος με τον οποίο μια επιχείρηση αξιοποιεί αυτούς τους πόρους για να δημιουργήσει καινοτομία και μοναδικές ικανότητες είναι αυτός που κάνει τη διαφορά. Έτσι, η RBV εξηγεί γιατί ορισμένες επιχειρήσεις αποκτούν διατηρήσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μέσω του ψηφιακού μετασχηματισμού, ενώ άλλες που έχουν παρόμοιες τεχνολογικές επενδύσεις δεν καταφέρνουν να μεταφράσουν αυτές τις επενδύσεις σε βελτιωμένη απόδοση (Jam et al., 2025).

2.2.4. Θεωρητικό πλαίσιο Technology-Organization-Environment (TOE)

Ενώ τα προηγούμενα θεωρητικά πλαίσια εστιάζουν στο πώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός δημιουργεί αξία και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, ένα εξίσου κρίσιμο ερώτημα είναι: τι καθορίζει αν μια επιχείρηση θα υιοθετήσει τελικά αυτές τις τεχνολογίες; Σε αυτό το ερώτημα απαντά το πλαίσιο TOE, το οποίο εισήχθη από τους Tornatzky και Fleischer (Nguyen, 2024) και εξετάζει τους παράγοντες υιοθέτησης τεχνολογίας σε τρεις διαστάσεις: την τεχνολογική (Technology), την οργανωτική (Organization) και την περιβαλλοντική (Environment). Η τεχνολογική διάσταση αφορά τα χαρακτηριστικά των ίδιων των τεχνολογιών: τη διαθεσιμότητά τους, την πολυπλοκότητα, την ευχρηστία και την ασφάλεια (Nguyen, 2024). Η οργανωτική διάσταση περιλαμβάνει εσωτερικούς παράγοντες της επιχείρησης, όπως η υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης, οι διαθέσιμοι χρηματοοικονομικοί πόροι, οι ψηφιακές

δεξιότητες του προσωπικού και η οργανωτική ετοιμότητα. Η περιβαλλοντική διάσταση, τέλος, αναφέρεται στο εξωτερικό πλαίσιο μέσα στο οποίο δραστηριοποιείται η επιχείρηση, συμπεριλαμβανομένης της ανταγωνιστικής πίεσης, του κανονιστικού πλαισίου και των απαιτήσεων των εταίρων στην εφοδιαστική αλυσίδα (Nguyen, 2024).

Συνολικά, το TOE προσφέρει μια ολιστική προσέγγιση στην κατανόηση του ψηφιακού μετασχηματισμού, καθώς δεν εξετάζει μόνο την τεχνολογία αυτή καθαυτή, αλλά και τις οργανωτικές προϋποθέσεις και τις εξωτερικές πιέσεις που καθορίζουν αν μια επιχείρηση θα προχωρήσει τελικά στην υιοθέτησή της. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα πλαίσια που εστιάζουν κυρίως στα οφέλη και τους μηχανισμούς δημιουργίας αξίας, το TOE αναδεικνύει τα εμπόδια και τις προκλήσεις υιοθέτησης.

2.2.5. Θεωρητικό μοντέλο Resource-Action-Performance (RAP)

Τα θεωρητικά πλαίσια που παρουσιάστηκαν ως τώρα εξηγούν γιατί οι επιχειρήσεις υιοθετούν ψηφιακές τεχνολογίες και πώς αυτές δημιουργούν αξία. Ωστόσο, κανένα από αυτά δεν αντιμετωπίζει ένα πρακτικό ερώτημα: δεδομένου ότι οι εταιρείες σπάνια υιοθετούν μία μόνο τεχνολογία, πώς ακριβώς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οι διαφορετικές ψηφιακές τεχνολογίες; Σε αυτό το κενό απαντά το μοντέλο RAP (Resource-Action-Performance), που εφαρμόστηκε πρόσφατα στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας από τους Wu et al. (2025). Το μοντέλο RAP, βασισμένο στην RBV, υποστηρίζει ότι η ανώτερη απόδοση δεν προκύπτει απλώς από την κατοχή πόρων, αλλά μόνο όταν αυτοί οι πόροι αξιοποιούνται αποτελεσματικά μέσω στρατηγικών ενεργειών (Wu et al., 2025). Με άλλα λόγια, η απλή επένδυση σε τεχνολογία δεν εγγυάται αποτελέσματα, αλλά αυτό που μετράει είναι ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία μετατρέπεται σε δράση.

Σύμφωνα με τους Wu et al. (2025) οι ψηφιακές τεχνολογίες κατηγοριοποιούνται σε δύο τύπους με βάση τον τρόπο που αλληλεπιδρούν με τα δεδομένα. Ο πρώτος τύπος, οι τεχνολογίες προσανατολισμένες στους πόρους (resource-oriented technologies), περιλαμβάνει το IoT και τα εργαλεία big data, τα οποία δημιουργούν, συλλέγουν και ενοποιούν μεγάλους όγκους δεδομένων, εξασφαλίζοντας τη διαθεσιμότητα και την ορατότητα της πληροφορίας κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο δεύτερος τύπος, οι τεχνολογίες προσανατολισμένες στη δράση (action-oriented technologies), περιλαμβάνει την τεχνητή νοημοσύνη, το blockchain και το cloud computing, τα οποία αξιοποιούν αυτά τα δεδομένα μέσω ανάλυσης, ασφαλούς διαμοιρασμού και ερμηνείας, υποστηρίζοντας στρατηγικές αποφάσεις σε περιβάλλον αβεβαιότητας (Wu et al., 2025). Η κεντρική ιδέα είναι ότι οι resource-oriented τεχνολογίες

τροφοδοτούν τις action-oriented, γιατί χωρίς δεδομένα, η τεχνητή νοημοσύνη δεν μπορεί να προβλέψει, το blockchain δεν έχει τι να καταγράψει, και το cloud δεν έχει τι να διαμοιράσει.

Συνολικά, τα παραπάνω δείχνουν ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός στο SCM δεν αφορά απλώς την υιοθέτηση τεχνολογιών, αλλά τον τρόπο με τον οποίο αυτές συνδυάζονται και αξιοποιούνται στην πράξη. Μέσα από το μοντέλο RAP, γίνεται σαφές ότι η αξία προκύπτει όταν τα δεδομένα που παράγονται από τις resource-oriented τεχνολογίες μετατρέπονται σε στοχευμένες ενέργειες μέσω των action-oriented, ενισχύοντας την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα θεωρητικά πλαίσια που παρουσιάστηκαν δεν λειτουργούν ανταγωνιστικά μεταξύ τους. Αντιθέτως, καλύπτουν διαφορετικές πτυχές του ίδιου φαινομένου και μαζί σχηματίζουν μια πληρέστερη εικόνα. Η Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών (IPT) εξηγεί ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός συμβάλλει στην καλύτερη ανάλυση και επεξεργασία πληροφοριών, και τελικά στη μείωση της αβεβαιότητας που αντιμετωπίζουν οι οργανισμοί. Η Θεωρία Δυναμικών Ικανοτήτων (DCT) απαντά στο πώς δημιουργείται αξία μέσω αυτού του μετασχηματισμού, μέσα από ικανότητες συντονισμού, μάθησης και αναδιαμόρφωσης. Η Θεωρία Βασισμένη στους Πόρους (RBV) εξηγεί γιατί ο ψηφιακός μετασχηματισμός μπορεί να οδηγήσει σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, αναδεικνύοντας τον ρόλο των μοναδικών, δύσκολα αντιγράψιμων πόρων. Το πλαίσιο TOE φωτίζει τι επηρεάζει την απόφαση υιοθέτησης ψηφιακών τεχνολογιών, αναγνωρίζοντας τους τεχνολογικούς, οργανωσιακούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες που διαμορφώνουν αυτή τη διαδικασία. Τέλος, η προσέγγιση RAP εξηγεί πώς συνδυάζονται στην πράξη οι τεχνολογικοί πόροι με τις στρατηγικές ενέργειες, δείχνοντας τη διαδρομή από τον πόρο στη δράση και από τη δράση στο αποτέλεσμα. Στην ενότητα που ακολουθεί, θα εξεταστεί πώς αυτά τα θεωρητικά πλαίσια συνδέονται με τις συγκεκριμένες στρατηγικές της εφοδιαστικής αλυσίδας.

2.3. Στρατηγικές Διαχείρισης Εφοδιαστικών Αλυσίδων

Η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στην εφοδιαστική αλυσίδα δεν αποτελεί αυτοσκοπό. Η αξία τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη στρατηγική που τις πλαισιώνει. Μια επιχείρηση μπορεί να επενδύσει σε προηγμένα συστήματα, αλλά χωρίς σαφή στρατηγική κατεύθυνση, τα αποτελέσματα παραμένουν περιορισμένα. Αυτή η διαπίστωση αναδεικνύεται με σαφήνεια στη βιβλιογραφία, όπου η στρατηγική τοποθετείται ως η πρώτη και κρίσιμότερη διάσταση του ψηφιακού μετασχηματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι Deeru και Ravi (2023), διακρίνουν δύο βασικές διαστάσεις ψηφιακού μετασχηματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας: τις διαστάσεις υλοποίησης και τις λειτουργικές διαστάσεις. Στις διαστάσεις υλοποίησης, δηλαδή στο πώς εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός, περιλαμβάνονται 1) η στρατηγική, δηλαδή τι θέλει να πετύχει ένας οργανισμός και γιατί, 2) η τεχνολογία, δηλαδή ποια εργαλεία και συστήματα θα χρησιμοποιηθούν, 3) ο ίδιος ο οργανισμός, δηλαδή πώς προσαρμόζεται η εταιρεία όσον αφορά την δομή, τις διαδικασίες και το προσωπικό. Στις λειτουργικές διαστάσεις, δηλαδή το που εφαρμόζεται ο ψηφιακός μετασχηματισμός στην εφοδιαστική αλυσίδα, περιλαμβάνονται: 1) ο σχεδιασμός της ίδιας της αλυσίδας, δηλαδή πώς γίνεται η οργάνωση της και η πρόβλεψη ζήτησης, 2) οι προμήθειες, δηλαδή πώς οργανώνονται και πραγματοποιούνται οι αγορές και η επικοινωνία με τους προμηθευτές, 3) η παραγωγή, που αφορά την κατασκευή των προϊόντων, 4) η διανομή, που αφορά την μεταφορά και την παράδοση των προϊόντων (Deeru & Ravi, 2023). Αυτό που κάνει ιδιαίτερα ενδιαφέρον το πλαίσιό τους είναι ότι η στρατηγική αντιμετωπίζεται ως η πρώτη διάσταση υλοποίησης: πριν από κάθε τεχνολογική επιλογή, απαιτείται αξιολόγηση των υφιστάμενων ικανοτήτων, αποτύπωση των τάσεων ψηφιοποίησης στον κλάδο και διαμόρφωση ενός χάρτη πορείας που θα καθοδηγεί τη μετάβαση (Deeru & Ravi, 2023). Χωρίς αυτή τη στρατηγική θεμελίωση, η τεχνολογία κινδυνεύει να παραμείνει αναξιοποίητη.

Η επιλογή κατάλληλης τεχνολογίας, σύμφωνα με την στρατηγική, στα πλαίσια του ψηφιακού μετασχηματισμού οδηγεί σε καλύτερη απόδοση την εφοδιαστική αλυσίδα μέσω συγκεκριμένων ικανοτήτων που αποκτά ο οργανισμός και λειτουργούν ως διαμεσολαβητικοί μηχανισμοί (moderator). Η μελέτη των Ning και Yao (2023) αποδεικνύει ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός ενισχύει σημαντικά τέσσερις διαστάσεις ικανοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας: 1) την ανταλλαγή πληροφοριών, δηλαδή την καλύτερη και πιο γρήγορη ροή δεδομένων που συνεπάγεται ευελιξία (agile), 2) τη συνεργασία δραστηριοτήτων και την ορατότητα (visibility) ώστε να υπάρχει καλύτερος συντονισμός μεταξύ τμημάτων και εταιρειών, 3) την ολοκλήρωση επιχειρηματικών διαδικασιών (integration), ώστε να γίνεται σύνδεση όλων των σταδίων (plan – source – make – deliver) σε ένα ενιαίο σύστημα, και 4) την ανταπόκριση στις μεταβολές της αγοράς και την αβεβαιότητα, για ταχύτερη προσαρμογή σε αλλαγές ζήτησης ή κρίσεις. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι αυτές οι ικανότητες δεν λειτουργούν μεμονωμένα, αλλά μεσολαβούν στη σχέση μεταξύ ψηφιακού μετασχηματισμού και ανταγωνιστικής απόδοσης, αποτελώντας ουσιαστικά τον μηχανισμό μέσω του οποίου η ψηφιοποίηση μεταφράζεται σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (Ning & Yao, 2023).

Παρακάτω θα αναλυθούν οι κυριότερες στρατηγικές Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας που εντοπίζονται στην βιβλιογραφία: Lean, Agile, Leagile, Resilient, Green/ Sustainable.

2.3.1. Στρατηγική Lean

Η στρατηγική Lean, όπως εφαρμόζεται στο επίπεδο της εφοδιαστικής αλυσίδας, αποτελεί μια προσέγγιση που στοχεύει στη δημιουργία ενός δικτύου οργανισμών τα οποία συνεργάζονται συστηματικά για να μειώσουν το κόστος, τα αποθέματα και τους χρόνους παράδοσης, εφαρμόζοντας ένα αποτελεσματικό σύστημα παραγωγής βασισμένο στη ζήτηση (pull system) (Lamming, 1996; Oliveira-Dias et al., 2022). Στην ουσία, η Lean δεν αφορά απλώς τη μείωση του κόστους. Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη φιλοσοφία που επιδιώκει να εντοπίσει και να εξαλείψει κάθε δραστηριότητα η οποία δεν προσθέτει αξία στον τελικό πελάτη, ενσωματώνοντας παράλληλα τη συνεχή βελτίωση σε κάθε κρίκο της αλυσίδας.

Πιο συγκεκριμένα, η Lean εφοδιαστική αλυσίδα εστιάζει σε τρεις βασικούς άξονες (Moyano-Fuentes et al., 2019; Oliveira-Dias et al., 2022):

- 1) Στη χρήση εργαλείων εξάλειψης της σπατάλης, όπως η χαρτογράφηση της ροής αξίας (value stream mapping) όπου χαρτογραφείται όλη η διαδικασία για να εντοπιστεί που υπάρχει καθυστέρηση ή αχρείαση εργασία, και τεχνικές lean παραγωγής (όπως είναι το σύστημα Kanban, που ρυθμίζει την παραγωγή αναλόγως την ανάγκη που υπάρχει ώστε να αποφεύγεται η υπερπαραγωγή, καθώς και τεχνικές μείωσης χρόνων ρύθμισης ώστε να μειωθεί ο χρόνος αλλαγής μηχανών κατά την παραγωγή). Έτσι δεν ξοδεύονται πόροι χωρίς λόγο.
- 2) Στην σταθερότητα, την ταχύτητα και τα λιγότερα λάθη, μέσω υψηλής κυκλοφοριακής ταχύτητας αποθεμάτων (δηλαδή τα προϊόντα δεν “κάθονται” στην αποθήκη, κινούνται γρήγορα) και τυποποίησης διαδικασιών (δηλαδή εξασφαλίζεται ότι όλοι δουλεύουν με τον ίδιο βέλτιστο τρόπο).
- 3) Στον κατάλληλο μακροπρόθεσμο σχεδιασμό και προστασία από κινδύνους. Αυτό επιτυγχάνεται με μακροπρόθεσμες προβλέψεις ζήτησης και αποθέματα ασφαλείας.

Αυτοί οι άξονες, λειτουργώντας συνδυαστικά, επιτρέπουν στην αλυσίδα να γίνει πιο «λιτή» χωρίς να θυσιάζεται η ικανότητά της να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της αγοράς.

Πρόκειται για μια πολύπλοκη και απαιτητική διαδικασία, καθώς προϋποθέτει τον αποτελεσματικό συντονισμό φυσικών, πληροφοριακών και χρηματοοικονομικών ροών ανάμεσα σε πολλαπλούς εταίρους (Oliveira-Dias et al., 2022). Παρ' όλες τις δυσκολίες, όταν η στρατηγική αυτή εφαρμόζεται σωστά, ενισχύει σημαντικά την ικανότητα της αλυσίδας να

βελτιώνει την ποιότητα, να εξαλείφει τη σπατάλη και τελικά να ενδυναμώνει την ανταγωνιστικότητά της (Oliveira-Dias et al., 2022).

Αξιοσημείωτο είναι ότι η Lean στρατηγική δεν λειτουργεί μεμονωμένα, αλλά μπορεί να αποτελέσει βάση για την ανάπτυξη και άλλων στρατηγικών. Συγκεκριμένα, η βιβλιογραφία δείχνει ότι η Lean μπορεί να θεωρηθεί προγενέστερη της ευέλικτης (agile) στρατηγικής, η οποία αναλύεται στην επόμενη υπο-ενότητα.

2.3.2. Στρατηγική Agile

Σε αντίθεση με τη Lean στρατηγική, η οποία εστιάζει στην εξάλειψη της σπατάλης και τη μείωση του κόστους σε σταθερά περιβάλλοντα, η Agile (ευέλικτη) στρατηγική εφοδιαστικής αλυσίδας σχεδιάστηκε για να ανταποκρίνεται σε συνθήκες αβεβαιότητας και ταχέων αλλαγών. Η έννοια της ευελιξίας στην εφοδιαστική αλυσίδα ορίστηκε αρχικά από τους Goldman, Nagel και Preiss (Shashi et al., 2020) ως μια στρατηγική ετοιμότητας και ανταπόκρισης σε μια ασταθή αγορά, καθοδηγούμενη αποκλειστικά από τη ζήτηση. Με απλά λόγια, η Agile εφοδιαστική αλυσίδα βασίζεται στην ευαισθησία απέναντι στις ανάγκες του πελάτη, ακόμα και όταν η ζήτηση είναι απρόβλεπτη και μεταβάλλεται συνεχώς. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Oliveira-Dias et al. (2022), η στρατηγική αυτή υιοθετεί μια προσέγγιση «περίμενε και δεξ» (wait-and-see), κρατώντας τα αποθέματα σε γενική μορφή και ολοκληρώνοντας τη συναρμολόγηση μόνο όταν η πραγματική ζήτηση γίνει γνωστή (Oliveira-Dias et al., 2022).

Η επίτευξη ευελιξίας στην εφοδιαστική αλυσίδα εξαρτάται από τέσσερα θεμελιώδη χαρακτηριστικά: 1) την ευαισθησία στην αγορά, δηλαδή την ικανότητα ανίχνευσης της πραγματικής ζήτησης μέσα από καθημερινά δεδομένα πωλήσεων αντί για προβλέψεις βασισμένες σε ιστορικά στοιχεία, 2) τη δικτυακή οργάνωση, όπου κάθε εταίρος συνεισφέρει στην αλυσίδα με βάση τις βασικές του ικανότητες, 3) την ολοκλήρωση διαδικασιών μέσω συνεργασίας, ανταλλαγής πληροφοριών και κοινών στόχων, 4) την εικονικότητα (virtuality), δηλαδή τη χρήση τεχνολογιών πληροφορικής για τη διαμοιρασμό δεδομένων μεταξύ των εταίρων, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης ορατότητα κατά μήκος της αλυσίδας (Shashi et al., 2020). Ωστόσο, η τεχνολογία αποτελεί αναγκαία αλλά όχι επαρκή προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή της Agile στρατηγικής. Πιο θεμελιώδεις παράγοντες, όπως οι ηγετικές ικανότητες της διοίκησης, οι δεξιότητες του ανθρώπινου δυναμικού και οι κατάλληλες διαδικασίες σχεδιασμού και υλοποίησης, διαδραματίζουν πιο καθοριστικό ρόλο (Shashi et al., 2020).

Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι η Agile στρατηγική δεν λειτουργεί απαραίτητα ανεξάρτητα από τη Lean. Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι η Lean μπορεί να αποτελέσει προγενέστερο στάδιο της Agile, καθώς η εξάλειψη αναποτελεσματικότητας δημιουργεί τη βάση για την ανάπτυξη ευελιξίας (Oliveira-Dias et al., 2022). Επιπλέον, η Agile στρατηγική έχει συνδεθεί με θετικές επιδράσεις σε πολλαπλές διαστάσεις επιχειρηματικής απόδοσης, συμπεριλαμβανομένης της λειτουργικής, χρηματοοικονομικής και αγοραστικής απόδοσης (Shashi et al., 2020). Η ευελιξία, δηλαδή είναι ο μηχανισμός μέσω του οποίου οι επιχειρήσεις μετατρέπουν την αβεβαιότητα της αγοράς σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

2.3.3. Στρατηγική Leagile

Όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες ενότητες, η Lean στρατηγική επικεντρώνεται στην εξάλειψη της σπατάλης και τη μείωση του κόστους, ενώ η Agile στρατηγική στοχεύει στην ταχεία ανταπόκριση σε ένα ασταθές περιβάλλον ζήτησης. Παραδοσιακά, αυτές οι δύο προσεγγίσεις αντιμετωπίζονταν ως αμοιβαία αποκλειόμενες: μια εφοδιαστική αλυσίδα έπρεπε να επιλέξει είτε τη μία είτε την άλλη. Η ιδέα αυτή ξεκίνησε κυρίως από τον Fisher (Fadaki et al., 2020), ο οποίος πρότεινε ότι τα λειτουργικά προϊόντα (με σταθερή ζήτηση) ταιριάζουν με μια Lean αλυσίδα, ενώ τα καινοτόμα προϊόντα (με ασταθή ζήτηση) απαιτούν μια Agile αλυσίδα. Ωστόσο, όταν ερευνητές επιχείρησαν να επαληθεύσουν εμπειρικά αυτά τα μοντέλα, τα αποτελέσματα δεν επιβεβαίωσαν πάντα αυτή τη διχοτόμηση (Selldin & Olhager, 2007; Fadaki et al., 2020).

Αυτή η αναντιστοιχία μεταξύ θεωρίας και πράξης οδήγησε στην ανάπτυξη της έννοιας της Leagile εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή ενός υβριδικού μοντέλου που συνδυάζει στοιχεία και από τις δύο στρατηγικές. Ο όρος εισήχθη αρχικά από τους Naylor, Naim και Berry (Fadaki et al., 2020), οι οποίοι υποστήριζαν ότι τα παραδείγματα της Lean και της Agile μπορούν να συνδυαστούν μέσω της στρατηγικής αξιοποίησης ενός σημείου αποσύζευξης (decoupling point). Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι η αλυσίδα μπορεί να λειτουργεί με Lean λογική πριν από το σημείο αποσύζευξης, εκεί όπου η ζήτηση είναι σχετικά προβλέψιμη, και με Agile λογική μετά από αυτό, εκεί όπου η ζήτηση γίνεται πιο αβέβαιη και απαιτείται γρήγορη ανταπόκριση (Fadaki et al., 2020).

Στην πραγματικότητα, όλες οι εφοδιαστικές αλυσίδες είναι Leagile, με διαφορετικά μεγέθη λιτότητας και ευελιξίας (Fadaki et al., 2020). Για να μετρήσουν αυτή την ισορροπία, εισάχθηκε ο Δείκτης Απόκλισης από τη Leagility (Deviation from Leagility – DFL), ο οποίος αξιολογεί πόσο απέχει μια αλυσίδα από μια ισορροπημένη κατάσταση όπου Lean και Agile

χαρακτηριστικά ενσωματώνονται ισόποσα. Σε συνθήκες χαμηλής αβεβαιότητας, οι εταιρείες τείνουν να υιοθετούν πιο ισορροπημένες Leagile αλυσίδες, ενώ σε συνθήκες υψηλής αβεβαιότητας, η ισορροπία «σπάει» προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση, ανάλογα με τις προτεραιότητες της αγοράς. Οι πιο ισορροπημένες Leagile αλυσίδες (χαμηλότερο DFL) συνδέονται με υψηλότερη επιχειρηματική απόδοση (Fadaki et al., 2020). Στο σημερινό ανταγωνιστικό περιβάλλον, η ταυτόχρονη επένδυση τόσο στη μείωση κόστους όσο και στην ευελιξία ανταπόκρισης δημιουργεί μεγαλύτερη αξία για τις επιχειρήσεις.

Η Leagile προσέγγιση, αντιπροσωπεύει μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο οι σύγχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες λειτουργούν και ανταγωνίζονται.

2.3.4. Στρατηγική Resilience

Η έννοια της ανθεκτικότητας (resilience) στις εφοδιαστικές αλυσίδες αναφέρεται στην ικανότητα μιας επιχείρησης και των συνεργατών της να αντιδρούν έγκαιρα σε απρόβλεπτα γεγονότα, να ανακάμπτουν αποτελεσματικά από αυτά, και ιδανικά να βγαίνουν ενισχυμένες μετά την αναταραχή (Wu et al., 2025).

Η στρατηγική ανθεκτικότητας (resilience) δεν εξαντλείται στην αντίδραση μετά από ένα πρόβλημα. Αντίθετα, αφορά τον τρόπο με τον οποίο μια επιχείρηση σχεδιάζει εκ των προτέρων τη δομή της εφοδιαστικής της αλυσίδας ώστε να αντέχει σε κραδασμούς. Οι Tian & Cui (2025) προσεγγίζουν την ανθεκτικότητα ως δομική ιδιότητα του δικτύου εφοδιασμού, δηλαδή ως κάτι που ενσωματώνεται στον τρόπο που η επιχείρηση συνδέεται με προμηθευτές και πελάτες. Μετρώντας παράγοντες όπως ο βαθμός συνδεσιμότητας (weighted degree centrality), δηλαδή πόσες και πόσο ισχυρές σχέσεις διατηρεί μια επιχείρηση συνολικά, και η ισχύς εξερχόμενων σχέσεων (weighted out-degree), δηλαδή πόσο στενά εξυπηρετεί βασικούς πελάτες, δείχνουν ότι μια επιχείρηση με πλουσιότερο και πιο διαφοροποιημένο δίκτυο εμπορικών σχέσεων βρίσκεται σε σαφώς καλύτερη θέση να απορροφήσει εξωτερικές διαταραχές. όταν μια επιχείρηση εξαρτάται από λίγους μόνο προμηθευτές ή πελάτες, η απώλεια ενός από αυτούς μπορεί να είναι καταστροφική. Αντίθετα, όταν υπάρχει πλάτος και βάθος στις συνεργασίες, το σύστημα γίνεται πιο ελαστικό. Παράλληλα, η ανθεκτικότητα εξαρτάται και από τεχνολογικούς παράγοντες. Η ψηφιοποίηση μέσα από πλατφόρμες δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αλγόριθμους πρόβλεψης και συστήματα ταχείας επικοινωνίας μεταξύ κόμβων, επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εντοπίζουν πιθανά προβλήματα νωρίτερα, να ανακατανέμουν πόρους γρηγορότερα και να συντονίζουν τις αντιδράσεις τους πιο αποτελεσματικά (Tian & Cui, 2025). Αυτό σημαίνει ότι η ανθεκτικότητα δεν είναι απλώς αποτέλεσμα καλής τύχης ή γρήγορων

αντανακλαστικών, αλλά κατασκευάζεται συνειδητά μέσα από συγκεκριμένες δομικές και τεχνολογικές επιλογές.

Συνολικά, η στρατηγική resilience δεν αφορά μόνο την ετοιμότητα για κρίσεις, αλλά τη συστηματική ενσωμάτωση ψηφιακών εργαλείων και δομικών αλλαγών στην αλυσίδα εφοδιασμού ώστε η επιχείρηση να μεταβεί από παθητική αντιμετώπιση διαταραχών σε προληπτική οικοδόμηση ανθεκτικότητας (Tian & Cui, 2025). Σε μια εποχή που η αβεβαιότητα γίνεται ο κανόνας, η ικανότητα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας να προσαρμόζεται και να μεταμορφώνεται αποτελεί πλέον ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

2.3.5. Στρατηγική Green / Sustainable

Η πράσινη στρατηγική (green strategy) στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά τον σχεδιασμό και τη λειτουργία όλων των σταδίων της αλυσίδας (από την προμήθεια πρώτων υλών μέχρι την παράδοση στον τελικό καταναλωτή) με τρόπο που ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ενεργειακά αποδοτικότερες διαδικασίες παραγωγής, καθαρότερη μεταφορά και διανομή, διαχείριση αποβλήτων, και αντίστροφη εφοδιαστική (reverse logistics), δηλαδή τη συστηματική ανάκτηση προϊόντων μετά τη χρήση τους για ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση (Schilling & Seuring, 2024). Ωστόσο, η πράσινη στρατηγική δεν αφορά μόνο το περιβάλλον. Στην πιο ολοκληρωμένη εκδοχή της, αυτή της βιώσιμης διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (Sustainable Supply Chain Management), συμπεριλαμβάνει και την οικονομική βιωσιμότητα και την κοινωνική ευθύνη, δηλαδή τον τριπλό πυρήνα της βιωσιμότητας (Schilling & Seuring, 2024).

Οι Schilling & Seuring (2024) εντοπίζουν τρεις βασικούς άξονες μέσω των οποίων οι ψηφιακές τεχνολογίες συνδέονται με πράσινες πρακτικές στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Ο πρώτος αφορά την οικο-αποδοτικότητα (eco-efficiency), δηλαδή τη χρήση τεχνολογιών για να μειωθούν σπατάλες, εκπομπές ρύπων και κατανάλωση ενέργειας μέσα από βελτιστοποίηση της παραγωγής και των μεταφορών. Ο δεύτερος, τον οποίο ονομάζουν οικο-ανθεκτικότητα (eco-durability), αφορά μια πιο μακροπρόθεσμη οπτική: η ανώτερη διοίκηση δεσμεύεται για βιωσιμότητα, χρησιμοποιούνται αναλύσεις μεγάλων δεδομένων (big data analytics) για πιο ακριβή επιλογή προμηθευτών, και ενθαρρύνεται η καινοτομία και η μάθηση σε ολόκληρη την αλυσίδα. Ο τρίτος άξονας, η ουσιαστική βιωσιμότητα (substantial sustainability), αναφέρεται σε στόχους που είναι δύσκολο να μετρηθούν ποσοτικά, όπως τα ανθρώπινα δικαιώματα, η κοινωνική ευθύνη και η περιβαλλοντική διαχείριση, και τους οποίους μπορούν να υποστηρίξουν τεχνολογίες όπως το blockchain, μέσω διαφάνειας, πιστοποίησης και παρακολούθησης προμηθευτών. Το κρίσιμο εύρημα είναι ότι αυτοί οι τρεις άξονες εξετάζονται

συνήθως ανεξάρτητα στη βιβλιογραφία, χωρίς να συνδέονται μεταξύ τους, κάτι που υπονομεύει τη δημιουργία πραγματικά βιώσιμων αλυσίδων εφοδιασμού (Schilling & Seuring, 2024).

Στο πλαίσιο αυτό, ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο για την πράσινη στρατηγική είναι η τεχνολογία blockchain. Οι Zhang, Jia & Chen (2025) αναδεικνύουν ότι η υιοθέτηση blockchain στις εφοδιαστικές αλυσίδες ωθείται από τρεις βασικούς λόγους: 1) την ανάγκη ιχνηλασιμότητας προϊόντων και συναλλαγών, 2) τις λειτουργικές βελτιώσεις (μείωση κόστους, καλύτερη διαχείριση κινδύνων), και 3) τις πιέσεις από ενδιαφερόμενα μέρη όπως πελάτες, κυβερνήσεις και ανταγωνιστές. Όσον αφορά τα αποτελέσματα, το blockchain βελτιώνει την οικονομική βιωσιμότητα μέσω ενίσχυσης της ορατότητας, της αποδοτικότητας μέσω έξυπνων συμβολαίων (smart contracts), και της σταθεροποίησης των λειτουργιών σε περιόδους κρίσης (Zhang, Jia & Chen, 2025). Παράλληλα, η βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα μπορεί να διασφαλίσει τον σχεδιασμό και την παραγωγή φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων (Zhang, Jia & Chen, 2025), ενώ στην κοινωνική διάσταση, το blockchain μπορεί να αποτρέψει τη νοθεία τροφίμων, να προστατεύσει τα εργασιακά δικαιώματα και να ενισχύσει τη διαφάνεια στις χρηματοδοτικές αλυσίδες (Zhang, Jia & Chen, 2025).

Συμπερασματικά, η πράσινη στρατηγική στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας δεν είναι μια απλή λίστα περιβαλλοντικών δράσεων. Αποτελεί μια πολυδιάστατη προσέγγιση που, όταν ενσωματωθεί σωστά, μπορεί να συνδυάσει περιβαλλοντικούς στόχους, κοινωνική ευθύνη και οικονομική αποδοτικότητα.

2.4. Νέες Τεχνολογίες στον Ψηφιακό Μετασχηματισμό Εφοδιαστικών Αλυσίδων

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν στηρίζεται σε κάποια μεμονωμένη τεχνολογική καινοτομία. Αντίθετα, η δύναμή του έγκειται στη σύγκλιση πολλαπλών τεχνολογιών που λειτουργούν συμπληρωματικά μεταξύ τους. Οι Büyüközkan και Göçer (2018) εντόπισαν έντεκα διαφορετικές τεχνολογίες που σχετίζονται με την ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα, από την Επαυξημένη Πραγματικότητα και τη Ρομποτική μέχρι τα Big Data, το Cloud Computing και το Internet of Things, επισημαίνοντας ότι κανένα μεμονωμένο τεχνολογικό εργαλείο δεν αρκεί από μόνο του. Αυτό που κάνει τη διαφορά είναι ο τρόπος με τον οποίο αυτές οι τεχνολογίες συνδυάζονται για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό οικοσύστημα στη διαχείριση της αλυσίδας.

Σύμφωνα με τους Tavana et al. (2022), οι τεχνολογίες που εμφανίζονται συχνότερα και με τη μεγαλύτερη βαρύτητα στη βιβλιογραφία είναι τα Big Data Analytics, το Blockchain, η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και η Μηχανική Μάθηση (ML), καθώς και το Internet of Things (IoT). Κάθε μία από αυτές εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό: τα Big Data Analytics βοηθούν τις επιχειρήσεις να εντοπίζουν μοτίβα, τάσεις και προβλήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού, ενώ η AI και η ML επιτρέπουν την πρόβλεψη ζήτησης, τη βελτιστοποίηση αποθεμάτων και την αυτοματοποίηση αποφάσεων (Tavana et al., 2022). Το IoT, από την πλευρά του, συνδέει αντικείμενα και συσκευές σε πραγματικό χρόνο, δίνοντας τη δυνατότητα παρακολούθησης αποστολών, μέτρησης συνθηκών αποθήκευσης και δυναμικής διαχείρισης του δικτύου (Tavana et al., 2022). Το Blockchain, ως αποκεντρωμένο ψηφιακό μητρώο, προσφέρει ασφάλεια, διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα σε ολόκληρη την αλυσίδα, καθώς οι πληροφορίες που καταγράφονται δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να διαγραφούν (Tavana et al., 2022). Τέλος, το Cloud Computing παρέχει τη βασική υποδομή για την ενοποίηση γεωγραφικά διασπαρμένων πόρων και τη γρήγορη κλιμάκωση υπηρεσιών (Tavana et al., 2022).

2.4.1. Blockchain

Το blockchain είναι ένα κατακεντρωμένο ψηφιακό μητρώο συναλλαγών: μια αλυσίδα από «μπλοκ» πληροφορίας, κάθε ένα από τα οποία συνδέεται κρυπτογραφικά με το προηγούμενο, έτσι ώστε κανείς να μην μπορεί να αλλάξει κάτι αναδρομικά χωρίς να γίνει αντιληπτό. Η τεχνολογία αυτή πρωτοεμφανίστηκε ως υποδομή για κρυπτονομίσματα, και πιο συγκεκριμένα για το Bitcoin, που παρουσιάστηκε από τον Nakamoto το 2008, αλλά σύντομα έγινε κατανοητό ότι οι εφαρμογές της εκτείνονται πολύ πέρα από τον χρηματοοικονομικό κλάδο (Sharabati & Jreisat, 2024). Τα βασικά χαρακτηριστικά που κάνουν το blockchain ιδιαίτερο είναι τέσσερα: 1) η αποκέντρωση (decentralization), δηλαδή η απουσία ενός κεντρικού ελεγκτή, 2) η αμεταβλητότητα (immutability), που σημαίνει ότι τα καταγεγραμμένα δεδομένα δεν μπορούν να τροποποιηθούν, 3) η διαφάνεια, που επιτρέπει σε όλα τα εξουσιοδοτημένα μέλη του δικτύου να βλέπουν τις ίδιες πληροφορίες, και 4) οι μηχανισμοί συναίνεσης (consensus mechanisms), μέσω των οποίων οι συμμετέχοντες επαληθεύουν από κοινού κάθε νέα καταχώρηση πριν αυτή επισημοποιηθεί (Sharabati & Jreisat, 2024). Αξίζει να σημειωθεί ότι το blockchain μπορεί να υλοποιηθεί είτε ως δημόσιο, ανοιχτό δίκτυο είτε ως ιδιωτικό, κλειστό δίκτυο με περιορισμένη πρόσβαση. Αυτή η διάκριση έχει μεγάλη πρακτική σημασία για επιχειρηματικές εφαρμογές, όπου η εμπιστευτικότητα των δεδομένων είναι κρίσιμη (Saber et al., 2019).

Ακριβώς αυτά τα χαρακτηριστικά κάνουν το blockchain ιδιαίτερα ελκυστικό για τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM): σε ένα περιβάλλον όπου εμπλέκονται πολλοί και διαφορετικοί

φορείς, όπως προμηθευτές, μεταφορείς, διανομείς, λιανέμποροι, η ανάγκη για αξιόπιστη, αδιαμφισβήτητη και κοινά προσβάσιμη πληροφορία είναι σχεδόν αυτονόητη. Οι σημερινές εφοδιαστικές αλυσίδες εξακολουθούν να βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε κεντρικοποιημένα συστήματα και φυσικά έγγραφα, που δημιουργούν κενά εμπιστοσύνης, καθυστερήσεις και ευκαιρίες για απάτη (Saber et al., 2019).

Στο πεδίο εφαρμογής, οι σημαντικότερες καινοτομίες που φέρνει το blockchain στο SCM είναι τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) και η ιχνηλασιμότητα προϊόντων. Όσον αφορά τα έξυπνα συμβόλαια, πρόκειται για αυτοεκτελούμενα ψηφιακά προγράμματα που είναι αποθηκευμένα στο blockchain και ενεργοποιούνται αυτόματα όταν πληρούνται οι προκαθορισμένες συνθήκες, χωρίς να χρειάζεται η παρέμβαση τρίτου ενδιάμεσου (Saber et al., 2019). Για παράδειγμα, σε μια σχέση προμηθευτή – αγοραστή, η πληρωμή μπορεί να εκτελεστεί αυτόματα τη στιγμή που τα αισθητήρια IoT (Internet of Things) καταγράφουν την παράδοση του εμπορεύματος στην αποθήκη, χωρίς τιμολόγιο, χωρίς αναμονή έγκρισης, χωρίς ανθρώπινο λάθος. Η σύνδεση αυτή blockchain – IoT – smart contracts αναδεικνύεται στην έρευνα των Cui et al. (2024) ως το πιο ισχυρό εργαλείο για τη βελτίωση της ευελιξίας των συμβάσεων: μέσα από ένα τέτοιο σύστημα, ο κατασκευαστής μπορεί να «προγραμματίσει» εκ των προτέρων διαφορετικές τιμές χονδρικής ανάλογα με το κόστος προμήθειας, χωρίς να χρειάζεται επαναδιαπραγμάτευση. Αυτό, με τους παραδοσιακούς τρόπους σύναψης συμβάσεων θα ήταν εξαιρετικά κοστοβόρο ή αδύνατο. Εξίσου σημαντική εφαρμογή είναι η ιχνηλασιμότητα προϊόντων. Σε κλάδους όπως τα τρόφιμα, τα φάρμακα ή τα πολυτελή αγαθά, η δυνατότητα να εντοπίσει κανείς ένα προϊόν σε κάθε βήμα της διαδρομής του, από την πρώτη ύλη μέχρι το ράφι του καταστήματος, έχει άμεσες επιπτώσεις τόσο στην ασφάλεια των καταναλωτών όσο και στη φήμη των εταιρειών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενοποίησης RFID και blockchain (Saber et al., 2019). Συνολικά, λοιπόν, το blockchain δεν αποτελεί απλώς μια τεχνολογική αναβάθμιση, αλλά μια θεμελιακή αλλαγή στον τρόπο που οι εταιρείες διαχειρίζονται πληροφορία, εμπιστοσύνη και συνεργασία στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Παρά τις αναμφισβήτητες δυνατότητές της, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας συναντά μια σειρά από σοβαρά εμπόδια, τα οποία εξακολουθούν να περιορίζουν τη διάδοσή της στην πράξη:

Ένα από τα πιο συχνά αναφερόμενα τεχνικά προβλήματα είναι η έλλειψη κλιμάκωσης (scalability). Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα δυσκολεύεται να λειτουργήσει αποδοτικά όταν ο όγκος των συναλλαγών αυξάνεται σημαντικά. Συναφές πρόβλημα αποτελεί και η χαμηλή διαλειτουργικότητα (interoperability): οι υπάρχουσες πλατφόρμες blockchain δεν

επικοινωνούν εύκολα μεταξύ τους, γεγονός που αντί να απλοποιεί τη συνεργασία μεταξύ επιχειρήσεων, συχνά τη δυσχεραίνει (Han & Fang, 2024). Στο ίδιο πνεύμα, η απουσία κοινών τεχνικών προτύπων (standardization) παραμένει ένα από τα κυριότερα τεχνολογικά εμπόδια, καθώς εταιρείες που χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα δυσκολεύονται να συνδεθούν σε ένα ενιαίο δίκτυο (Han & Fang, 2024).

Εξίσου σημαντική είναι η διάσταση του κόστους. Η υλοποίηση blockchain απαιτεί επενδύσεις σε υποδομές, εκπαίδευση προσωπικού και συντήρηση, βάρη που πολλές επιχειρήσεις, ιδίως οι μικρομεσαίες, δυσκολεύονται να αναλάβουν (Duan, Pang & Lin, 2023). Μάλιστα, ορισμένες έρευνες έχουν δείξει ότι το λειτουργικό κόστος της τεχνολογίας μπορεί να υπερβεί τα οφέλη που δημιουργεί, καθιστώντας τη βιωσιμότητά της αβέβαιη σε ορισμένα πλαίσια (Duan, Pang & Lin, 2023). Σε αυτό προστίθεται η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση ορισμένων μηχανισμών επαλήθευσης, που εγείρει ανησυχίες τόσο για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα όσο και για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της λύσης (Han & Fang, 2024).

Στο θεσμικό επίπεδο, η απουσία ενός σαφούς νομικού πλαισίου γύρω από τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) αποτελεί πηγή νομικής αβεβαιότητας για τις επιχειρήσεις. Η έλλειψη ρυθμιστικής σαφήνειας και η ανεπαρκής κυβερνητική στήριξη επηρεάζουν αρνητικά τους οργανισμούς να προχωρήσουν σε μεγάλης κλίμακας υλοποίηση (Zhang, Jia & Chen, 2025). Το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου συχνά συνυπάρχουν και κοινωνικο-πολιτισμικοί παράγοντες, όπως το χαμηλό επίπεδο ψηφιακής εκπαίδευσης ή η έλλειψη εμπιστοσύνης στη νέα τεχνολογία, που επιβραδύνουν περαιτέρω την υιοθέτηση (Duan, Pang & Lin, 2023).

Σε οργανωσιακό επίπεδο, τέλος, η αντίσταση στην υιοθέτηση πηγάζει συχνά από την έλλειψη κατανόησης της τεχνολογίας από τη διοίκηση. Όταν τα στελέχη δεν αντιλαμβάνονται επαρκώς τα οφέλη του blockchain, η δέσμευσή τους για επένδυση παραμένει αδύναμη, και χωρίς αυτή τη δέσμευση, η επιτυχής εφαρμογή σε επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ιδιαίτερα δύσκολη (Zhang, Jia & Chen, 2025). Σε συνδυασμό με την έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού και την τεχνολογική ανωριμότητα πολλών συνεργατών εντός της αλυσίδας, γίνεται σαφές ότι οι προκλήσεις δεν είναι μόνο τεχνικές, αλλά βαθιά ανθρώπινες και οργανωσιακές.

2.4.2. Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) & Μηχανική Μάθηση (ML)

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) αναφέρεται σε συστήματα λογισμικού που μπορούν να επεξεργάζονται δεδομένα, να εντοπίζουν μοτίβα και να λαμβάνουν αποφάσεις με τρόπο που μιμείται την ανθρώπινη νοημοσύνη, χωρίς να χρειάζεται ρητή ανθρώπινη

καθοδήγηση για κάθε βήμα. Η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning – ML) αποτελεί έναν από τους βασικότερους κλάδους του AI και περιλαμβάνει αλγορίθμους που «μαθαίνουν» από ιστορικά δεδομένα, βελτιώνουν σταδιακά την απόδοσή τους και κάνουν προβλέψεις για μελλοντικές καταστάσεις (Mohsen, 2023). Στο πλαίσιο της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας το AI λειτουργεί ουσιαστικά ως ένα εργαλείο που μετατρέπει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε χρήσιμες και εφαρμόσιμες γνώσεις (Mohsen, 2023). Οι βασικές λειτουργικές ικανότητες του AI, μάθηση, αντίληψη, πρόβλεψη, αλληλεπίδραση, προσαρμογή και συλλογισμός, δεν υπάρχουν απομονωμένες, αλλά συνεργάζονται μεταξύ τους για να αντιμετωπίσουν σύνθετα λειτουργικά προβλήματα (Jackson et al., 2024). Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη του Generative AI (Gen AI), επέκτεινε αυτές τις ικανότητες ακόμα περισσότερο, εισάγοντας την «τεχνητή δημιουργικότητα», δηλαδή την ικανότητα παραγωγής πρωτότυπων λύσεων και σεναρίων που δεν υπήρχαν στα αρχικά δεδομένα εκπαίδευσης (Jackson et al., 2024).

Οι παραπάνω ικανότητες μεταφράζονται σε ένα ευρύ φάσμα πρακτικών εφαρμογών σε όλη την έκταση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή είναι η πρόβλεψη ζήτησης: αλγόριθμοι ML, όπως τα δίκτυα LSTM (Long Short-Term Memory), αναλύουν ιστορικά δεδομένα για να προβλέψουν μελλοντικές ανάγκες με αξιοσημείωτη ακρίβεια, συμβάλλοντας στη μείωση των αποθεμάτων και στην αποτροπή ελλείψεων (Cannas et al., 2024). Παράλληλα, το AI χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης αποθεμάτων: μαθαίνοντας από παρελθοντικές παραγγελίες, τάσεις τιμών και εξωτερικές πληροφορίες (π.χ. μέσα κοινωνικής δικτύωσης), μπορεί να προτείνει πότε και πόσο να παραγγελθεί ένα προϊόν, μια λογική που εφαρμόστηκε επιτυχώς στην πράξη από εταιρείες του κλάδου της μόδας, με αποτέλεσμα 30% μείωση των αποθεμάτων (Cannas et al., 2024). Στον τομέα της παραγωγής και του ποιοτικού ελέγχου, τεχνικές computer vision βασισμένες σε deep learning επιτρέπουν την αυτόματη ανίχνευση ελαττωμάτων με ακρίβεια που υπερβαίνει αυτήν του ανθρώπινου ελέγχου (Cannas et al., 2024). Εξίσου σημαντική είναι η συμβολή του AI στην προληπτική συντήρηση: αναλύοντας δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο, τα συστήματα ML μπορούν να προβλέψουν βλάβες μηχανών πριν αυτές συμβούν, μειώνοντας τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και το κόστος συντήρησης (Cannas et al., 2024). Τέλος, στη διαχείριση κινδύνου, το AI αξιοποιεί την ικανότητά του για πρόβλεψη ώστε να μοντελοποιεί διαφορετικά σενάρια αναστάτωσης, όπως ελλείψεις προμηθευτών ή απότομες μεταβολές ζήτησης, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να λαμβάνουν προληπτικές αποφάσεις αντί να αντιδρούν εκ των υστέρων (Jackson et al., 2024). Συνολικά, το AI και το ML δεν αποτελούν

πλέον τεχνολογίες του μέλλοντος στο SCM, αλλά εργαλεία που ήδη αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις σχεδιάζουν, εκτελούν και βελτιστοποιούν τις λειτουργίες τους.

Παρά τις σημαντικές δυνατότητες που προσφέρουν η Τεχνητή Νοημοσύνη και η Μηχανική Μάθηση στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η πρακτική εφαρμογή τους συνοδεύεται από μια σειρά ουσιαστικών προκλήσεων:

Το πιο θεμελιώδες εμπόδιο αφορά την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων, καθώς η αποτελεσματικότητα των αλγορίθμων εξαρτάται άμεσα από αυτά που τροφοδοτούνται στο μοντέλο, σύμφωνα με τη λογική του «garbage in – garbage out» (Culot et al., 2024). Ιδιαίτερα τα μοντέλα μηχανικής μάθησης απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένα εκπαίδευσης, κάτι που δυσκολεύει ιδιαίτερα τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, οι οποίες συνήθως δεν διαθέτουν τις απαραίτητες υποδομές διαχείρισης δεδομένων (Richey et al., 2023). Πέρα από τον όγκο, όμως, κρίσιμη είναι και η ποιότητα: ελλιπή ή αλλοιωμένα δεδομένα μπορούν να οδηγήσουν σε λανθασμένες προβλέψεις με σοβαρές οικονομικές συνέπειες, όπως υπεραποθεματοποίηση ή ελλείψεις προϊόντων (Richey et al., 2023). Όπως επισημαίνουν οι Culot et al., 2024, το 50–80% του χρόνου ενός έργου AI αφιερώνεται στη συλλογή και τον καθαρισμό δεδομένων.

Ένα εξίσου σοβαρό ζήτημα είναι η έλλειψη διαφάνειας των αλγορίθμων, γνωστή ως πρόβλημα του «μαύρου κουτιού» (black-box). Πολλά μοντέλα, ιδίως αυτά του deep learning, παράγουν αποτελέσματα χωρίς να εξηγούν πώς κατέληξαν σε αυτά, γεγονός που υπονομεύει την εμπιστοσύνη των χρηστών και δημιουργεί ζητήματα λογοδοσίας όταν οι αποφάσεις αποδεικνύονται λανθασμένες (Richey et al., 2023). Στο ίδιο πλαίσιο εντάσσεται και το φαινόμενο των «ψευδαισθήσεων» (hallucinations), όπου τα generative μοντέλα παράγουν πληροφορίες που δεν στηρίζονται σε πραγματικά δεδομένα, κάτι ιδιαίτερα επικίνδυνο σε έναν τομέα όπου η ακρίβεια είναι καθοριστική (Richey et al., 2023). Οι Flath και Stein (Culot et al., 2024) τονίζουν ότι η επιλογή ανάμεσα σε πιο ακριβή αλλά αδιαφανή μοντέλα και σε πιο κατανοητά αλλά λιγότερο ισχυρά αποτελεί ένα διαρκές δίλημμα για τους επιχειρηματικούς χρήστες.

Το κόστος υλοποίησης αποτελεί επίσης σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα. Δεν περιορίζεται στην απόκτηση της τεχνολογίας, αλλά επεκτείνεται στην ανάπτυξη της τεχνολογικής υποδομής, στην ενσωμάτωση με υφιστάμενα πληροφοριακά συστήματα και στη διαρκή συντήρηση των μοντέλων, τα οποία απαιτούν τακτική επανεκπαίδευση ώστε να παραμένουν ακριβή σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον (Culot et al., 2024). Η δυσκολία ποσοτικοποίησης της απόδοσης της επένδυσης, σε συνδυασμό με την απουσία αξιόπιστων εργαλείων ανάλυσης

κόστους-οφέλους, οδηγεί πολλές επιχειρήσεις σε μια σταδιακή και συχνά διστακτική υιοθέτηση (Culot et al., 2024).

Στενά συνδεδεμένη με το κόστος είναι και η ανάγκη εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού. Η επιτυχής εφαρμογή απαιτεί συνδυασμό τεχνικών γνώσεων σε data science και μηχανική μάθηση με βαθιά γνώση του κλάδου, κάτι που σπάνια συνυπάρχει στο ίδιο άτομο (Culot et al., 2024). Οι μικρότερες επιχειρήσεις δυσκολεύονται ιδιαίτερα να προσελκύσουν τέτοια talenta, με αποτέλεσμα να καταφεύγουν σε συνεργασίες με παρόχους τεχνολογίας ή ακαδημαϊκά ιδρύματα (Culot et al., 2024). Παράλληλα, η εισαγωγή της τεχνολογίας δημιουργεί ανάγκες επανεκπαίδευσης του υπάρχοντος προσωπικού, καθώς και φόβους αντικατάστασης που επηρεάζουν αρνητικά τη δέσμευση των εργαζομένων (Belhadi et al., 2022).

Τέλος, η κυβερνοασφάλεια αναδεικνύεται ως κρίσιμη διάσταση, δεδομένου ότι τα συστήματα AI διαχειρίζονται τεράστιους όγκους ευαίσθητων δεδομένων. Παραβιάσεις μπορούν να προκύψουν από ανεπαρκώς προστατευμένες βάσεις, από επιθέσεις phishing που στοχεύουν τους πιο αδύναμους κρίκους της αλυσίδας ή από εύαλωτα API μέσω των οποίων διακινούνται τα δεδομένα (Richey et al., 2023). Οι συνέπειες μιας τέτοιας παραβίασης δεν είναι μόνο οικονομικές, αλλά και φήμης, νομικές και ρυθμιστικές, καθιστώντας απαραίτητη τη θέσπιση ολοκληρωμένων πολιτικών προστασίας που όμως απαιτούν σημαντικούς πόρους και εξειδικευμένες δεξιότητες.

2.4.3. Internet of Things (IoT)

Το Internet of Things (IoT) έχει αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο τα φυσικά αντικείμενα επικοινωνούν μεταξύ τους και με τα πληροφοριακά συστήματα. Σύμφωνα με τον ορισμό που προτείνουν οι Ben-Daya et al. (2022), το IoT αναφέρεται σε ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων τα οποία είναι ψηφιακά διασυνδεδεμένα ώστε να αντιλαμβάνονται, να παρακολουθούν και να αλληλεπιδρούν τόσο στο εσωτερικό μιας επιχείρησης όσο και κατά μήκος ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας, διευκολύνοντας τον έγκαιρο σχεδιασμό, τον έλεγχο και τον συντονισμό των διαδικασιών. Η λειτουργία αυτή στηρίζεται σε μια σειρά τεχνολογιών, με πιο διαδεδομένες το RFID (Radio-Frequency Identification) για την αναγνώριση και ιχνηλάτηση προϊόντων, το NFC για ανταλλαγή δεδομένων σε κοντινή απόσταση, το GPS για εντοπισμό θέσης, καθώς και αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης και φωτός που συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον (Taj et al., 2023). Αρχιτεκτονικά, ένα σύστημα IoT οργανώνεται συνήθως σε τέσσερα επίπεδα: 1) το sensing layer, όπου βρίσκονται οι αισθητήρες και οι ετικέτες RFID που συλλέγουν τα δεδομένα, 2) networking layer, το οποίο μεταφέρει αυτά τα δεδομένα μέσω ενσύρματων ή ασύρματων δικτύων, 3) το middleware ή service layer,

που ενσωματώνει τις εφαρμογές και αξιοποιεί τεχνολογίες όπως το cloud computing για την αποθήκευση και επεξεργασία, και 4) το interface layer, μέσω του οποίου οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το σύστημα και λαμβάνουν αποφάσεις (Ben-Daya et al., 2022).

Στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι εφαρμογές του IoT είναι πολυάριθμες και καλύπτουν σχεδόν κάθε στάδιο της ροής των αγαθών. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη δυνατότητα, καθώς επιτρέπει στις επιχειρήσεις να γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή την ακριβή θέση και κατάσταση των αποστολών τους μέσω GPS και αισθητήρων ενσωματωμένων σε οχήματα ή εμπορευματοκιβώτια (Taj et al., 2023). Στη διαχείριση αποθεμάτων, η χρήση RFID έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική: μειώνει τα σφάλματα καταγραφής, αποτρέπει περιστατικά απάτης και βελτιώνει την ακρίβεια των δεδομένων αποθήκης, καθώς ταιριάζει το πραγματικό απόθεμα με το καταγεγραμμένο (Ben-Daya et al., 2022). Ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η συμβολή των αισθητήρων στην παρακολούθηση των συνθηκών μεταφοράς ευαίσθητων προϊόντων, όπως τρόφιμα και φάρμακα, όπου η συνεχής καταγραφή θερμοκρασίας και υγρασίας διασφαλίζει την ποιότητα και την ασφάλεια (Ben-Daya et al., 2022).

Πέρα από τις συγκεκριμένες εφαρμογές, οι Ben-Daya et al. (2022) προτείνουν ένα εννοιολογικό πλαίσιο σύμφωνα με το οποίο το IoT ενισχύει πέντε θεμελιώδεις ικανότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η πρώτη είναι η ορατότητα (visibility), η οποία λειτουργεί ως βάση για τις υπόλοιπες, καθώς η πρόσβαση σε ακριβή και έγκαιρη πληροφορία καθ' όλο το μήκος της αλυσίδας επιτρέπει τον εντοπισμό προβλημάτων τη στιγμή που προκύπτουν. Η ενοποίηση (integration), τόσο εσωτερική όσο και εξωτερική, διευκολύνεται μέσω της αυτόματης ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ λειτουργιών και εταίρων, μειώνοντας τα σφάλματα και τους χρόνους απόκρισης. Η συνεργασία (collaboration) ενισχύεται επειδή όλοι οι εμπλεκόμενοι μοιράζονται την ίδια, αξιόπιστη εικόνα της κατάστασης, κάτι που σε συνδυασμό με τεχνολογίες όπως το blockchain χτίζει εμπιστοσύνη μεταξύ εταίρων που ενδεχομένως δεν γνωρίζονται μεταξύ τους (Ben-Daya et al., 2022). Η ποιότητα (quality) βελτιώνεται μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των προϊόντων και της δυνατότητας εντοπισμού προβλημάτων πριν αυτά φτάσουν στον πελάτη, ενώ η καινοτομία (innovation) προκύπτει από τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα που γεννά η τεχνολογία, όπως το servitization και τα smart contracts, τα οποία επιτρέπουν σε κατασκευαστές να προσφέρουν υπηρεσίες αντί για απλά προϊόντα, αξιοποιώντας δεδομένα χρήσης σε πραγματικό χρόνο (Ben-Daya et al., 2022).

Παρά τις σημαντικές δυνατότητες που προσφέρει το IoT στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η υιοθέτησή του συνοδεύεται από ένα σύνολο σοβαρών προκλήσεων:

Η πιο κρίσιμη από αυτές αφορά την ασφάλεια των δεδομένων. Σε ένα περιβάλλον όπου εκατομμύρια συσκευές είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους μέσω διαδικτύου, κάθε αδύναμος κρίκος στο δίκτυο μπορεί να γίνει σημείο εισόδου για κυβερνοεπιθέσεις. Όπως επισημαίνουν οι Nozari et al. (2022), η διασύνδεση πολλαπλών μηχανών και συσκευών σε κοινά δίκτυα δημιουργεί ευπάθειες που θέτουν σε κίνδυνο ολόκληρο το σύστημα, ενώ πολλές επιχειρήσεις δεν είναι επαρκώς προετοιμασμένες να αντιμετωπίσουν τέτοιες απειλές και εξαρτώνται υπερβολικά από τους παρόχους τεχνολογίας τους.

Εξίσου σημαντικό ζήτημα αποτελεί η διαλειτουργικότητα (interoperability) — δηλαδή η ικανότητα διαφορετικών συσκευών και συστημάτων να «μιλούν» μεταξύ τους χωρίς προβλήματα. Στην πράξη, το διαδίκτυο δεν αποτελεί ένα ενιαίο δίκτυο αλλά ένα σύνολο ετερογενών υποδομών με διαφορετικά πρότυπα και τεχνολογίες, γεγονός που δυσκολεύει σημαντικά την αδιάλειπτη επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε παγκόσμια κλίμακα (Nozari et al., 2022). Παράλληλα, η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για τη συνεχή σύνδεση δισεκατομμυρίων συσκευών αποτελεί ένα ακόμα εμπόδιο, καθώς χωρίς αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας η πλήρης εφαρμογή συστημάτων IoT καθίσταται μη βιώσιμη (Nozari et al., 2022). Το κόστος της απαιτούμενης υποδομής, τόσο σε επίπεδο τεχνολογικού εξοπλισμού όσο και οργανωσιακής ετοιμότητας, επιβαρύνει ιδιαίτερα τις επιχειρήσεις, με αποτέλεσμα πολλές να αποφεύγουν να ξεκινήσουν τη διαδικασία υιοθέτησης (Nozari et al., 2022).

Παράλληλα όμως με αυτές τις προκλήσεις, τα τελευταία χρόνια αναδύεται μια τεχνολογική σύγκλιση: η ενοποίηση του IoT με την Τεχνητή Νοημοσύνη, γνωστή ως AIoT (Artificial Intelligence of Things). Η λογική είναι απλή: αν το IoT είναι το νευρικό σύστημα που συλλέγει και μεταδίδει δεδομένα, τότε η ΑΙ λειτουργεί ως ο «εγκέφαλος» που τα αναλύει και λαμβάνει αποφάσεις αυτόνομα, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση (Nozari et al., 2022). Αυτός ο συνδυασμός δίνει στις συσκευές την ικανότητα όχι απλώς να μεταφέρουν πληροφορίες, αλλά να τις επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο και να αντιδρούν έξυπνα στις μεταβολές του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τους Nozari et al., 2022, το AIoT αντιπροσωπεύει μια από τις πιο υποσχόμενες επενδυτικές κατευθύνσεις για επιχειρήσεις που επιδιώκουν να ενισχύσουν την αποδοτικότητά τους και να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Με αυτό το πλαίσιο ως αφετηρία, η επόμενη ενότητα διερευνά πώς ακριβώς το AIoT μεταφράζεται σε πρακτικές εφαρμογές εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας.

2.4.4. Cloud Computing

Το cloud computing αναφέρεται στην παροχή υπολογιστικών πόρων, όπως διακομιστών, αποθηκευτικού χώρου, βάσεων δεδομένων και λογισμικού, μέσω διαδικτύου, από

απομακρυσμένους παρόχους, αντί για φυσική εγκατάσταση εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις της επιχείρησης (Yenugula et al., 2023). Στο πλαίσιο της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, το cloud παρέχεται κυρίως μέσω τριών μοντέλων: Software-as-a-Service (SaaS), όπου οι χρήστες αποκτούν πρόσβαση σε έτοιμες εφαρμογές μέσω browser χωρίς να χρειάζεται να τις εγκαταστήσουν, Platform-as-a-Service (PaaS), που προσφέρει υποδομή ανάπτυξης εφαρμογών, και Infrastructure-as-a-Service (IaaS), που δίνει πρόσβαση σε εικονικούς διακομιστές και αποθηκευτικό χώρο. Τα βασικά χαρακτηριστικά που κάνουν αυτή την τεχνολογία ελκυστική για επιχειρήσεις είναι: 1) η δυνατότητα κλιμάκωσης (scalability), δηλαδή η άμεση αύξηση ή μείωση πόρων ανάλογα με τη ζήτηση, 2) η ευελιξία πρόσβασης από οποιοδήποτε σημείο, και 3) το μοντέλο πληρωμής ανά χρήση (pay-as-you-go), που εξαλείφει την ανάγκη για μεγάλες εκ των προτέρων επενδύσεις σε υποδομή (Yang et al., 2025). Αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν ιδιαίτερα κατάλληλο εργαλείο για τη διαχείριση σύνθετων δικτύων εφοδιασμού.

Η ενσωμάτωση του cloud computing στην εφοδιαστική αλυσίδα ανοίγει ένα ευρύ φάσμα πρακτικών εφαρμογών. Αρχικά, προσφέρει πραγματικού χρόνου ορατότητα (real-time visibility) σε όλα τα στάδια της αλυσίδας, επιτρέποντας έτσι ταχύτερη ανίχνευση προβλημάτων και λήψη αποφάσεων (Yenugula et al., 2023). Επιπλέον, διευκολύνει σημαντικά τη συνεργασία μεταξύ εταιρών ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης, καθώς όλοι οι εμπλεκόμενοι μπορούν να μοιράζονται δεδομένα σε κοινή πλατφόρμα σε πραγματικό χρόνο (Yenugula et al., 2023). Εξίσου σημαντικό είναι ότι το cloud λειτουργεί ουσιαστικά ως η ενοποιητική τεχνολογική υποδομή πάνω στην οποία «τρέχουν» άλλες σύγχρονες τεχνολογίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, το IoT και το blockchain. Χωρίς cloud, η αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών σε μεγάλη κλίμακα θα ήταν πρακτικά αδύνατη (Büyüközkan & Göçer, 2018).

Παρά τις σημαντικές δυνατότητες που προσφέρει, η υιοθέτηση του cloud computing συνοδεύεται από προκλήσεις που δεν πρέπει να υποτιμηθούν. Το ζήτημα της ασφάλειας δεδομένων παραμένει κεντρικό: η αποθήκευση ευαίσθητων εμπορικών πληροφοριών σε εξωτερικούς παρόχους αυξάνει τον κίνδυνο παραβίασης, και πολλές επιχειρήσεις δεν αισθάνονται σίγουρες ότι τα δεδομένα τους είναι πλήρως προστατευμένα (Yenugula et al., 2023). Παράλληλα, ο κίνδυνος vendor lock – in, δηλαδή η εξάρτηση από έναν συγκεκριμένο πάροχο που δυσκολεύει ή καθιστά κοστοβόρα τη μετάβαση σε άλλο, αποτελεί ανασχετικό παράγοντα, ειδικά για μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις (Yenugula et al., 2023). Η έλλειψη τυποποίησης μεταξύ διαφορετικών cloud παρόχων δυσκολεύει επίσης την ενοποίηση συστημάτων κατά μήκος της αλυσίδας, ενώ η μετάβαση από παλαιές υποδομές (legacy

systems) απαιτεί σημαντική επένδυση χρόνου, χρήματος και αλλαγής εσωτερικής κουλτούρας (Yenugula et al., 2023). Η αντιμετώπιση αυτών των εμποδίων δεν είναι αποκλειστικά τεχνική υπόθεση. Απαιτεί οργανωσιακή ωριμότητα και στρατηγική δέσμευση από την ηγεσία (Büyüközkan & Göçer, 2018).

2.4.5. Big Data Analytics

Η ραγδαία ψηφιοποίηση των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και η εκρηκτική αύξηση του όγκου των δεδομένων που παράγονται καθημερινά από πελάτες, προμηθευτές και συνδεδεμένες συσκευές οδήγησαν στην ανάδυση της έννοιας των Big Data, δηλαδή συνόλων δεδομένων τόσο μεγάλων και σύνθετων που ξεπερνούν τις δυνατότητες των παραδοσιακών συστημάτων διαχείρισης βάσεων (Oncioiu et al., 2019). Αρχικά, η έννοια περιγράφηκε μέσω του πλαισίου των «3V»: volume (όγκος), velocity (ταχύτητα παραγωγής και μετάδοσης) και variety (ποικιλία δομημένων και μη δομημένων δεδομένων) (Oncioiu et al., 2019), ενώ αργότερα επεκτάθηκε στα «5V» με την προσθήκη της veracity, που αφορά την αξιοπιστία και την ποιότητα των δεδομένων, και της value, που αναδεικνύει τη δυνατότητα αξιοποίησής τους για τη λήψη αποφάσεων (Oncioiu et al., 2019). Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά, το Big Data Analytics (BDA) ορίζεται ως η ολιστική προσέγγιση διαχείρισης και ανάλυσης μεγάλων συνόλων δεδομένων με σκοπό τη μετατροπή τους σε πληροφορία υψηλής αξίας που υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων και την επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Lee & Mangalaraj, 2022). Οι τεχνικές του BDA διακρίνονται συνήθως σε τρεις κατηγορίες που αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα ωριμότητας: την περιγραφική ανάλυση (descriptive analytics), η οποία απαντά στο ερώτημα «τι συνέβη» μέσω επεξεργασίας ιστορικών δεδομένων και βασικών στατιστικών αναφορών, την προβλεπτική ανάλυση (predictive analytics), η οποία αξιοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης και στατιστικούς αλγορίθμους για να εκτιμήσει «τι πρόκειται να συμβεί» και την κανονιστική ανάλυση (prescriptive analytics), η οποία προχωρά ένα βήμα παραπέρα προτείνοντας συγκεκριμένες ενέργειες μέσω τεχνικών βελτιστοποίησης και προσομοίωσης, ώστε να απαντήσει στο ερώτημα «τι πρέπει να κάνουμε» (Oncioiu et al., 2019· Lee & Mangalaraj, 2022).

Οι εφαρμογές του Big Data Analytics στην εφοδιαστική αλυσίδα καλύπτουν σχεδόν το σύνολο των λειτουργιών της, από τον σχεδιασμό και την προμήθεια μέχρι την παραγωγή, τη διανομή και την εξυπηρέτηση μετά την πώληση. Μία από τις πιο διαδεδομένες χρήσεις αφορά την πρόβλεψη ζήτησης, όπου η δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλων όγκων ιστορικών και σε πραγματικό χρόνο δεδομένων επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εκτιμούν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ανάγκες της αγοράς και να προσαρμόζουν ανάλογα τα αποθέματα και την παραγωγή τους

(Alsolbi et al., 2023). Εξίσου σημαντική είναι η συμβολή των BDA στη βελτιστοποίηση των logistics και της μεταφοράς, όπου ο συνδυασμός δεδομένων από αισθητήρες, συστήματα RFID και εξωτερικές πηγές όπως τα μετεωρολογικά αρχεία επιτρέπει πιο αποδοτικές αποφάσεις δρομολόγησης (Alsolbi et al., 2023). Τα BDA αξιοποιούνται επίσης εκτενώς στην αξιολόγηση προμηθευτών και τη διαχείριση κινδύνου. Στον χρηματοοικονομικό τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας, μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση πιστωτικού κινδύνου συνεργατών με μεγαλύτερη ακρίβεια από κλασικές μεθόδους παλινδρόμησης (Lee & Mangalaraj, 2022). Παράλληλα, καθώς οι αλυσίδες γίνονται ολοένα και πιο ψηφιοποιημένες, η ανίχνευση ανωμαλιών και κυβερνοεπιθέσεων αναδεικνύεται σε κρίσιμη εφαρμογή. Τεχνικές όπως random forest και logistic regression έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές στην πρόβλεψη μοτίβων επιθέσεων σε cyber supply chains (Lee & Mangalaraj, 2022). Τέλος, μία από τις πιο σύγχρονες και ταχέως αναπτυσσόμενες κατευθύνσεις αφορά τη συμβολή των BDA στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και ειδικότερα στην απαλλαγή της εφοδιαστικής αλυσίδας από τον άνθρακα. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων επιτρέπει την παρακολούθηση εκπομπών σε πραγματικό χρόνο, τη βελτιστοποίηση δρομολογίων μεταφοράς με γνώμονα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την υποστήριξη πρακτικών κυκλικής οικονομίας μέσω της αποτελεσματικότερης αντιστοίχισης ροών υλικών και αποβλήτων (Kumar et al., 2024).

Ωστόσο, η μετάβαση από τη θεωρητική αξία των BDA στην πρακτική τους υιοθέτηση συναντά αρκετά εμπόδια. Το πιο θεμελιώδες αφορά την ποιότητα και ακεραιότητα των ίδιων των δεδομένων όταν αυτά συγκεντρώνονται από πολλαπλές ετερογενείς πηγές, όπως αισθητήρες, συστήματα ERP, πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου, μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Συχνά είναι ελλιπή, μη τυποποιημένα ή ασύμβατα μεταξύ τους, με αποτέλεσμα η αξιοπιστία των αναλύσεων να υπονομεύεται πριν καν ξεκινήσει η επεξεργασία (Alsolbi et al., 2023). Ένα δεύτερο ζήτημα αφορά την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια, καθώς η συγκέντρωση ευαίσθητων πληροφοριών για πελάτες και συνεργάτες δημιουργεί νομικούς και ηθικούς κινδύνους, οι οποίοι εντείνονται υπό το πρίσμα ρυθμιστικών πλαισίων όπως ο Ευρωπαϊκός Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (Lee & Mangalaraj, 2022). Το κόστος αποθήκευσης και επεξεργασίας αποτελεί επίσης σημαντικό περιορισμό, ιδιαίτερα για μικρότερες επιχειρήσεις. Παρότι πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα όπως το Hadoop, το MapReduce και το Apache Cassandra προσφέρουν πιο προσιτές λύσεις για τη διαχείριση τεράστιων όγκων δεδομένων (Alsolbi et al., 2023), η απαιτούμενη υποδομή και τεχνογνωσία παραμένουν απαγορευτικές για πολλούς οργανισμούς. Οι Lee & Mangalaraj (2022) εντοπίζουν ως κυρίαρχα εμπόδια την έλλειψη υποδομών, την πολυπλοκότητα ενσωμάτωσης δεδομένων και το υψηλό κόστος

επένδυσης. Τέλος, η ίδια η τεχνολογία δεν αρκεί χωρίς το κατάλληλο ανθρώπινο δυναμικό. Η ανάγκη για εξειδικευμένους αναλυτές με συνδυασμό γνώσεων στατιστικής, μηχανικής μάθησης και κατανόησης των επιχειρησιακών διαδικασιών αναδεικνύεται ως από τα πιο επίμονα κενά. Οι Lee & Mangalaraj (2022) καταλήγουν ότι η έλλειψη δεξιοτήτων, σε συνδυασμό με την απουσία υποστήριξης από την ανώτατη διοίκηση, αποτελεί τον πιο κρίσιμο ανασταλτικό παράγοντα, υπογραμμίζοντας ότι η επιτυχής αξιοποίηση των BDA προϋποθέτει οργανωσιακή ωριμότητα εξίσου με τεχνολογική επάρκεια.

2.4.6. Λοιπές Τεχνολογίες

Πέρα από τις πέντε βασικές τεχνολογίες που αναλύθηκαν, η βιβλιογραφία αναγνωρίζει ένα ευρύτερο σύνολο συμπληρωματικών τεχνολογιών, οι οποίες λειτουργούν ως «ενδιάμεσοι κρίκοι» που τροφοδοτούν ή επιταχύνουν τα κυρίαρχα συστήματα. Τρεις από αυτές αξίζει να αναφερθούν ξεχωριστά.

Η πρώτη είναι η τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification), που λειτουργεί ως το «αισθητήριο» πολλών εφαρμογών IoT και blockchain. Πρόκειται για μικρές ετικέτες τοποθετημένες σε προϊόντα ή εμπορευματοκιβώτια, οι οποίες μεταδίδουν την ταυτότητα του αντικειμένου σε κατάλληλο αναγνώστη χωρίς να απαιτείται οπτική επαφή. Η σημασία τους έγκειται στην αυτοματοποιημένη παρακολούθηση μεγάλου όγκου προϊόντων και στην άμεση επαλήθευση αυθεντικότητας για την καταπολέμηση της παραποίησης (Taj et al., 2023). Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται ως ο μηχανισμός που «γεμίζει» το blockchain με αξιόπιστα δεδομένα από τον φυσικό κόσμο (Ben-Daya et al., 2022).

Η δεύτερη τεχνολογία είναι το Edge Computing, που αποτελεί εξέλιξη του cloud και στοχεύει να φέρει την υπολογιστική ισχύ στην «άκρη» του δικτύου, κοντά στο σημείο παραγωγής των δεδομένων. Αντί όλες οι πληροφορίες να αποστέλλονται σε απομακρυσμένα data centers, το edge computing επιτρέπει την τοπική ανάλυση και λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο με ελάχιστη καθυστέρηση (Najafi et al., 2022). Αυτό είναι κρίσιμο σε εφαρμογές όπου η ταχύτητα αντίδρασης είναι καθοριστική, όπως η προσαρμογή διαδρομών οχημάτων ή ο έλεγχος ποιότητας σε παραγωγική γραμμή. Η βιβλιογραφία το αναγνωρίζει ως απαραίτητο συμπλήρωμα του cloud, ιδίως σε βιομηχανίες με υψηλό όγκο δεδομένων (Najafi et al., 2022).

Η τρίτη τεχνολογία είναι τα δίκτυα 5G, τα οποία λειτουργούν ως «νευρικό σύστημα» διασύνδεσης των υπόλοιπων τεχνολογιών. Προσφέρουν υψηλές ταχύτητες, εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και δυνατότητα σύνδεσης τεράστιου αριθμού συσκευών ταυτόχρονα — χαρακτηριστικά απαραίτητα για περιβάλλοντα όπου άνθρωποι, ρομπότ, οχήματα και

αισθητήρες επικοινωνούν αδιάκοπα (Chen, Wang & Zhang, 2024). Συνολικά, RFID, edge computing και 5G δεν ανταγωνίζονται τις κύριες τεχνολογίες αλλά λειτουργούν ως υποδομή διασύνδεσης

2.5. Αποτελέσματα και Προκλήσεις Ψηφιακού Μετασχηματισμού Εφοδιαστικών Αλυσίδων

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν αποτελεί αυτοσκοπό. Η αξία του κρίνεται από τα συγκεκριμένα αποτελέσματα που παράγει στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η βιβλιογραφία δείχνει ότι η συνδυαστική υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών δεν βελτιώνει απλώς μεμονωμένες διαδικασίες, αλλά δημιουργεί αλυσιδωτά οφέλη σε πολλαπλά επίπεδα ταυτόχρονα. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργική αποδοτικότητα (που συνδέεται με ταχύτητα, κόστος, ποιότητα, ευελιξία) αλλά και να ενισχύσει τις οργανωτικές ικανότητες και τη βιωσιμότητα (Jing & Fan, 2024). Ταυτόχρονα, ενδυναμώνει ικανότητες της αλυσίδας εφοδιασμού που είναι κρίσιμες σε συνθήκες αβεβαιότητας, όπως η ανταλλαγή πληροφοριών, η ολοκλήρωση δραστηριοτήτων, η ανταπόκριση σε αλλαγές και η συνεργασία μεταξύ εταίρων (Ning & Yao, 2023). Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις ευρύτερες κατηγορίες: λειτουργικά, οργανωτικά, πελατοκεντρικά και περιβαλλοντικά. Στις ενότητες που ακολουθούν, κάθε κατηγορία εξετάζεται αναλυτικά, αναδεικνύοντας πώς οι συγκεκριμένες τεχνολογίες συμβάλλουν στην επίτευξη κάθε τύπου αποτελέσματος.

2.5.1. Λειτουργικό Επίπεδο

Ένα από τα πιο θεμελιώδη λειτουργικά αποτελέσματα του ψηφιακού μετασχηματισμού στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι η ενίσχυση της διαφάνειας και της ιχνηλασιμότητας, δηλαδή η δυνατότητα εντοπισμού ανά πάσα στιγμή ενός προϊόντος, από πού προήλθε και τι συνέβη σε κάθε στάδιο. Η τεχνολογία blockchain, εξασφαλίζει διαφάνεια, ιχνηλασιμότητα και ασφάλεια, καθώς κάθε συναλλαγή καταγράφεται σε ένα αμετάβλητο αρχείο που μοιράζονται όλοι οι εμπλεκόμενοι, χωρίς κανείς να μπορεί να αλλοιώσει τα δεδομένα μονομερώς (Saber et al., 2019). Παράλληλα, η τεχνολογία IoT ενισχύει ακόμη περισσότερο τη διαφάνεια στην εφοδιαστική αλυσίδα: αισθητήρες τοποθετούνται σε προϊόντα ή μεταφορικά μέσα και παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με θερμοκρασία, υγρασία, τοποθεσία, τα οποία μπορεί κάθε εμπλεκόμενος να παρακολουθεί, διευκολύνοντας τη συνεργασία μεταξύ όλων των μερών (Ben-Daya et al., 2022). Μάλιστα, η χρήση RFID και έξυπνων ετικετών καθιστά ευκολότερο τον εντοπισμό πλαστών προϊόντων, κάτι που παλαιότερα ήταν εξαιρετικά δύσκολο (Taj et al., 2023). Ωστόσο, η διαφάνεια δεν είναι πάντα αμιγώς θετική. Όπως

αναδεικνύουν οι Cui et al. (2024), η κοινοποίηση δεδομένων μέσω blockchain δημιουργεί ένα δίλημμα: η μεγαλύτερη πρόσβαση σε πληροφορίες βελτιώνει τις λειτουργικές αποφάσεις, αλλά ταυτόχρονα οι συμμετέχοντες ανησυχούν ότι θα αποκαλύψουν ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. Στην πράξη, πολλές εφαρμογές blockchain παραμένουν περιορισμένες σε ανταλλαγή πληροφοριών ένας-προς-έναν, ακριβώς επειδή οι επιχειρήσεις διστάζουν να μοιραστούν δεδομένα με ανταγωνιστές, και η λύση φαίνεται να βρίσκεται στον σχεδιασμό blockchain με κατάλληλο επίπεδο ελέγχου πρόσβασης, ώστε κάθε μέρος να βλέπει μόνο τις πληροφορίες που χρειάζεται (Cui et al., 2024).

Πέρα από τη διαφάνεια, ένα δεύτερο κρίσιμο λειτουργικό αποτέλεσμα είναι η μείωση κόστους σε πολλαπλά σημεία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε σύνθετες αλυσίδες, η καταγραφή και μεταφορά πληροφοριών μεταξύ πολλών εμπλεκομένων είναι από μόνη της δαπανηρή και απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να μειώσει σημαντικά αυτά τα κόστη, κυρίως μέσω των έξυπνων συμβολαίων (smart contracts), δηλαδή αυτοεκτελούμενων ψηφιακών συμφωνιών που ενεργοποιούνται αυτόματα όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, εξαλείφοντας την ανάγκη για μεσάζοντες (Duan et al., 2023). Ταυτόχρονα, ο συνδυασμός blockchain με AI μπορεί να ελέγξει την κατανάλωση ενέργειας και να αποκαλύψει κρυφές οικονομικές ασυνέπειες στην αλυσίδα εφοδιασμού (Duan et al., 2023). Βέβαια, οι Duan et al. (2023) επισημαίνουν ότι η εφαρμογή blockchain δεν αποδίδει πάντα οικονομικά, καθώς η αρχική επένδυση σε υποδομές μπορεί να υπερβαίνει τα αναμενόμενα οφέλη, ιδιαίτερα σε μικρότερους οργανισμούς. Από την πλευρά της τεχνητής νοημοσύνης, ο Mohsen (2023) αναφέρει ότι μπορεί να αναλύσει τεράστιους όγκους δεδομένων, που λαμβάνονται από αισθητήρες, προβλέψεις καιρού, μέσα κοινωνικής δικτύωσης, ώστε να βελτιστοποιήσει τα αποθέματα, τη δρομολόγηση μεταφορών και τον σχεδιασμό logistics, μειώνοντας τη σπατάλη και τα λειτουργικά έξοδα. Η αυτοματοποίηση αποθηκών μέσω AI, για παράδειγμα, επιτρέπει τη γρήγορη ανάκτηση και αποστολή εμπορευμάτων με ελάχιστη ανθρώπινη εμπλοκή (Mohsen, 2023). Σε παρόμοια κατεύθυνση, οι λύσεις cloud computing μειώνουν τα κόστη υποδομής, καθώς οι επιχειρήσεις δεν χρειάζεται πλέον να επενδύουν σε ακριβούς τοπικούς servers αλλά μπορούν να χρησιμοποιήσουν κλιμακούμενες υπηρεσίες στο cloud, πληρώνοντας μόνο για την υπολογιστική ισχύ που πραγματικά καταναλώνουν (Yenugula et al., 2023). Συνοπτικά, ο ψηφιακός μετασχηματισμός συνδέεται με τη μείωση κόστους αποθεμάτων και συντονισμού, καθώς βοηθά τις επιχειρήσεις να διαχειρίζονται αποτελεσματικότερα τόσο τους προμηθευτές (upstream) όσο και τους πελάτες τους (downstream) (Jing & Fan, 2024).

Στενά συνδεδεμένη με τη μείωση κόστους είναι και η μείωση χρόνου στην εφοδιαστική αλυσίδα, που στην πράξη σημαίνει ταχύτερες αποφάσεις, πιο σύντομους κύκλους παραγωγής και γρηγορότερη παράδοση στον τελικό πελάτη. Η τεχνητή νοημοσύνη παίζει κεντρικό ρόλο σε αυτό: αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για πρόβλεψη ζήτησης, αξιοποιώντας τεράστια σύνολα δεδομένων για να εντοπίζουν μοτίβα και να παράγουν ακριβείς εκτιμήσεις. Καθώς αυτοί οι αλγόριθμοι μαθαίνουν και προσαρμόζονται συνεχώς, η ταχύτητα λήψης αποφάσεων αυξάνεται σημαντικά (Jackson et al., 2024). Πέρα από τις προβλέψεις, το ΑΙ επιταχύνει και τον σχεδιασμό παραγωγής: κατάλληλες μεθοδολογίες μπορούν να προβλέψουν την πρόοδο παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, βοηθώντας τη δυναμική βελτιστοποίηση των παραγωγικών διαδικασιών και διασφαλίζοντας την έγκαιρη παράδοση παραγγελιών (Jackson et al., 2024). Από την πλευρά του IoT, οι Taj et al. (2023) τονίζουν ότι η χρήση αισθητήρων και τεχνολογίας GPS στη διαχείριση αποστολών έχει βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των logistics, καθώς η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο μειώνει τους χρόνους αναμονής, τις καθυστερήσεις στη διανομή και τους αδικαιολόγητους χρόνους αδράνειας. Συμπερασματικά, ο χρόνος στην εφοδιαστική αλυσίδα, μεταφράζεται τελικά σε χρήμα και σε ικανοποίηση πελατών.

Τέλος, ένα επιπλέον λειτουργικό αποτέλεσμα είναι η αύξηση της ακρίβειας σε κρίσιμες διαδικασίες, από τις προβλέψεις ζήτησης μέχρι τον ποιοτικό έλεγχο. Η τεχνολογία blockchain, μέσω της αμετάβλητης καταγραφής συναλλαγών και της χρήσης ψηφιακών υπογραφών, εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα σε κάθε σημείο της αλυσίδας είναι αυθεντικά και δεν έχουν αλλοιωθεί (Sharabati & Jreisat, 2024), ενώ παράλληλα το IoT παρέχει ακρίβεια τοποθεσίας. Στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης, ο Mohsen (2023) αναφέρει ότι το ΑΙ μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις προβλέψεις ζήτησης και τη βελτιστοποίηση αποθεμάτων, ενώ η παρακολούθηση και επιθεώρηση προϊόντων κατά τη διάρκεια παραγωγής και μεταφοράς μέσω αλγορίθμων ΑΙ μειώνει τον κίνδυνο ελαττωματικών προϊόντων. Αυτό που αναδεικνύεται από τη βιβλιογραφία είναι ότι η ακρίβεια μετατρέπεται σε χαμηλότερα κόστη, λιγότερη σπατάλη και υψηλότερη ποιότητα προϊόντων, δημιουργώντας ένα αλληλοτροφοδοτούμενο κύκλο βελτίωσης σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα.

2.5.2. Οργανωτικό Επίπεδο

Πέρα από τα λειτουργικά οφέλη που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, ο ψηφιακός μετασχηματισμός επηρεάζει βαθιά και τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί δομούν, ελέγχουν και διασφαλίζουν τις διαδικασίες τους. Επομένως παράγει σημαντικά οργανωτικά αποτελέσματα. Ένα από τα πιο κρίσιμα αφορά την ασφάλεια δεδομένων και τη δυνατότητα

ελέγχου (auditability), δηλαδή τη δυνατότητα κάθε συναλλαγή ή ενέργεια στην εφοδιαστική αλυσίδα να μπορεί να επαληθευτεί εκ των υστέρων από κάθε εμπλεκόμενο μέρος. Η ανάλυση των Han και Fang (2024) στον τομέα blockchain και SCM αναδεικνύει ότι η ασφάλεια και η δυνατότητα ελέγχου αποτελούν βασικούς λόγους υιοθέτησης της τεχνολογίας blockchain στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Η αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική του blockchain, δηλαδή το γεγονός ότι τα δεδομένα δεν αποθηκεύονται σε έναν κεντρικό server αλλά κατανέμονται σε πολλαπλούς κόμβους, σε συνδυασμό με τις κρυπτογραφικές τεχνικές, εξασφαλίζει ότι οι πληροφορίες δεν μπορούν να αλλοιωθούν χωρίς τη συναίνεση του δικτύου (Saber et al., 2019). Αυτή η αμεταβλητότητα (immutability) σημαίνει στην πράξη ότι κάθε κίνηση ενός προϊόντος ή μιας πληρωμής αφήνει μόνιμο ίχνος, δημιουργώντας ένα πλήρες ιστορικό ελέγχου (audit trail). Αυτό είναι εξαιρετικά χρήσιμο τόσο για εσωτερικούς ελέγχους όσο και για κανονιστική συμμόρφωση. Ωστόσο, όπως επισημαίνουν οι Cui et al. (2024), η ασφάλεια δεν εξαρτάται μόνο από την τεχνολογία αλλά και από τον σχεδιασμό του συστήματος: σε εφοδιαστικές αλυσίδες όπου συμμετέχουν ανταγωνιστές, απαιτούνται μηχανισμοί ελέγχου πρόσβασης (access control layers) που επιτρέπουν σε κάθε μέρος να βλέπει μόνο τα δεδομένα που αφορούν τον ρόλο του, ώστε να διατηρείται η ασφάλεια χωρίς να θυσιάζεται η εμπιστευτικότητα.

Η ασφάλεια και η δυνατότητα ελέγχου που προσφέρουν οι ψηφιακές τεχνολογίες αποτελούν, στην ουσία, θεμέλιο για ένα δεύτερο οργανωτικό αποτέλεσμα: την ενίσχυση της εμπιστοσύνης και της συνεργασίας μεταξύ των εταίρων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε παραδοσιακές αλυσίδες, η έλλειψη εμπιστοσύνης είναι ένα χρόνιο πρόβλημα: κάθε μέρος ανησυχεί ότι τα δεδομένα που μοιράζεται μπορεί να χρησιμοποιηθούν εναντίον του ή ότι οι συμφωνίες δεν θα τηρηθούν. Η τεχνολογία blockchain αντιμετωπίζει αυτό το πρόβλημα δημιουργώντας ένα περιβάλλον «χωρίς ανάγκη εμπιστοσύνης» (trustless environment). Πρόκειται για έναν φαινομενικά παράδοξο όρο που σημαίνει ότι τα μέρη δεν χρειάζεται να εμπιστεύονται το ένα το άλλο, γιατί εμπιστεύονται το ίδιο το σύστημα (Saber et al., 2019). Τα έξυπνα συμβόλαια εκτελούνται αυτόματα όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις, εξαλείφοντας τον κίνδυνο αθέτησης. Αυτή η μηχανική εμπιστοσύνη, που βασίζεται στον κώδικα και όχι στις προσωπικές σχέσεις, ενθαρρύνει τη συνεργασία ακόμα και μεταξύ εταίρων που δεν έχουν μακροχρόνια σχέση. Η βιβλιογραφία δείχνει ότι η πρακτική υιοθέτηση δεν είναι τόσο απλή. Οι Zhang et al. (2025) εντοπίζουν τη συνεργασία μεταξύ εταίρων ως ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια στην εφαρμογή blockchain: απαιτείται κοινό όραμα, επαρκής αριθμός συμμετεχόντων και διάθεση μοιρασιάς γνώσης, ενώ συχνά οι εταίροι διστάζουν λόγω αβεβαιότητας σχετικά με την απόδοση της

επένδυσης (Zhang et al., 2025). Παράλληλα, οι λύσεις cloud computing διευκολύνουν τη συνεργασία μέσω κοινών πλατφορμών που επιτρέπουν στους εταίρους να μοιράζονται πληροφορίες, να συντονίζουν τις ενέργειές τους και να επιλύουν προβλήματα σε πραγματικό χρόνο (Yenugula et al., 2023). Οι λύσεις αυτές μειώνουν τα εμπόδια στην επικοινωνία, καθώς δεν απαιτούν από κάθε εταίρο να διαθέτει δική του υποδομή. Πέρα όμως από τη συνεργασία μεταξύ ήδη υπάρχοντων εταίρων, ένα ακόμη οργανωτικό ζήτημα αφορά την ικανότητα του δικτύου να επεκτείνεται, ενσωματώνοντας νέους εταίρους ή νέες αγορές. Σε αυτό το πλαίσιο, η τεχνολογία blockchain μπορεί να υποστηρίξει κλιμάκωση μέσω πρόσβασης σε κλιμακούμενες βάσεις δεδομένων και ολοκλήρωσης δικτύων μεγάλων δεδομένων (Han & Fang, 2024). Παρόλα αυτά, η επεκτασιμότητα του blockchain παραμένει ένα ανοιχτό ζήτημα: όπως επισημαίνουν οι Cui et al. (2024), πολλές εφαρμογές blockchain στις εφοδιαστικές αλυσίδες δεν έχουν ακόμα αποδείξει ότι μπορούν να λειτουργήσουν σε μεγάλη κλίμακα, καθώς η ανάγκη συναίνεσης μεταξύ πολλαπλών κόμβων δημιουργεί καθυστερήσεις που αυξάνονται όσο μεγαλώνει το δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι, ενώ η επεκτασιμότητα μέσω cloud είναι πλέον αρκετά ώριμη τεχνολογικά, η αντίστοιχη επεκτασιμότητα μέσω blockchain βρίσκεται ακόμη σε φάση εξέλιξης, κάτι που αποτελεί σημαντική πρόκληση για τον μελλοντικό σχεδιασμό ψηφιακών εφοδιαστικών αλυσίδων.

Ένα τρίτο οργανωτικό αποτέλεσμα που αναδύεται με σαφήνεια από τη βιβλιογραφία είναι η βελτιστοποίηση των αποφάσεων σε όλο το εύρος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι αποφάσεις στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας ήταν παραδοσιακά βασισμένες στην εμπειρία και τη διαίσθηση των στελεχών, αλλά σε ένα περιβάλλον με εκατομμύρια δεδομένα και αλληλεξαρτήσεις, αυτή η προσέγγιση δεν αρκεί πλέον. Η τεχνητή νοημοσύνη μετατοπίζει τη λήψη αποφάσεων προς μια κατεύθυνση που βασίζεται σε δεδομένα (data-driven). Οι Jackson et al. (2024) αναδεικνύουν ότι οι ικανότητες prediction και reasoning του AI μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά τη λήψη αποφάσεων, καθώς οι αλγόριθμοι αναλύουν μεγάλους όγκους δεδομένων, εντοπίζουν μοτίβα και προτείνουν βέλτιστες λύσεις, από τη δρομολόγηση μεταφορών μέχρι τη στρατηγική τιμολόγηση και τη διαχείριση αποθεμάτων. Στο πεδίο των big data analytics, οι Lee και Mangalaraj (2022) εντοπίζουν ότι η έρευνα αξιοποίησης τους στο SCM αναπτύσσεται ραγδαία, αλλά αρκετά πεδία, όπως η χρήση προηγμένων τεχνικών prescriptive analytics, δηλαδή αναλύσεων που δεν προβλέπουν απλώς αλλά και προτείνουν συγκεκριμένες δράσεις, παραμένουν σχετικά ανεξερευνήτα. Από την πλευρά της απανθρακοποίησης, οι Kumar et al. (2024) δείχνουν ότι η ανάλυση μεγάλων δεδομένων υποστηρίζει αποφάσεις σε τρεις κατευθύνσεις: τη χρήση προβλεπτικής ανάλυσης (predictive

analytics) για την πρόγνωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, τη μοντελοποίηση βιώσιμων δικτύων εφοδιασμού, και την αξιολόγηση στρατηγικών μείωσης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Στην ουσία, το AI και τα big data δεν αντικαθιστούν τη διοικητική κρίση αλλά τη διευρύνουν, δίνοντας στα στελέχη πρόσβαση σε πληροφορίες και αναλύσεις που δεν θα μπορούσαν να επεξεργαστούν χειροκίνητα.

Τέλος, ένα τέταρτο οργανωτικό αποτέλεσμα που αναδεικνύεται με ιδιαίτερη ένταση στη σύγχρονη βιβλιογραφία είναι η μείωση κινδύνων. Πρόκειται για κάτι εξαιρετικά κρίσιμο σε μια εποχή όπου οι εφοδιαστικές αλυσίδες αντιμετωπίζουν ολοένα και πιο συχνές διαταραχές, από πανδημίες και γεωπολιτικές εντάσεις μέχρι ακραία καιρικά φαινόμενα. Η τεχνητή νοημοσύνη, σύμφωνα με τους Belhadi et al. (2022), διαθέτει τη δυνατότητα να υποστηρίξει τις δυναμικές ικανότητες αντίληψης, αξιοποίησης και μετασχηματισμού (sensing, seizing, transforming), δηλαδή να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να εντοπίσουν έγκαιρα τους κινδύνους, να αξιολογήσουν τις επιλογές τους και να αναδιαρθρώσουν τους πόρους τους (Belhadi et al., 2022). Σε αυτή τη λογική, η ανάλυση των Han και Fang (2024) επιβεβαιώνει ότι η τεχνολογία blockchain μπορεί να μειώσει κινδύνους μέσα από την παρακολούθηση logistics σε πραγματικό χρόνο, την ιχνηλάτηση ελαττωματικών προϊόντων και τον σχεδιασμό πόρων αποθεμάτων (Han & Fang, 2024). Από μια πιο πρακτική σκοπιά, οι Ben-Daya et al. (2022) δείχνουν πώς η τεχνολογία IoT συμβάλλει στη μείωση κινδύνων μέσω της συντήρησης βάσει κατάστασης (condition-based maintenance): αισθητήρες σε μηχανήματα και οχήματα ανιχνεύουν αποκλίσεις στις παραμέτρους λειτουργίας, όπως θερμοκρασία, κραδασμούς, πίεση, και αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης εντοπίζουν μοτίβα που υποδηλώνουν επικείμενη βλάβη, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να επεμβαίνουν πριν συμβεί η αστοχία. Αυτή η δυνατότητα προληπτικής αντίδρασης, αντί αντιδραστικής, μπορεί να έχει τεράστιο αντίκτυπο στη λειτουργική συνέχεια, στην ποιότητα υπηρεσιών και τελικά στην οικονομική σταθερότητα ολόκληρης της αλυσίδας εφοδιασμού.

2.5.3. Πελατοκεντρικά Επίπεδο

Ένα από τα σημαντικότερα πελατοκεντρικά αποτελέσματα του ψηφιακού μετασχηματισμού στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι η βελτίωση της ικανοποίησης πελατών. Αν και φαίνεται προφανής, ο στόχος αυτός στην πράξη εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων που λειτουργούν πίσω από τα «παρασκήνια» της αλυσίδας. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός βελτιώνει την ικανοποίηση πελατών όχι μέσα από μια μοναδική τεχνολογία, αλλά μέσα από τη συνδυαστική δράση πολλαπλών τεχνολογιών που, στο σύνολο τους, κάνουν την αλυσίδα πιο ακριβή και ευέλικτη. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός επιτρέπει στις επιχειρήσεις να κατανοούν καλύτερα

τις ανάγκες των πελατών, να χτίζουν ισχυρότερες σχέσεις μαζί τους, και να μοιράζονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, παράγοντες που κάνουν τις αλυσίδες πιο ευέλικτες και τελικά βελτιώνουν τη συνολική επιχειρηματική απόδοση (στο Jing & Fan, 2024). Στην ίδια κατεύθυνση, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναλύσει δεδομένα καταναλωτικής συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο, να βελτιστοποιήσει τα αποθέματα ώστε να αποφεύγονται ελλείψεις, και να αυτοματοποιήσει τη δρομολόγηση παραδόσεων, μειώνοντας τους χρόνους παράδοσης. Ο Mohsen (2023) αναφέρει, μάλιστα, ότι τα chatbots και οι εικονικοί βοηθοί με ΑΙ έχουν βελτιώσει την εξυπηρέτηση πελατών, παρέχοντας άμεσες και ακριβείς απαντήσεις σε ερωτήματα, κάτι που οδηγεί σε υψηλότερα επίπεδα ικανοποίησης, συγκράτησης πελατών και αύξησης πωλήσεων. Παράλληλα, οι λύσεις cloud computing συμβάλλουν στη βελτίωση της πελατειακής εμπειρίας από μια εντελώς διαφορετική γωνία: προσφέρουν πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, δυνατότητα δημιουργίας προσαρμοσμένων dashboards που εμφανίζουν βασικούς δείκτες απόδοσης (KPIs), και εργαλεία προβλεπτικής ανάλυσης που επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να προβλέπουν τη ζήτηση και να προσαρμόζουν τις στρατηγικές τους εγκαίρως (Yenugula et al., 2023). Με αυτόν τον τρόπο, τα cloud-based εργαλεία δεν βοηθούν μόνο τις εσωτερικές λειτουργίες αλλά μετατρέπονται σε μοχλό βελτίωσης της εμπειρίας που βιώνει ο τελικός πελάτης, από την ταχύτητα παράδοσης μέχρι τη διαθεσιμότητα του προϊόντος. Αυτό που προκύπτει, δηλαδή, είναι ότι η ικανοποίηση πελατών δεν είναι απλώς αποτέλεσμα καλύτερης εξυπηρέτησης στο σημείο επαφής, αλλά αντανάκλαση μιας ολόκληρης αλυσίδας που λειτουργεί πιο αποδοτικά, ακριβέστερα και με μεγαλύτερη ευελιξία.

Ένα δεύτερο πελατοκεντρικό αποτέλεσμα που αναδεικνύεται στη βιβλιογραφία είναι η επεκτασιμότητα (scalability), δηλαδή η ικανότητα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας να αυξάνει ή να μειώνει τις δυνατότητές της ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες, χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένες δομικές αλλαγές. Αυτό σημαίνει, στην πράξη, ότι μια επιχείρηση μπορεί να αντιμετωπίσει μια απότομη αύξηση ζήτησης, π.χ. σε εορταστικές περιόδους ή λόγω viral τάσης, χωρίς η υποδομή της να «σπάσει». Η τεχνολογία cloud computing είναι ο βασικός μοχλός αυτής της δυνατότητας. Οι Yang et al. (2025) δείχνουν ότι η ευέλικτη υποδομή IT που παρέχει το cloud, με χαρακτηριστικά όπως η ελαστικότητα, η δυνατότητα κλιμάκωσης και η καθολική πρόσβαση, επιτρέπει στις επιχειρήσεις να κατανέμουν και να αποδεσμεύουν πόρους δυναμικά, ανάλογα με τη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να χρειάζεται να αγοράσουν εκ των προτέρων ακριβό hardware. Τα εμπειρικά τους ευρήματα επιβεβαιώνουν ότι η ευέλικτη υποδομή IT ενισχύει σημαντικά την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, και μάλιστα η θετική αυτή επίδραση γίνεται ακόμη ισχυρότερη σε συνθήκες αυξημένης αβεβαιότητας στην αγορά

(Yang et al., 2025). Οι Yenugula et al. (2023) ενισχύουν αυτό το εύρημα, τονίζοντας ότι οι cloud-based λύσεις προσφέρουν τη δυνατότητα ταχείας κλιμάκωσης προς τα πάνω ή προς τα κάτω ανάλογα με τις διακυμάνσεις της ζήτησης, επιτρέποντας στους εταίρους της αλυσίδας να αναλύουν μεγαλύτερους όγκους δεδομένων και να βελτιώνουν τη βελτιστοποίηση προβλέψεων.

2.5.4. Περιβαλλοντικό Επίπεδο& ESG

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν αφορά μόνο οικονομική αποδοτικότητα ή καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών, αλλά και τη βιωσιμότητα και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Καθώς οι πιέσεις από νομοθεσία, καταναλωτές και διεθνείς οργανισμούς εντείνονται, οι επιχειρήσεις αναζητούν τρόπους να μετρήσουν, να παρακολουθήσουν και τελικά να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ κατά μήκος ολόκληρης της αλυσίδας εφοδιασμού τους. Σε αυτό το πλαίσιο, η τεχνολογία blockchain αναδεικνύεται ως ένα πολύτιμο εργαλείο: η ιχνηλασιμότητα και η διαφάνεια που προσφέρει επιτρέπουν τον εντοπισμό των λιγότερο βιώσιμων προϊόντων στην αλυσίδα και τη μείωση ρυπογόνων εκπομπών (Zhang et al., 2025). Ειδικότερα, το blockchain μπορεί να συγχρονίσει πληροφορίες σχετικά με τις εκπομπές άνθρακα σε διαφορετικά επίπεδα της αλυσίδας, ενισχύοντας την κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε κάθε στάδιο, από τις πρώτες ύλες μέχρι τη μεταφορά και τη διανομή (Zhang et al., 2025). Εταιρείες όπως η Walmart έχουν ήδη αξιοποιήσει blockchain συστήματα σε συνεργασία με τους εταίρους τους για να παρακολουθούν τη μετακίνηση τροφίμων, μειώνοντας ταυτόχρονα τη σπατάλη και βελτιώνοντας την κοινωνική βιωσιμότητα στην αλυσίδα τροφίμων (Zhang et al., 2025). Παράλληλα, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων παίζει κεντρικό ρόλο στην απανθρακοποίηση. Οι Kumar et al. (2024) δείχνουν ότι τα big data analytics μπορούν να υποστηρίξουν μια σειρά κυκλικών μεθόδων, από τη βελτιστοποίηση της αντιστοίχισης αποβλήτων-πόρων, μέχρι την πρόβλεψη φθοράς προϊόντων, τον σχεδιασμό συντήρησης και τη διαχείριση κατανάλωσης ενέργειας (Kumar et al., 2024). Στην ουσία, η ψηφιακή τεχνολογία δίνει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα να μετατρέψουν τη βιωσιμότητα από μια γενική δέσμευση σε ένα μετρήσιμο και διαχειρίσιμο στόχο, κάτι απαραίτητο για την επίτευξη μηδενικού ισοζυγίου άνθρακα (net-zero) μέχρι το 2050.

Ωστόσο, η σχέση μεταξύ ψηφιακού μετασχηματισμού και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεν είναι μονοδιάστατα θετική. Οι ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν να οδηγήσουν και σε επιδείνωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, μέσω υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης, χρήσης πόρων και δημιουργίας αποβλήτων (Schilling & Seuring, 2024). Αυτό σημαίνει ότι η

ψηφιοποίηση, αν δεν σχεδιαστεί με γνώμονα τη βιωσιμότητα, μπορεί ταυτόχρονα να βελτιώνει κάποιους δείκτες αποδοτικότητας και να επιβαρύνει το περιβάλλον σε άλλες διαστάσεις. Σε παρόμοια κατεύθυνση, οι Kumar et al. (2024) τονίζουν ότι η μελλοντική έρευνα πρέπει να επικεντρωθεί στη διερεύνηση εφαρμογών big data σε συγκεκριμένα πεδία, όπως η πρόβλεψη ζήτησης σε κυκλικές αλυσίδες εφοδιασμού (closed-loop supply chains) και η κοινή χρήση αποθεμάτων σε ενοποιημένες αποθήκες, που μπορούν να μειώσουν τα κόστη μεταφοράς και τις εκπομπές CO₂ ταυτόχρονα. Αυτό που αναδεικνύεται, λοιπόν, είναι ότι τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα του ψηφιακού μετασχηματισμού είναι πραγματικά αλλά υπό προϋποθέσεις: απαιτούν συνειδητό σχεδιασμό, μακροπρόθεσμη στρατηγική σκέψη και ολοκληρωμένη θεώρηση που συμπεριλαμβάνει όχι μόνο τα άμεσα μετρήσιμα οφέλη αλλά και τις αθέατες περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις κατά μήκος ολόκληρης της αλυσίδας.

Συνολικά, αυτό που αναδεικνύεται από την ανασκόπηση των τεσσάρων κατηγοριών αποτελεσμάτων, λειτουργικών, οργανωτικών, πελατοκεντρικών και περιβαλλοντικών, είναι ότι η πραγματική αξία του ψηφιακού μετασχηματισμού δεν βρίσκεται σε κάποια μεμονωμένη τεχνολογία, αλλά στον τρόπο που πολλαπλές τεχνολογίες αλληλοσυμπληρώνονται και λειτουργούν ως ένα ενιαίο οικοσύστημα. Αυτή ακριβώς η ιδέα αποτελεί τον πυρήνα του μοντέλου Resource – Action – Performance (RAP), όπως έχει αναφερθεί στην παρούσα εργασία (Wu et al., 2025). Οι ψηφιακές τεχνολογίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες με διακριτούς ρόλους: αφενός, τεχνολογίες προσανατολισμένες στους πόρους (resource-oriented), όπως το IoT και τα εργαλεία big data, που συλλέγουν και παράγουν δεδομένα· αφετέρου, τεχνολογίες προσανατολισμένες στη δράση (action-oriented), όπως η τεχνητή νοημοσύνη, το blockchain και το cloud computing, που επεξεργάζονται, αναλύουν, μοιράζονται και ερμηνεύουν αυτά τα δεδομένα (Wu et al., 2025). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι επιχειρήσεις δεν πρέπει απλώς να επενδύουν σε μεμονωμένες τεχνολογίες αλλά να σχεδιάζουν ένα ολοκληρωμένο τεχνολογικό οικοσύστημα, όπου κάθε τεχνολογία έχει ξεκάθαρο ρόλο και συμπληρώνει τις υπόλοιπες γύρω από έναν κεντρικό πόρο: τα δεδομένα. Με αυτή τη λογική, τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες: διαφάνεια, μείωση κόστους, εμπιστοσύνη, βελτιστοποίηση αποφάσεων, ικανοποίηση πελατών και βιωσιμότητα, δεν αποτελούν μεμονωμένα οφέλη ξεχωριστών τεχνολογιών, αλλά αναδυόμενες ιδιότητες ενός συστήματος που λειτουργεί συνεργατικά. Η πρόκληση, επομένως, δεν είναι τόσο η υιοθέτηση μιας τεχνολογίας αλλά η ενορχήστρωση πολλών τεχνολογιών σε ένα συνεκτικό σύνολο.

Στους πίνακες 2.5.1 και 2.5.2 απεικονίζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα και οι προκλήσεις του ψηφιακού μετασχηματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Αποτελέσματα/ Βιβλιογραφία	Saberi et al. 2019	Ben-Daya et al. 2022	Taj et al. 2023	Cui et al. 2024	Duan et al. 2023	Mohsen 2023	Yenugula et al. 2023	Jing & Fan 2024	Jackson et al. 2024	Sharabati & Jreisat 2024	Cannas et al. 2024	Han & Fang 2024	Zhang et al. 2025	Lee & Mangalaraj 2022	Kumar et al. 2024	Belhadi et al. 2022
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ																
Ενισχυμένη Διαφάνεια & Ιχνηλασιμότητα (End-to-End Visibility)	✓	✓	✓	✓												
Μείωση Λειτουργικού Κόστους					✓	✓	✓	✓								
Μείωση Χρόνου & Ταχύτερες Διαδικασίες			✓						✓							
Αύξηση Ακρίβειας & Μείωση Λαθών						✓				✓	✓					
Βελτίωση Αποδοτικότητας & Παραγωγικότητας						✓	✓	✓	✓		✓					✓
Καλύτερη Διαχείριση Αποθεμάτων & Πόρων						✓		✓							✓	
Βελτίωση Ποιότητας & Προστασία από Απομμιήσεις	✓	✓	✓							✓						
ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΑ																
Ασφάλεια Δεδομένων & Αμεταβλητότητα Πληροφοριών (Auditability)	✓			✓								✓				
Ενίσχυση Εμπιστοσύνης & Συνεργασίας Μεταξύ Εταίρων	✓						✓						✓			
Βελτιστοποίηση Λήψης Αποφάσεων (AI / Big Data)									✓					✓	✓	
Μείωση Κινδύνων & Πρόληψη Διαταραχών		✓										✓				✓
ΠΕΛΑΤΟΚΕΝΤΡΙΚΑ																
Αύξηση Ικανοποίησης Πελατών & Πωλήσεων						✓	✓	✓								
Επεκτασιμότητα & Οικονομίες Κλίμακας				✓			✓									
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ / ESG																
Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα & ESG													✓		✓	

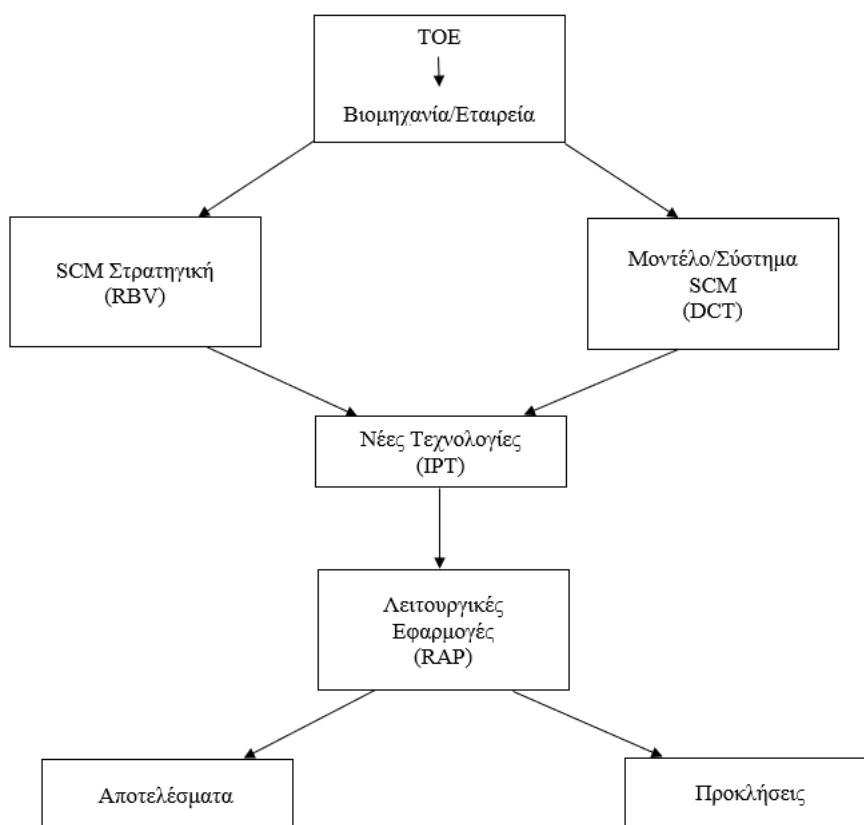
Πίνακας 2.5. 1 Αποτελέσματα ΨΜ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Προκλήσεις / Βιβλιογραφία	Saberi et al. 2019	Ben-Daya et al. 2022	Taj et al. 2023	Cui et al. 2024	Duan et al. 2023	Mohsen 2023	Yenugula et al. 2023	Jackson et al. 2024	Cannas et al. 2024	Han & Fang 2024	Zhang et al. 2025	Lee & Mangalaraj 2022	Kumar et al. 2024	Belhadi et al. 2022	Schilling & Seuring 2024	Yang et al. 2025	Wu et al. 2025
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ																	
Υψηλό Αρχικό & Λειτουργικό Κόστος Επένδυσης					✓					✓		✓	✓				
Έλλειψη Τυποποίησης & Διαλειτουργικότητας	✓	✓							✓	✓							
Τεχνική Πολυπλοκότητα & Ανάγκη Συνεχούς Αναβάθμισης					✓		✓		✓	✓						✓	✓
Διαχείριση & Ποιότητα Big Data (Ανάλυση/Ακρίβεια)						✓		✓				✓	✓	✓			
Έλλειψη Υποδομών & Τεχνικής Βιωσιμότητας		✓										✓	✓				
Νομικό & Ρυθμιστικό Πλαίσιο (Smart Contracts)					✓						✓						
ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΕΣ																	
Αποδοχή Χρηστών & Έλλειψη Ετοιμότητας Συνεργατών				✓	✓						✓						
Οργανωτικές Αλλαγές & Μετασχηματισμός Κουλτούρας											✓				✓		
Έλλειψη Ψηφιακών Δεξιοτήτων & Εκπαίδευσης Προσωπικού									✓			✓		✓			
Απώλεια Θέσεων Εργασίας λόγω Αυτοματοποίησης						✓								✓			
Πολυπλοκότητα Οικοσυστήματος & Ευθυγράμμιση Εταίρων											✓						✓
ΠΕΛΑΤΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ																	
Ιδιωτικότητα & Ασφάλεια Δεδομένων (Cybersecurity)	✓	✓	✓	✓		✓	✓					✓					
Ισορροπία Κλιμάκωσης & Κερδοφορίας (Scalability vs Profitability)							✓									✓	
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ / ESG																	
Υψηλή Κατανάλωση Ενέργειας & Πόρων (Big Data, IoT)					✓					✓							

Πίνακας 2.5. 2 Προκλήσεις ΨΜ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

2.6. Εννοιολογικός Χάρτης

Η παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε μια σειρά ευρημάτων σχετικά με τον ψηφιακό μετασχηματισμό στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας: από τα θεωρητικά εργαλεία και τις στρατηγικές διαχείρισης, μέχρι τις νέες τεχνολογίες και τα αποτελέσματα που παράγουν. Ωστόσο, αυτά τα ευρήματα δεν αποτελούν μεμονωμένα κομμάτια γνώσης αλλά συνδέονται μεταξύ τους με μια λογική ροή αιτίας-αποτελέσματος. Για να αποτυπωθεί αυτή η σύνδεση τους, προτείνεται το εννοιολογικό πλαίσιο που παρουσιάζεται στην εικόνα 2.6.1, το οποίο αποτελεί τη «σπονδυλική στήλη» της παρούσας εργασίας, καθώς οργανώνει τη θεωρητική και βιβλιογραφική γνώση σε ένα ενιαίο μοντέλο και παρέχει τη βάση πάνω στην οποία θα αναλυθούν τα πρακτικά case studies:



Εικόνα 2.6. 1 Εννοιολογικός Χάρτης

Το σημείο αφετηρίας του πλαισίου είναι η βιομηχανία ή εταιρεία, δηλαδή ο οργανισμός που λειτουργεί σε έναν συγκεκριμένο κλαδικό και αντιμετωπίζει συγκεκριμένες ανάγκες και πιέσεις. Σε αυτό ακριβώς το σημείο μπαίνει η θεωρία TOE (Technology – Organization – Environment), που εξετάστηκε στην ενότητα 2.2.4, καθώς εξετάζει τους παράγοντες που θα

οδηγήσουν την εταιρεία να υιοθετήσει μία νέα τεχνολογία; Η απόφαση αυτή εξαρτάται από τρεις παράγοντες – πόσο κατάλληλη είναι η τεχνολογία (Technology), πόσο έτοιμη είναι εσωτερικά να την απορροφήσει (Organization), και πόσο την πιέζει ο κλάδος και ο ανταγωνισμός να το κάνει (Environment). Το TOE λειτουργεί, έτσι, σαν «ομπρέλα» πάνω από όλη την υπόλοιπη ροή, αφού λογικά προηγείται κάθε άλλης απόφασης: χωρίς αυτό το πρώτο «ναι» στην υιοθέτηση, καμία στρατηγική ή τεχνολογία δεν προκύπτει.

Κάθε οργανισμός ανάλογα με τον κλάδο στον οποίο δραστηριοποιείται, τους στόχους του και το ανταγωνιστικό περιβάλλον, υιοθετεί μια συγκεκριμένη SCM στρατηγική: Lean, Agile, Leagile, Resilient ή Green/Sustainable (όπως αυτές αναλύθηκαν στην ενότητα 2.3). Η επιλογή αυτή δεν είναι τυχαία, αλλά αντανακλά τη λογική της θεωρίας RBV (Resource-Based View), που εξετάστηκε στην ενότητα 2.2.3: η στρατηγική μιας επιχείρησης αποκτά αξία όχι από την απλή κατοχή πόρων, αλλά από τον τρόπο με τον οποίο αυτοί αξιοποιούνται για να δημιουργήσουν μοναδικές, δύσκολα αντιγράψιμες ικανότητες. Ταυτόχρονα κάθε οργανισμός λειτουργεί εντός ενός συγκεκριμένου μοντέλου/συστήματος SCM, το οποίο καθορίζει τον τρόπο οργάνωσης, συντονισμού και ελέγχου των ροών υλικών, πληροφοριών και χρηματοοικονομικών πόρων στην αλυσίδα. Εδώ αναδεικνύεται ο ρόλος της θεωρίας DCT (Dynamic Capabilities Theory), που αναλύθηκε στην ενότητα 2.2.2, καθώς το σύστημα SCM δεν παραμένει στατικό: η ικανότητα ενός οργανισμού να το αναδιαμορφώνει, να μαθαίνει και να προσαρμόζεται όταν μεταβάλλονται οι συνθήκες είναι αυτή που του επιτρέπει να ανταποκρίνεται στις τεχνολογικές ανάγκες που προκύπτουν. Η στρατηγική και το σύστημα SCM αλληλοεπηρεάζονται και μαζί διαμορφώνουν τις τεχνολογικές ανάγκες του οργανισμού.

Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ στρατηγικής και συστήματος οδηγεί στο επόμενο στάδιο του πλαισίου: την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών. Όπως αναλύθηκε στην ενότητα 2.4, οι τεχνολογίες blockchain, τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση, IoT, cloud computing, big data analytics, δεν επιλέγονται τυχαία. Η επιλογή τους εξαρτάται από τη στρατηγική κατεύθυνση (για παράδειγμα μια εταιρεία που ακολουθεί Lean στρατηγική μπορεί να δώσει προτεραιότητα σε big data analytics για μείωση σπατάλης, ενώ μια εταιρεία με Resilient στρατηγική μπορεί να επενδύσει περισσότερο σε IoT και AI για πρόβλεψη διαταραχών) και από τις δυνατότητες του υφιστάμενου συστήματος SCM. Η θεωρία TOE (Technology – Organization – Environment), που εξετάστηκε στην ενότητα 2.2.4, εξηγεί ακριβώς αυτή τη δυναμική: η υιοθέτηση τεχνολογίας καθορίζεται από τεχνολογικούς, οργανωτικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες ταυτόχρονα. Παράλληλα, η ίδια η ανάγκη για αυτές τις τεχνολογίες ριζώνει στη λογική της θεωρίας IPT (Information Processing Theory), που αναλύθηκε στην ενότητα 2.2.1:

όσο πιο ασταθές και απρόβλεπτο είναι το περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργεί η αλυσίδα εφοδιασμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη του οργανισμού να συλλέγει και να επεξεργάζεται πληροφορία, ώστε να μειώνει την αβεβαιότητα και να λαμβάνει σωστές αποφάσεις.

Από τη χρήση αυτών των τεχνολογιών προκύπτουν λειτουργικές εφαρμογές, δηλαδή συγκεκριμένοι τρόποι με τους οποίους οι τεχνολογίες ενσωματώνονται στις καθημερινές λειτουργίες της αλυσίδας. Αυτές οι εφαρμογές μπορεί να περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, την αυτοματοποίηση παραγγελιών μέσω smart contracts, την πρόβλεψη ζήτησης μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, την παρακολούθηση αποστολών σε πραγματικό χρόνο μέσω αισθητήρων IoT, ή τη συνεργατική ανταλλαγή δεδομένων μέσω cloud πλατφορμών. Κάθε εφαρμογή αποτελεί, ουσιαστικά, τη «γέφυρα» μεταξύ της τεχνολογίας ως αφηρημένης δυνατότητας και της πρακτικής αξίας που δημιουργεί στην αλυσίδα. Αυτό τεκμηριώνεται από την θεωρητική οπτική RAP (Resource – Action – Performance), που αναλύθηκε στην ενότητα 2.2.5, υπενθυμίζει ότι οι τεχνολογίες δεν είναι ισοδύναμες μεταξύ τους αλλά χωρίζονται σε τεχνολογίες πόρων (π.χ. IoT, big data) που συλλέγουν δεδομένα και τεχνολογίες δράσης (π.χ. AI, blockchain, cloud) που τα μετατρέπουν σε αξία (Wu et al., 2025).

Οι λειτουργικές εφαρμογές με τη σειρά τους, οδηγούν σε δύο ταυτόχρονες κατευθύνσεις. Από τη μία πλευρά, παράγουν αποτελέσματα: λειτουργικά (διαφάνεια, μείωση κόστους, μείωση χρόνου, αύξηση ακρίβειας), οργανωτικά (ασφάλεια, εμπιστοσύνη, βελτιστοποίηση αποφάσεων, μείωση κινδύνων), πελατοκεντρικά (ικανοποίηση πελατών, επεκτασιμότητα) και περιβαλλοντικά (μείωση εκπομπών, βιώσιμες πρακτικές), όπως αυτά αναλύθηκαν στην ενότητα 2.5. Από την άλλη πλευρά, εκθέτουν την εταιρεία σε προκλήσεις: ζητήματα ιδιωτικότητας και ασφάλειας δεδομένων, υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, ανάγκη εξειδικευμένου προσωπικού, δυσκολίες διαλειτουργικότητας μεταξύ συστημάτων, αντίσταση στην αλλαγή, και κανονιστικά κενά. Αυτή η διπλή φύση ανάμεσα στα αποτελέσματα και τις προκλήσεις αντανακλά την πραγματικότητα: ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν είναι ούτε πανάκεια ούτε αυτοσκοπός, αλλά μια στρατηγική επιλογή που φέρνει συγκεκριμένα οφέλη υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Συνοψίζοντας, το εννοιολογικό πλαίσιο δείχνει ότι η κάθε εταιρεία, ανάλογα με την SCM στρατηγική της και το μοντέλο/σύστημα SCM που ακολουθεί, υιοθετεί τις αντίστοιχες νέες τεχνολογίες. Από τη χρήση αυτών προκύπτουν λειτουργικές εφαρμογές οι οποίες οδηγούν σε επιθυμητά αποτελέσματα αλλά και εκθέτουν την εταιρεία σε προκλήσεις.

3. Μεθοδολογία Έρευνας

3.1. Επιλογή Μεθοδολογίας

3.1.1. Ποιοτική Έρευνα

Κάθε ερευνητικό ερώτημα απαιτεί την κατάλληλη μεθοδολογία για να διερευνηθεί επιτυχώς. Στην παρούσα εργασία, το βασικό ερώτημα αφορά τις νέες τεχνολογίες στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας: ποιες τεχνολογίες υιοθετούνται, πώς αξιοποιούνται στην πράξη, ποια οφέλη φέρνουν και ποιες δυσκολίες δημιουργούν. Πρόκειται για ερωτήματα που δεν απαντώνται με αριθμούς και ποσοστά, αλλά απαιτούν κατανόηση σε βάθος. Γι' αυτόν τον λόγο, η μεθοδολογία που επιλέχθηκε είναι η ποιοτική έρευνα, και συγκεκριμένα η ανάλυση μελετών περίπτωσης (case study analysis).

Η ποιοτική έρευνα διαφέρει ουσιαστικά από την ποσοτική όχι μόνο ως προς τα εργαλεία της αλλά και ως προς τη φιλοσοφία της. Ενώ η ποσοτική προσέγγιση επιδιώκει να μετρήσει φαινόμενα και να γενικεύσει τα αποτελέσματα μέσω στατιστικής επεξεργασίας, η ποιοτική επιδιώκει να κατανοήσει φαινόμενα σε βάθος, μέσα από τα συγκεκριμένα τους συμφραζόμενα. Ο στόχος δεν είναι να απαντηθεί το «πόσο» αλλά το «πώς» και το «γιατί»: πώς λειτουργεί ένα σύστημα, γιατί μια εταιρεία υιοθέτησε μια συγκεκριμένη τεχνολογία, πώς αλλάζουν οι σχέσεις μεταξύ εταίρων όταν εισάγεται μια νέα πλατφόρμα. Αυτά τα ερωτήματα, από τη φύση τους, απαιτούν μια προσέγγιση που να αναγνωρίζει την πολυπλοκότητα και να μην προσπαθεί να τη συμπίεσει σε αριθμητικούς δείκτες.

Η επιλογή της ποιοτικής προσέγγισης δεν είναι τυχαία, αλλά απορρέει άμεσα από τη φύση του αντικειμένου μελέτης. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν είναι ένα απλό τεχνικό εγχείρημα, αλλά μια διαδικασία που επηρεάζεται σε τεράστιο βαθμό από το εσωτερικό περιβάλλον κάθε επιχείρησης (την κουλτούρα της, την ωριμότητα των διαδικασιών της, τη δομή των σχέσεων με τους εταίρους της, ακόμη και από τον τρόπο που η διοίκηση αντιλαμβάνεται την τεχνολογία). Δύο εταιρείες που υιοθετούν την ίδια τεχνολογία μπορεί να καταλήξουν σε εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το εσωτερικό τους πλαίσιο. Αυτή η εξάρτηση από το περιβάλλον (context-dependency) δεν μπορεί να αποτυπωθεί μέσω ερωματολογίων ή στατιστικών μοντέλων, καθώς αυτά τα εργαλεία τείνουν να απομονώνουν μεταβλητές και να αγνοούν τη δυναμική αλληλεπίδραση που τις συνδέει στην πραγματικότητα.

Η ποιοτική προσέγγιση, αντίθετα, επιτρέπει να εξεταστούν τα φαινόμενα στο σύνολό τους, μαζί με το πλαίσιο στο οποίο εμφανίζονται. Μέσα από την ανάλυση μελετών περίπτωσης,

μπορούμε να παρατηρήσουμε πώς η ίδια τεχνολογία, για παράδειγμα το blockchain, παίρνει διαφορετική μορφή και παράγει διαφορετικά αποτελέσματα στη Lenovo, στη Maersk, στην JD ή στην Alibaba. Οι διαφορές αυτές είναι το πιο ενδιαφέρον κομμάτι της ανάλυσης, γιατί αναδεικνύουν τους μηχανισμούς μέσω των οποίων η τεχνολογία μεταφράζεται σε πραγματική αξία ή, αντίθετα, συναντά εμπόδια. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα της ποιοτικής έρευνας είναι ότι επιτρέπει να αναδυθούν ευρήματα που δεν είχαν προβλεφθεί εξ αρχής. Σε μια ποσοτική μελέτη, ο ερευνητής ρωτά συγκεκριμένα πράγματα και λαμβάνει συγκεκριμένες απαντήσεις. Επομένως, αν κάτι σημαντικό βρίσκεται εκτός των ερωτήσεων, παραμένει αόρατο. Στην ποιοτική ανάλυση, η εις βάθος ενασχόληση με το υλικό επιτρέπει στον ερευνητή να εντοπίσει μοτίβα, αντιφάσεις και νέες διαστάσεις που δεν αποτελούσαν μέρος του αρχικού σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα, η αναδιαμόρφωση των ρόλων μεταξύ εταίρων ή η κοινωνική διάσταση των ESG.

3.1.2. Μέθοδος Μελέτης Περιπτώσεων

Η ανάλυση μελετών περίπτωσης είναι μία από τις πιο καθιερωμένες μεθόδους ποιοτικής έρευνας. Η λογική της είναι αντί να εξετάζουμε επιφανειακά έναν μεγάλο αριθμό εταιρειών, επιλέγουμε λίγες και τις αναλύουμε σε βάθος. Έτσι, κερδίζουμε πραγματική κατανόηση αντί για επιφανειακή περιγραφή, και βλέπουμε πώς τα κομμάτια της εικόνας συνδέονται μεταξύ τους.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν πέντε μελέτες περίπτωσης από διαφορετικούς κλάδους: η Lenovo από τον χώρο της πληροφορικής, η Maersk από τη ναυτιλία και τα logistics, η JD και η Alibaba από το ηλεκτρονικό εμπόριο, και τέλος ο ευρύτερος κλάδος των FMCG. Η επιλογή αυτή έγινε συνειδητά, με στόχο να καλυφθεί ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών και στρατηγικών, ώστε τα συμπεράσματα να μην περιορίζονται σε έναν μόνο τομέα. Η Lenovo δείχνει μια συνεργατική αλυσίδα υψηλής τεχνολογίας, η Maersk μια περίπτωση διαχείρισης κινδύνου σε παγκόσμια κλίμακα, η JD και η Alibaba δύο διαφορετικές εκδοχές ψηφιακού οικοσυστήματος στο e-commerce, και ο κλάδος FMCG μια εικόνα μιας βιομηχανίας με ραγδαία κυκλοφορία προϊόντων.

3.2. Εφαρμογή Μεθοδολογίας

3.2.1. Πηγές Δεδομένων και Ανάλυση

Τα δεδομένα για κάθε μελέτη περίπτωσης προέρχονται είτε από ακαδημαϊκά άρθρα που έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά, είτε από επίσημες ιστοσελίδες. Για κάθε εταιρεία

επιλέχθηκαν, όπου ήταν εφικτό, τουλάχιστον δύο πηγές, ώστε τα ευρήματα να μπορούν να διασταυρωθούν και να μην εξαρτώνται από τη σκοπιά μιας μόνο ομάδας συγγραφέων. Συγκεκριμένα, η περίπτωση της Lenovo προσεγγίστηκε μέσα από δύο πηγές: τη μελέτη των Xia, Li και He (2023), η οποία εξετάζει την εφαρμογή του blockchain στη συνεργατική εφοδιαστική αλυσίδα και αναλύει τεχνικά το Dual-Chain Integration Model, και το case study της Chapman (2019), που εστιάζει στη φιλοσοφία του ψηφιακού μετασχηματισμού και στον ρόλο των smart contracts και της ιχνηλασιμότητας. Η Maersk μελετήθηκε μέσα από τη μελέτη των Wong, Yeung, Lau και Kawasaki (2023), η οποία παρουσιάζει αναλυτικά το μοντέλο CBML και τις λειτουργίες του μέσω διαγραμμάτων BPMN, σε συνδυασμό με τη μελέτη του Abdigofirovich (2025), που εστιάζει στην ψηφιοποίηση εγγράφων και στην αυτοματοποιημένη εκτέλεση συναλλαγών. Η περίπτωση της JD βασίστηκε στη μελέτη των Chen, Wang και Zhang (2024), που εξετάζει την ενσωμάτωση blockchain και AI στο οικοσύστημα logistics της εταιρείας, αλλά και στη μελέτη του Chen (2024), που εστιάζει στην πλατφόρμα JD Blockchain Open & Traceability και στους μετρήσιμους οικονομικούς δείκτες. Η Alibaba στηρίχθηκε στη μελέτη των Chen, Wang και Zhang (2024), η οποία αναλύει το σύστημα «Ant Blockchain» και τη λειτουργία του Control Tower. Τέλος, ο κλάδος των FMCG εξετάστηκε μέσα από δύο συμπληρωματικές μελέτες: αυτή των Nozari, Szmelter-Jarosz και Ghahremani-Nahr (2022), που παρουσιάζει το μοντέλο AIoT smart supply chain στο σύνολο του, και εκείνη των Najafi, Nozari και Edalatpanah (2022), που εμβαθύνει στον ρόλο του edge computing, του deep learning και της πράσινης εφοδιαστικής αλυσίδας. Η συνύπαρξη δύο πηγών σε τέσσερις από τις πέντε περιπτώσεις επιτρέπει την διασταύρωση, την επιβεβαίωση ή τη διαφοροποίηση των ευρημάτων, εμπλουτίζοντας την τελική εικόνα και μειώνοντας την εξάρτηση από τη σκοπιά ενός μόνο συγγραφέα.

Η ανάλυση ακολούθησε τρία διαδοχικά στάδια. Πρώτα, κάθε μελέτη εξετάστηκε ξεχωριστά, ακολουθώντας τη ροή του εννοιολογικού χάρτη που αναπτύχθηκε στην ενότητα 2.6: από τον κλάδο και το προφίλ της εταιρείας, στη στρατηγική SCM, στο μοντέλο διαχείρισης, στις νέες τεχνολογίες, στις εφαρμογές και, τέλος, στα αποτελέσματα και τις προκλήσεις. Έτσι, όλες οι περιπτώσεις εξετάζονται με την ίδια λογική, κάτι απαραίτητο για τη μετέπειτα σύγκριση. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα και οι προκλήσεις κάθε περίπτωσης ταξινομήθηκαν σε τέσσερα επίπεδα: λειτουργικό, οργανωτικό, πελατοκεντρικό και περιβαλλοντικό/ESG, ακολουθώντας το πλαίσιο που είχε εισαχθεί στις ενότητες 2.5.1 έως 2.5.4 της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Τέλος, τα ευρήματα όλων των περιπτώσεων συγκρίθηκαν μεταξύ τους μέσω συγκεντρωτικών πινάκων, οι οποίοι δείχνουν ποια οφέλη και ποιες προκλήσεις εμφανίζονται σε ποιες

περιπτώσεις. Ο στόχος δεν ήταν απλώς να καταγραφούν κοινά σημεία, αλλά να ελεγχθεί σε ποιον βαθμό τα ευρήματα της βιβλιογραφίας επιβεβαιώνονται στην πράξη και, ακόμη πιο σημαντικό, να εντοπιστούν νέα μοτίβα που η θεωρητική συζήτηση δεν είχε αποτυπώσει.

3.2.2. Περιορισμοί Μεθόδου

Καμία μέθοδος δεν είναι τέλεια, και είναι δίκαιο να αναγνωριστούν οι περιορισμοί της. Ο πρώτος αφορά τη γενίκευση των αποτελεσμάτων: με πέντε περιπτώσεις, όσο διαφορετικές κι αν είναι, τα ευρήματα δεν μπορούν να γενικευθούν στατιστικά στο σύνολο των επιχειρήσεων. Ο στόχος, ωστόσο, δεν είναι η στατιστική γενίκευση αλλά η αναλυτική γενίκευση, δηλαδή η διατύπωση συμπερασμάτων που μπορούν να ισχύσουν σε άλλες περιπτώσεις με παρόμοια χαρακτηριστικά. Ο δεύτερος περιορισμός είναι η εξάρτηση από δευτερογενείς πηγές: τα δεδομένα δεν συλλέχθηκαν απευθείας από τις εταιρείες μέσω συνεντεύξεων ή επιτόπιας παρατήρησης, αλλά από δημοσιευμένες ακαδημαϊκές μελέτες. Αυτό σημαίνει ότι η ανάλυση εξαρτάται από τον τρόπο που οι αρχικοί συγγραφείς παρουσίασαν τις περιπτώσεις. Η χρήση όμως πολλαπλών πηγών για κάθε εταιρεία και η διασταύρωση των ευρημάτων περιορίζει σημαντικά αυτόν τον κίνδυνο.

Παρά τους περιορισμούς αυτούς, η ποιοτική ανάλυση μελετών περίπτωσης παραμένει η καταλληλότερη μεθοδολογία για την παρούσα έρευνα. Είναι η μόνη που επιτρέπει ακριβώς αυτό που απαιτεί το αντικείμενο μελέτης: τη βαθιά, πολυδιάστατη και συγκριτική κατανόηση ενός φαινομένου που δεν μπορεί να αποκοπεί από τα συμφραζόμενα του.

4. Ανάλυση Μελετών Περίπτωσης

4.1. Μελέτες Περίπτωσης

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται πέντε μελέτες περίπτωσης ψηφιακού μετασχηματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι οποίες επιλέχθηκαν ώστε να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κλάδων και στρατηγικών προσεγγίσεων: τη Lenovo από τον κλάδο της πληροφορικής, τη Maersk από τη ναυτιλία και τα logistics, τη JD και την Alibaba από το ηλεκτρονικό εμπόριο και τα logistics, και τέλος τον κλάδο των FMCG ως συνολική περίπτωση ταχυκίνητων καταναλωτικών αγαθών. Η ανάλυση κάθε περίπτωσης ακολουθεί τη ροή του εννοιολογικού χάρτη που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.6, εξετάζοντας διαδοχικά τη βιομηχανία και το προφίλ της εταιρείας, τη στρατηγική SCM που υιοθετεί, το μοντέλο/σύστημα που έχει αναπτύξει, τις νέες τεχνολογίες που αξιοποιεί, τις λειτουργικές εφαρμογές στην πράξη και, τέλος, τα αποτελέσματα και τις προκλήσεις σε λειτουργικό, οργανωτικό, πελατοκεντρικό και περιβαλλοντικό/ESG επίπεδο. Στόχος είναι να αξιολογηθούν εμπειρικά τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και να αναδειχθεί πώς οι θεωρητικές αρχές του ψηφιακού μετασχηματισμού μεταφράζονται σε συγκεκριμένες επιχειρηματικές πρακτικές σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

4.1.1. Περίπτωση Lenovo

Η ανάλυση της περίπτωσης Lenovo βασίζεται σε δύο κύριες πηγές: τη μελέτη των Xia, Li και He (2023), η οποία εξετάζει την εφαρμογή του blockchain στη συνεργατική εφοδιαστική αλυσίδα της εταιρείας, και τη μελέτη της Chapman (2019), που εστιάζει στη φιλοσοφία του ψηφιακού μετασχηματισμού και στον ρόλο των smart contracts και της ιχνηλασιμότητας στο επιχειρηματικό μοντέλο της Lenovo.

Βιομηχανία και προφίλ εταιρείας

Η Lenovo αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες πολυεθνικές του κλάδου της πληροφορικής και μια ιδιαίτερα διδακτική περίπτωση για το πώς μια σύνθετη, παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να μετασχηματιστεί μέσω της τεχνολογίας blockchain. Σύμφωνα με τους Xia, Li και He (2023), η εταιρεία δραστηριοποιείται σε 180 χώρες, λειτουργεί 35 εργοστάσια παγκοσμίως και συντηρεί ένα εκτεταμένο δίκτυο με πάνω από 1.000 προμηθευτές και 2,8 εκατομμύρια διανομείς και τρίτα μέρη, επεξεργαζόμενη περισσότερες από 5 εκατομμύρια παραγγελίες και παράγοντας πάνω από 150 εκατομμύρια έξυπνες συσκευές ετησίως. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της πολυπλοκότητας αυτής είναι το εργοστάσιο LCFC στο Hefei, το μεγαλύτερο εργοστάσιο προσωπικών υπολογιστών της εταιρείας παγκοσμίως, το οποίο διαχειρίζεται

ημερησίως 30.000 ρολά ηλεκτρονικών υλικών και μεταφέρει περισσότερα από 2.000 είδη πρώτων υλών κάθε τέσσερις ώρες (Xia et al., 2023). Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, ακόμη και η παραμικρή αστοχία στη ροή πληροφορίας μεταξύ Lenovo, OEMs (Original Equipment Manufacturers) και προμηθευτών μπορεί να προκαλέσει ντόμινο καθυστερήσεων. Η Chapman (2019) επισημαίνει, αντίστοιχα, ότι η διαχείριση ενός τέτοιου παγκοσμιοποιημένου δικτύου εξαρτημάτων πληροφορικής συνεπάγεται χιλιάδες χειροκίνητες διασταυρώσεις εγγράφων και εντολών, οι οποίες κοστίζουν χρόνο, χρήμα και εμπιστοσύνη.

Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα αυτού του δικτύου εξηγούν, μέσα από την οπτική της θεωρίας TOE (ενότητα 2.2.4), γιατί η υιοθέτηση μιας τεχνολογίας όπως το blockchain έγινε σχεδόν αναγκαία για τη Lenovo: σε τεχνολογικό επίπεδο, η ανάγκη για αξιόπιστη ροή πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο ήταν προφανής λόγω του όγκου συναλλαγών· σε οργανωτικό επίπεδο, η εταιρεία διέθετε την κλίμακα και τους πόρους ώστε να στηρίξει μια τόσο μεγάλη ψηφιακή μετάβαση· και σε περιβαλλοντικό επίπεδο, η πίεση από έναν παγκόσμιο, ανταγωνιστικό κλάδο πληροφορικής με χιλιάδες εμπλεκόμενα μέρη καθιστούσε την παραμονή σε χειροκίνητες διαδικασίες αδιανόητη μακροπρόθεσμα.

SCM Στρατηγική

Η στρατηγική εφοδιαστικής της Lenovo περιγράφεται ως συνεργατική και προσανατολισμένη στη λογική του lean management, επειδή στοχεύει στην εξάλειψη σπατάλης πόρων και στον συντονισμό τριών βασικών κρίκων: της Lenovo ως κεντρικού κατασκευαστή, των OEMs που αναλαμβάνουν τη συναρμολόγηση των προϊόντων, και των προμηθευτών πρώτων υλών και εξαρτημάτων. Πριν την υιοθέτηση του blockchain, η διατήρηση της σταθερότητας του δικτύου απαιτούσε την απασχόληση πλήθους εργαζομένων σε χρονοβόρες εργασίες ελέγχου λογαριασμών, παρακολούθησης παραγγελιών και διασταύρωσης εγγράφων, χωρίς ωστόσο να επιτυγχάνεται ουσιαστική συνεργασία μεταξύ των μερών (Xia et al., 2023). Το κεντρικό πρόβλημα ήταν η έλλειψη ροής πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο: οι προμηθευτές απέστελναν τα υλικά απευθείας στους OEMs, αλλά η Lenovo δεν μπορούσε να γνωρίζει με ακρίβεια πότε παραλαμβάνονταν, με αποτέλεσμα να παρατείνεται ο κύκλος πληρωμών και, σε περιπτώσεις ελαττωματικών υλικών, να καθυστερεί υπερβολικά η αντίδραση (Xia et al., 2023). Η Chapman (2019) εστιάζει στην ίδια παθογένεια από διαφορετική σκοπιά, περιγράφοντας ότι οι παραδοσιακές διαδικασίες στηρίζονταν σε φυσικά έγγραφα, ξεχωριστά πληροφοριακά συστήματα και ανθρώπινες διασταυρώσεις που δημιουργούσαν «νησίδες» δεδομένων και εμπόδιζαν την πραγματική ορατότητα από άκρο σε άκρο. Η μετάβαση αυτή προς ένα συνεργατικό, οριζόντιο μοντέλο διακυβέρνησης αντανακλά ακριβώς τη λογική της θεωρίας

RBV (ενότητα 2.2.3): η Lenovo δεν αναζητά πλεονέκτημα στην απλή κατοχή τεχνολογικών πόρων, αλλά στον τρόπο που οργανώνει το ίδιο το δίκτυο συνεργατών της ώστε να παράγει μια δύσκολα αντιγράψιμη ικανότητα συντονισμού.

Η στρατηγική απάντηση της Lenovo ήταν να επαναπροσδιορίσει τη σχέση της με τους εταίρους δημιουργώντας ένα μοντέλο καταναμημένου σχεδιασμού (distributed design), στο οποίο οι εταίροι ανταλλάσσουν πληροφορίες απευθείας μέσω μιας κοινής πλατφόρμας, χωρίς η Lenovo να αποτελεί υποχρεωτικό ενδιάμεσο κρίκο (Chapman, 2019). Η μετάβαση συνεπάγεται τη μετατόπιση από ιεραρχικά σε οριζόντια, συνεργατικά μοντέλα διακυβέρνησης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Μοντέλο/ Σύστημα SCM

Η τεχνική σύλληψη που υλοποίησε τη στρατηγική αυτή είναι το Dual-Chain Integration Model, το οποίο προτάθηκε από τη Lenovo το 2017 και εφαρμόστηκε αρχικά σε μικρή κλίμακα στον κλάδο των servers το 2018 (Xia et al., 2023). Η βασική ιδέα του μοντέλου στηρίζεται σε μια ιδιαίτερα εύστοχη παρατήρηση: η δομή μιας εφοδιαστικής αλυσίδας και η δομή ενός blockchain παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες, καθώς και οι δύο αποτελούνται από διαδοχικούς κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους και ανταλλάσσουν πληροφορία και αξία. Με απλά λόγια, το «dual-chain» σημαίνει ότι η φυσική αλυσίδα (ροή υλικών) και η ψηφιακή αλυσίδα (ροή δεδομένων στο blockchain) «κουμπώνουν» η μία πάνω στην άλλη, ώστε κάθε φυσικό γεγονός (παραγγελία, αποστολή, παραλαβή, πληρωμή) να αντιστοιχεί σε μια αμετάβλητη ψηφιακή εγγραφή που βλέπουν ταυτόχρονα όλοι οι εμπλεκόμενοι. Αντί δηλαδή Lenovo, OEMs και προμηθευτές να κρατούν τρία διαφορετικά αρχεία και να προσπαθούν να τα συμφιλιώσουν εκ των υστέρων, γράφουν και διαβάζουν από το ίδιο «κοινό λογιστικό βιβλίο». Αν και οι Xia et al. (2023) εντάσσουν το μοντέλο στην ευρύτερη κατηγορία των Blockchain-Based Information Collaboration Systems. Η Chapman (2019) περιγράφει μια στρατηγική ψηφιακού μετασχηματισμού που συμπίπτει πλήρως με αυτή τη λογική. Το ίδιο το Dual-Chain Integration Model αποτελεί, ουσιαστικά, απόδειξη δυναμικής ικανότητας με την έννοια της θεωρίας DCT (ενότητα 2.2.2): η Lenovo δεν προσάρμοσε απλά μια υπάρχουσα διαδικασία, αλλά αναδιαμόρφωσε εξ ολοκλήρου τον τρόπο λειτουργίας του δικτύου της, ώστε να ανταποκρίνεται σε νέες συνθήκες συνεργασίας και πληροφόρησης.

Τεχνικά, η υλοποίηση έγινε πάνω σε ένα consortium blockchain δίκτυο βασισμένο σε τεχνολογίες όπως το Hyperledger Fabric (Xia et al., 2023). Η επιλογή consortium, δηλαδή ενός ημίκλειστου blockchain όπου συμμετέχουν μόνο πιστοποιημένοι εταίροι, είναι ουσιώδης διότι

συνδυάζει τη διαφάνεια του blockchain με τον έλεγχο πρόσβασης που απαιτούν οι εμπορικές σχέσεις. Στο ίδιο πνεύμα, η Chapman (2019) αναφέρει ότι η Lenovo αξιοποίησε την πρωτοβουλία «Trust Your Supplier», μια μορφή ψηφιακού διαβατηρίου προμηθευτή που επιτρέπει την άμεση και αξιόπιστη κοινοποίηση πιστοποιήσεων, ταυτότητας και στοιχείων συμμόρφωσης σε όλους τους συνεργάτες, χωρίς την ανάγκη επαναλαμβανόμενων ελέγχων.

Νέες Τεχνολογίες

Η πρωταγωνίστρια τεχνολογία είναι το blockchain, αλλά στην πράξη συνοδεύεται από ένα ευρύτερο οικοσύστημα εργαλείων αναγνώρισης και ιχνηλάτησης, όπως QR codes, RFID, NFC και αισθητήρες, που τροφοδοτούν το ψηφιακό μητρώο με αξιόπιστα δεδομένα από τον φυσικό κόσμο (Xia et al., 2023). Χωρίς αυτές τις συμπληρωματικές τεχνολογίες, το blockchain θα αποτελούσε μια κενή υποδομή. Αντιθέτως, μαζί τους μετατρέπεται σε έναν μηχανισμό που αποτυπώνει πραγματικά γεγονότα της αλυσίδας. Η ίδια αυτή ανάγκη παρακολούθησης γεγονότων σε πραγματικό χρόνο εκφράζει τη λογική της θεωρίας IPT (ενότητα 2.2.1): σε ένα δίκτυο με 1.000+ προμηθευτές και εκατομμύρια συναλλαγών, η αβεβαιότητα και ο όγκος πληροφορίας είναι τόσο μεγάλος που μόνο μέσω αυτοματοποιημένης συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων μπορεί η Lenovo να λαμβάνει έγκαιρες και σωστές αποφάσεις.

Λειτουργικές Εφαρμογές

Σε επίπεδο λειτουργικών εφαρμογών, οι Xia et al. (2023) περιγράφουν μια πλατφόρμα που επιτρέπει την οπτικοποίηση ολόκληρου του κύκλου παραγγελίας, τον συγχρονισμό δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ανάμεσα σε Lenovo, OEMs και προμηθευτές και την ενοποιημένη αποθήκευση πληροφορίας. Υποστηρίζει επίσης την ιχνηλάτηση των αποθεμάτων των OEMs, την αυτόματη ενεργοποίηση νέων παραγγελιών σε περιπτώσεις under-stocking, τη μεταβίβαση δικαιωμάτων ιδιοκτησίας βάσει διεθνών εμπορικών όρων και την παρακολούθηση αποστολής και παραλαβής εξαρτημάτων. Η επιχειρηματική λογική εκτελείται μέσω smart contracts, αυτοεκτελούμενου κώδικα που ενεργοποιείται όταν πληρούνται προκαθορισμένες συνθήκες, ενώ η ασφάλεια των συναλλαγών διασφαλίζεται με ψηφιακές υπογραφές και κρυπτογράφηση των ηλεκτρονικών τιμολογίων. Στην τυπική ροή, ο OEM ανεβάζει το Purchase Order, η πληροφορία διαμοιράζεται αυτόματα σε Lenovo και προμηθευτές, οι τελευταίοι ξεκινούν εκ των προτέρων την προετοιμασία υλικών, και κάθε επόμενο βήμα καταγράφεται στο κοινό μητρώο (Xia et al., 2023). Στο σημείο αυτό φαίνεται καθαρά η λογική του μοντέλου RAP (ενότητα 2.2.5): οι τεχνολογίες – πόροι (RFID, QR codes, αισθητήρες) συλλέγουν τα δεδομένα από τη φυσική αλυσίδα. Η τεχνολογία-δράση, δηλαδή το blockchain και τα smart contracts,

αναλαμβάνει στη συνέχεια να μετατρέψει αυτά τα δεδομένα σε αυτοματοποιημένη ενέργεια, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Με άλλα λόγια, εδώ φαίνεται καθαρά η ίδια η «γέφυρα» από πόρο σε δράση που περιγράφει το μοντέλο RAP: η πληροφορία δεν παραμένει απλώς καταγεγραμμένη, αλλά ενεργοποιεί άμεσα μια συγκεκριμένη διαδικασία.

Η Chapman (2019) συμπληρώνει την εικόνα εστιάζοντας σε εφαρμογές που αναδεικνύουν τη φιλοσοφία του μετασχηματισμού. Συγκεκριμένα αναφέρεται στα smart contracts που εκτελούν συμφωνίες και επιχειρηματικές πράξεις χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, ενώ το «Trust Your Supplier» λειτουργεί ως ψηφιακό διαβατήριο που επιταχύνει τις διαδικασίες on-boarding. Τέλος, η ιχνηλασιμότητα και η αυθεντικοποίηση των εξαρτημάτων πληροφορικής λειτουργούν ως αμυντικός μηχανισμός απέναντι στο φαινόμενο της παραποίησης (counterfeiting), κρίσιμο ζήτημα σε έναν κλάδο όπου τα πλαστά εξαρτήματα μπορούν να υπονομεύσουν την ποιότητα των τελικών προϊόντων και τη φήμη της μάρκας (Chapman, 2019).

Αποτελέσματα

Σε λειτουργικό επίπεδο, τα οφέλη είναι τα πιο απτά. Σύμφωνα με τους Xia et al. (2023), η τεχνολογία blockchain εξοικονομεί πάνω από 15% του κόστους ανθρώπινων διασταυρώσεων, μειώνει κατά 15% τον χρόνο εκτίμησης και προετοιμασίας υλικών, επιτρέπει παρακολούθηση παραγγελιών έως και επτά ημέρες νωρίτερα, και βελτιώνει κατά 10% την ακρίβεια παραδόσεων και την ανακύκλωση αποθεμάτων. Κατά την πανδημία COVID-19, τα εναλλακτικά σχέδια παραγωγής καταρτίζονταν σε λιγότερο από δύο ώρες αντί για ημέρες, με ποσοστό επιτυχίας 80% υψηλότερο (Xia et al., 2023). Η Chapman (2019) προσθέτει τη μείωση χρόνων συναλλαγής, την εξάλειψη χειροκίνητων λαθών και την εξασφάλιση έναντι single point of failure, αφού ένα σφάλμα σε έναν κόμβο δεν παραλύει πλέον την αλυσίδα.

Σε οργανωτικό επίπεδο, ενισχύεται η συνεργασία και η εμπιστοσύνη μεταξύ Lenovo, OEMs και προμηθευτών. Η διαφάνεια από άκρο σε άκρο επιτρέπει σε όλους να βλέπουν την ίδια εκδοχή της αλήθειας, εξαλείφοντας τις διαφωνίες από ασύμμετρη πληροφόρηση, ενώ η μετάβαση της Lenovo από μεσάζοντα σε συντονιστή κατανεμημένου σχεδιασμού αναδιαρθρώνει ουσιαστικά τις σχέσεις στην αλυσίδα (Chapman, 2019). Ταυτόχρονα, η βελτιωμένη δυνατότητα ελέγχου (auditability) διευκολύνει τις εσωτερικές διαδικασίες συμμόρφωσης, ενώ η αυξημένη εμπιστοσύνη ενισχύει την πρόσβαση των εταίρων σε χρηματοδότηση, καθώς οι τράπεζες μπορούν να στηριχθούν σε επαληθευμένα δεδομένα συναλλαγών (Xia et al., 2023).

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η ιχνηλασιμότητα και η αυθεντικοποίηση των εξαρτημάτων προστατεύουν τον τελικό πελάτη από παραποιημένα ή κακής ποιότητας προϊόντα, ζήτημα ιδιαίτερα κρίσιμο στον κλάδο της πληροφορικής (Chapman, 2019). Η βελτιωμένη ακρίβεια παραδόσεων και η ταχύτερη αντίδραση σε αλλαγές ζήτησης σημαίνουν πιο αξιόπιστες δεσμεύσεις, που τελικά μεταφράζονται σε υψηλότερη εμπιστοσύνη προς το brand (Xia et al., 2023).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, αν και οι πηγές δεν εστιάζουν ρητά σε δείκτες βιωσιμότητας, τα έμμεσα οφέλη είναι σαφή. Η μείωση αποθεμάτων και η βελτιωμένη ακρίβεια παραδόσεων περιορίζουν σπατάλη πόρων και περιττές μεταφορές, ενώ η πλήρης ψηφιοποίηση των παραγγελιών εξαλείφει τη χρήση χαρτιού.

Προκλήσεις

Σε λειτουργικό επίπεδο, η κυριότερη πρόκληση είναι η άνιση τεχνική ετοιμότητα των συνεργατών. Οι Xia et al. (2023) σημειώνουν ότι πολλοί μικρότεροι προμηθευτές δεν διαθέτουν την υποδομή, τα συστήματα ή το εξειδικευμένο προσωπικό για να συμμετάσχουν αποτελεσματικά στην πλατφόρμα, γεγονός που περιορίζει το εύρος εφαρμογής και δημιουργεί «νησίδες» συνεργασίας μόνο με τους πιο ώριμους εταίρους. Επιπλέον, η ενσωμάτωση του blockchain με τα υφιστάμενα ERP απαιτεί επενδύσεις που δεν είναι πάντα ελκυστικές για μικρότερες επιχειρήσεις.

Σε οργανωτικό επίπεδο, η σημαντικότερη πρόκληση είναι η προστασία της ιδιωτικότητας των εμπορικών δεδομένων. Οι εταίροι διστάζουν να εκθέσουν ευαίσθητες πληροφορίες για κόστη, αποθέματα ή συμβατικούς όρους ακόμη και σε ελεγχόμενο consortium blockchain, κάτι που μπορεί να υπονομεύσει την ίδια την αρχή της διαφάνειας (Xia et al., 2023).

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η πρόκληση σχετίζεται με το νομικό πλαίσιο. Τα smart contracts, παρά τη λειτουργική τους αξία, δεν αναγνωρίζονται ακόμη σε πολλές δικαιοδοσίες ως πλήρως νομικά δεσμευτικές συμβάσεις, δημιουργώντας ανασφάλεια σε περιπτώσεις διαφωνιών ή απαιτήσεων από τελικούς πελάτες (Xia et al., 2023).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, η κυριότερη πρόκληση είναι η απουσία διεθνών τεχνικών προτύπων και διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών blockchain πλατφορμών (Xia et al., 2023). Χωρίς κοινά πρότυπα, οι πληροφορίες για την προέλευση των υλικών ή το ανθρακικό αποτύπωμα δεν ρέουν αξιόπιστα μεταξύ οικοσυστημάτων, εμποδίζοντας τη δημιουργία ενιαίας, επαληθεύσιμης εικόνας ESG.

4.1.2. Περίπτωση Maersk

Η ανάλυση της περίπτωσης Maersk στηρίζεται σε δύο πηγές: τη μελέτη των Wong, Yeung, Lau και Kawasaki (2023), η οποία παρουσιάζει αναλυτικά το μοντέλο Cloud-Based Blockchain Integrated with Machine Learning (CBML) μέσω διαγραμμάτων BPMN, και την μελέτη περίπτωσης του Abdigofirovich (2025), που εστιάζει στη ψηφιοποίηση εγγράφων, την αδιάβλητη καταγραφή δρομολογίων και την αυτοματοποιημένη εκτέλεση συναλλαγών.

Βιομηχανία/ Εταιρεία

Η Maersk είναι μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες στον κλάδο της ναυτιλίας και της παγκόσμιας εφοδιαστικής αλυσίδας, με δραστηριότητες που καλύπτουν τη θαλάσσια μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων, τη διαχείριση λιμένων και τις ολοκληρωμένες υπηρεσίες logistics. Η φύση της δραστηριότητάς της, μεταφορά τεράστιων όγκων φορτίου μεταξύ ηπείρων, με πλοία εκτεθειμένα σε καιρικούς κινδύνους, πειρατικές περιοχές και πολύπλοκες τελωνειακές διαδικασίες, την καθιστά ιδιαίτερα ευάλωτη σε διαταραχές. Η πολυπλοκότητα αυτή, σε συνδυασμό με την παραδοσιακά έντονη γραφειοκρατία (συμβόλαια, φορτωτικές, τελωνειακά έγγραφα που διακινούνται φυσικά μεταξύ δεκάδων εμπλεκομένων), δημιούργησε την ανάγκη για έναν ριζικό ψηφιακό μετασχηματισμό (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025).

Η περίπτωση της Maersk αποτελεί ιδιαίτερα καθαρό παράδειγμα της θεωρίας TOE (ενότητα 2.2.4). Σε τεχνολογικό επίπεδο, ο τεράστιος όγκος δεδομένων και η ανάγκη παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο καθιστούν την υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών αναγκαία. Σε οργανωτικό επίπεδο, μόνο μια εταιρεία με την κλίμακα και τους πόρους της Maersk μπορεί να στηρίξει την ταυτόχρονη ενσωμάτωση blockchain, cloud και machine learning. Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, η έκθεση σε καιρικούς και γεωπολιτικούς κινδύνους ασκεί έντονη πίεση για άμεση ψηφιακή προσαρμογή.

SCM Στρατηγική

Η στρατηγική της Maersk περιγράφεται ως Resilient / Risk Management Strategy, με έμφαση στην ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας από άκρο σε άκρο (end-to-end). Αντί να αντιμετωπίζει τους κινδύνους εκ των υστέρων, επιδιώκει να τους προβλέπει, να τους καταγράφει με διαφάνεια και να τους αντιμετωπίζει δυναμικά, διασφαλίζοντας τη συνέχεια των λειτουργιών ακόμη και υπό αντίξοες συνθήκες (Wong et al., 2023).

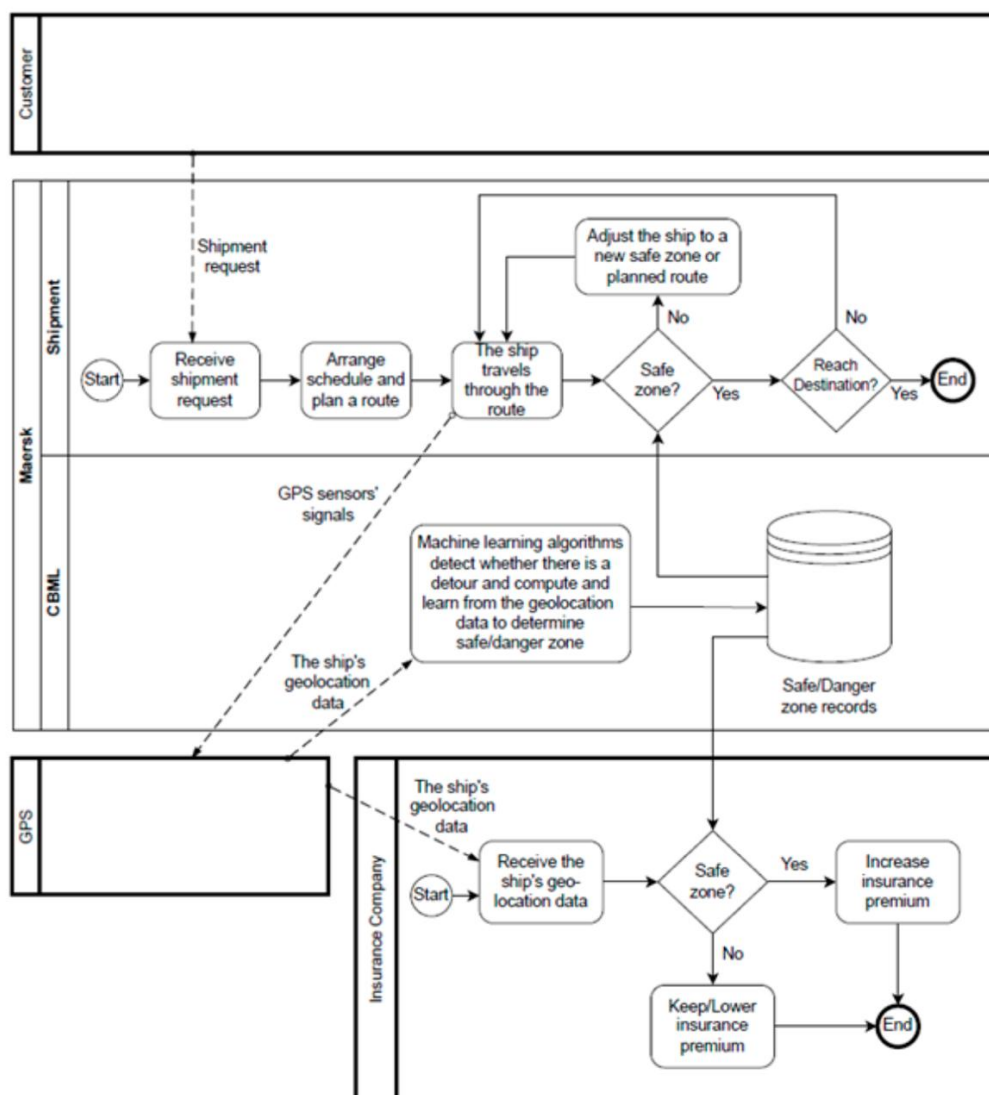
Η επιλογή αυτής της στρατηγικής αντανακλά τη λογική της θεωρίας RBV (ενότητα 2.2.3): η ικανότητα πρόβλεψης και διαχείρισης κινδύνου δεν είναι απλά αποτέλεσμα της κατοχής τεχνολογίας, αλλά μιας μοναδικής, δύσκολα αντιγράψιμης ικανότητας που η Maersk έχει αναπτύξει συνδυάζοντας κλίμακα, τεχνογνωσία και δεδομένα σε μια ολιστική προσέγγιση ανθεκτικότητας.

Μοντέλο/ Σύστημα SCM

Για να υποστηρίξει τη στρατηγική της ανθεκτικότητας, η Maersk υιοθέτησε το μοντέλο Cloud-Based Blockchain Integrated with Machine Learning (CBML), ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου που διατρέχει ολόκληρη τη διαδρομή ενός πλοίου, από το αίτημα μεταφοράς έως την παράδοση του φορτίου.

Η λογική του μοντέλου αποτυπώνεται στο διάγραμμα BPMN των Wong et al. (2023), στην εικόνα 4.1.1.: όταν ο πελάτης υποβάλλει αίτημα μεταφοράς, η Maersk σχεδιάζει τη διαδρομή και το πλοίο ξεκινά, ενώ οι αισθητήρες GPS τροφοδοτούν συνεχώς το CBML με δεδομένα γεωθέσης. Αλγόριθμοι machine learning ελέγχουν για αποκλίσεις και εντοπίζουν ασφαλείς ή επικίνδυνες ζώνες, τις οποίες αποθηκεύουν σε κοινό μητρώο (safe/danger zone records). Αν το πλοίο βρεθεί εκτός ασφαλούς ζώνης, το σύστημα ενεργοποιεί αυτόματα προσαρμογή της πορείας· αλλιώς, συνεχίζει κανονικά (Wong et al., 2023).

Παράλληλα, η ίδια ροή δεδομένων τροφοδοτεί και τη λειτουργία ασφάλισης κύτους (maritime hull insurance): η ασφαλιστική εταιρεία λαμβάνει τα δεδομένα γεωθέσης και αναπροσαρμόζει δυναμικά το ασφάλιστρο, αυξάνοντάς το σε συνθήκες κινδύνου ή διατηρώντας το σε ασφαλείς ζώνες (Wong et al., 2023). Έτσι, η ασφάλιση μετατρέπεται από στατική σύμβαση σε ζωντανό μηχανισμό που αντιδρά σε πραγματικό χρόνο. Η ίδια λογική επεκτείνεται μέσω του Remote Control Mechanism (RCM) στην παρακολούθηση φορτίου: αισθητήρες IoT καταγράφουν θέση και συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία) των εμπορευματοκιβωτίων και αποστέλλουν σήματα ελέγχου όταν απαιτείται προσαρμογή, κρίσιμο όφελος για ευαίσθητα προϊόντα όπως τρόφιμα ή φάρμακα (Wong et al., 2023). Το ίδιο το CBML αποτελεί παράδειγμα δυναμικής ικανότητας με την έννοια της θεωρίας DCT (ενότητα 2.2.2): δεν πρόκειται για ένα στατικό σύστημα ασφάλειας, αλλά για έναν μηχανισμό που αναπροσαρμόζεται συνεχώς, αλλάζοντας διαδρομές, ασφάλιστρα και επίπεδα ελέγχου, ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος.



Εικόνα 4.1. 1 Διάγραμμα BPMN – Maersk SC.

Πηγή: Wong, S., Yeung, J. K. W., Lau, Y. Y., & Kawasaki, T. (2023). A case study of how Maersk adopts cloud-based blockchain integrated with machine learning for sustainable practices. *Sustainability*, 15(9), 7305 (σ. 10)

Συνολικά, το CBML λειτουργεί ως ένα ενιαίο «νευρικό σύστημα» που συνδέει πελάτη, Maersk και ασφαλιστικές γύρω από μια κοινή ροή δεδομένων, όπου κάθε φυσικό γεγονός αποτυπώνεται ψηφιακά, αξιολογείται αλγοριθμικά και ενεργοποιεί αυτόματα την κατάλληλη αντίδραση. Ο Abdigofirovich (2025) υιοθετεί την ίδια ορολογία CBML, εστιάζοντας στην ψηφιοποίηση εγγράφων, την αδιάβλητη καταγραφή δρομολογίων και την αυτοματοποιημένη εκτέλεση συναλλαγών.

Νέες Τεχνολογίες

Το CBML στηρίζεται σε τέσσερις αλληλένδετες τεχνολογίες που αποκτούν αξία μόνο όταν λειτουργούν μαζί. Το blockchain παρέχει το αμετάβλητο κοινό μητρώο όπου καταγράφονται δρομολόγια, συμβόλαια και δεδομένα ρίσκου, εξαλείφοντας τη δυνατότητα παραποίησης και παρέχοντας αξιόπιστο audit trail σε Maersk, πελάτες και ασφαλιστικές (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025). Το machine learning αναλαμβάνει το «σκεπτικό» κομμάτι του συστήματος, επεξεργαζόμενο ιστορικά και real-time δεδομένα για να εντοπίζει δυναμικά ζώνες κινδύνου και να προτείνει ασφαλέστερες διαδρομές (Wong et al., 2023). Το cloud computing, μέσω της πλατφόρμας Microsoft Azure, προσφέρει δυναμική κατανομή υπολογιστικών πόρων on-demand, επιτρέποντας την επεξεργασία τεράστιων όγκων δεδομένων χωρίς υπερδιαστασιοποιημένες εσωτερικές υποδομές (Wong et al., 2023). Τέλος, το IoT με αισθητήρες και GPS λειτουργεί ως το «αισθητήριο» του συστήματος, τροφοδοτώντας συνεχώς το cloud και τους αλγορίθμους με αξιόπιστα δεδομένα θέσης, θερμοκρασίας και υγρασίας από τον φυσικό κόσμο (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025).

Η συνέργεια αυτών των τεσσάρων τεχνολογιών είναι που δίνει στο CBML την ιδιαίτερη αξία του: οι αισθητήρες IoT βλέπουν, το cloud σηκώνει το υπολογιστικό βάρος, το machine learning αποφασίζει, και το blockchain διατηρεί την αδιάβλητη μνήμη όλων των γεγονότων. Αυτή η αρχιτεκτονική αντανakλά ταυτόχρονα δύο θεωρητικές οπτικές. Από τη μία, τη θεωρία IPT (ενότητα 2.2.1): το ναυτιλιακό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από τόσο υψηλή αβεβαιότητα (καιρικές συνθήκες, γεωπολιτικό ρίσκο, ευρύ δίκτυο εμπλεκομένων) που μόνο μέσω αυξημένης ικανότητας επεξεργασίας πληροφορίας μπορεί η Maersk να μειώσει αυτή την αβεβαιότητα και να αποφασίζει σωστά. Από την άλλη, τη λογική του μοντέλου RAP (ενότητα 2.2.5): το IoT λειτουργεί ως τεχνολογία – πόρος που συλλέγει δεδομένα από τον φυσικό κόσμο, ενώ το machine learning, το blockchain και το cloud λειτουργούν ως τεχνολογίες – δράσης που μετατρέπουν αυτά τα δεδομένα σε απόφαση και αξία.

Λειτουργικές Εφαρμογές

Οι εφαρμογές του CBML στην πράξη καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα. Το σύστημα επιτρέπει πλήρη ιχνηλασιμότητα και διαφάνεια μέσω της παρακολούθησης και κοινής χρήσης αρχείων ρίσκου για τα πλοία, ενώ οι αλγόριθμοι machine learning εντοπίζουν επικίνδυνες ζώνες και καθοδηγούν τα πλοία σε ασφαλέστερες διαδρομές (Wong et al., 2023). Τα δρομολόγια καταγράφονται αδιάβλητα χάρη στους αισθητήρες GPS, ενώ οι υπολογιστικοί πόροι κατανέμονται δυναμικά on-demand μέσω του cloud, αποφεύγοντας την υπερδιαστασιολόγηση υποδομών (Wong et al., 2023). Παράλληλα, η ανάλυση ιστορικών δεδομένων επιτρέπει την πρόβλεψη αναγκών και δαπανών, ενώ η αξιολόγηση και επεξεργασία ασφαλιστικών

απαιτήσεων αυτοματοποιείται μέσω smart contracts (Wong et al., 2023). Ο Abdigofirovich (2025) συμπληρώνει την εικόνα τονίζοντας την πλήρη ψηφιοποίηση εγγράφων και την εκτέλεση πλήρως αυτοματοποιημένων συναλλαγών χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, στοιχείο που επιβεβαιώνεται στην βιβλιογραφική επισκόπηση. Σε αυτό το σημείο η «γέφυρα» του RAP γίνεται απόλυτα ορατή: η ροή από τον αισθητήρα GPS (πόρος), μέσω του αλγορίθμου που αξιολογεί ζώνες κινδύνου (δράση), έως την αυτόματη αναπροσαρμογή ασφαλιστρου ή διαδρομής (αποτέλεσμα στην πράξη) αποτυπώνει με τον πιο καθαρό τρόπο τη μετάβαση από τον πόρο στη δράση που περιγράφει το μοντέλο.

Αποτελέσματα

Σε λειτουργικό επίπεδο, το CBML εξασφαλίζει τεχνική επεκτασιμότητα, ταχύτερη ανάλυση big data και ασφάλεια δεδομένων μέσω αμετάβλητων εγγραφών (Wong et al., 2023). Η Maersk μειώνει σημαντικά τα λειτουργικά έξοδα μέσω του περιορισμού της γραφειοκρατίας και του κόστους μεταφοράς εγγράφων, ενώ τα ελεγκτικά κόστη μειώνονται χάρη στα κοινά audit trails (Abdigofirovich, 2025). Η ανάλυση big data επιτρέπει την επιλογή βέλτιστων διαδρομών σε πραγματικό χρόνο, μετατρέποντας τη διαχείριση κινδύνου από αντιδραστική σε προληπτική.

Σε οργανωτικό επίπεδο, δημιουργείται ένα διαφανές σύστημα όπου τα αρχεία κινδύνου μοιράζονται άμεσα μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη μεταξύ συνεργατών (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025). Η αυτοματοποίηση των ασφαλιστικών διαδικασιών απελευθερώνει ανθρώπινο δυναμικό από επαναλαμβανόμενες εργασίες, ενώ τα κοινά αμετάβλητα αρχεία απλοποιούν την εσωτερική διακυβέρνηση και συμμόρφωση.

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η διασφάλιση της ποιότητας του φορτίου μέσω απομακρυσμένου ελέγχου ενισχύει την αξιοπιστία προς τους πελάτες (Wong et al., 2023). Η πρόληψη ατυχημάτων μέσω της καθοδήγησης σε ασφαλείς διαδρομές προστατεύει ταυτόχρονα φορτίο, πληρώματα και δεσμεύσεις παράδοσης, ενώ η μείωση των ασφαλιστρών μπορεί εν μέρει να μετακυλιστεί σε πιο ανταγωνιστικές τιμές (Abdigofirovich, 2025).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, η ψηφιοποίηση μειώνει τη χρήση χαρτιού και τη γραφειοκρατία, ενώ η βελτιστοποίηση διαδρομών και η αποφυγή ατυχημάτων περιορίζουν τις εκπομπές CO₂ και την κατανάλωση καυσίμων (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025). Σε κοινωνικό επίπεδο, τα πληρώματα εργάζονται σε ασφαλέστερες συνθήκες ναυσιπλοΐας, στοιχείο που αναβαθμίζει τη διάσταση της ευημερίας των εργαζομένων (Wong et al., 2023).

Προκλήσεις

Σε λειτουργικό επίπεδο, η κυριότερη πρόκληση είναι η τεχνική βιωσιμότητα του συστήματος, καθώς απαιτείται συνεχής αναβάθμιση για την αποφυγή τεχνολογικής απαξίωσης (Abdigofirovich, 2025). Επιπλέον, τυχόν προγραμματιστικά λάθη στα smart contracts παραμένουν μόνιμα, αφού η αποκεντρωμένη φύση του blockchain δεν επιτρέπει εύκολες διορθώσεις, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένες οικονομικές απώλειες (Wong et al., 2023).

Σε οργανωτικό επίπεδο, η αποδοχή της τεχνολογίας από τους χρήστες και τους εταίρους παραμένει δύσκολη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διακοπή της πλατφόρμας TradeLens λόγω έλλειψης υποστήριξης από τα συμβαλλόμενα μέρη, που δείχνει ότι ακόμη και τεχνολογικά άρτιες λύσεις μπορούν να αποτύχουν όταν οι εταίροι δεν είναι έτοιμοι να συνεργαστούν (Wong et al., 2023). Το υψηλό κόστος ανάπτυξης και συντήρησης, λόγω του συνδυασμού blockchain, cloud, machine learning και IoT, αποτελεί επίσης σημαντικό οργανωτικό εμπόδιο (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025).

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η κοινωνική διάσταση της αυτοματοποίησης εγείρει ανησυχίες: η μείωση των χειρωνακτικών διαδικασιών συνεπάγεται απώλεια θέσεων εργασίας, στοιχείο που μπορεί να επηρεάσει τη φήμη της εταιρείας και την αντίληψη των πελατών για την κοινωνική της υπευθυνότητα (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, παρά τα οφέλη, υπάρχει ένα σημαντικό παράδοξο: η συνεχής επεξεργασία big data και η λειτουργία εκτεταμένων υποδομών cloud απαιτούν υψηλή κατανάλωση ενέργειας και πόρων, στοιχείο που μπορεί εν μέρει να αντισταθμίσει τα περιβαλλοντικά οφέλη της ψηφιοποίησης (Wong et al., 2023· Abdigofirovich, 2025).

4.1.3. Περίπτωση JD

Η ανάλυση της περίπτωσης JD βασίζεται σε δύο πηγές: τη μελέτη των Chen, Wang και Zhang (2024), η οποία εξετάζει την ενσωμάτωση blockchain και τεχνητής νοημοσύνης στο οικοσύστημα logistics της εταιρείας, και στη μελέτη περίπτωσης του Chen (2024), που εστιάζει στην πλατφόρμα JD Blockchain Open & Traceability και στις επιπτώσεις της σε λειτουργικούς και οικονομικούς δείκτες.

Βιομηχανία/ Εταιρεία

Η JD.com είναι μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες ηλεκτρονικού εμπορίου και logistics στην Κίνα και αποτελεί ιδιαίτερα διδακτική περίπτωση για το πώς μια επιχείρηση μπορεί να μετατρέψει την εφοδιαστική της αλυσίδα σε πραγματικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μέσω της ψηφιακής τεχνολογίας. Σε αντίθεση με άλλους online retailers που στηρίζονται σε τρίτους

παρόχους logistics, η JD επέλεξε να χτίσει ένα εξ ολοκλήρου ιδιόκτητο δίκτυο αποθηκών, μεταφορών και διανομής, ελέγχοντας κάθε βήμα από τον προμηθευτή μέχρι την πόρτα του πελάτη (Chen, Wang & Zhang, 2024). Το μοντέλο αυτό της κάθετης ολοκλήρωσης, αν και απαιτεί τεράστιες επενδύσεις, της επιτρέπει να εγγυάται ποιότητα, ταχύτητα και διαφάνεια σε κλίμακα που δύσκολα επιτυγχάνεται με εξωτερικούς συνεργάτες (Chen, 2024).

Η ίδια αυτή επιλογή «κουμπώνει» καλά με τη θεωρία TOE (ενότητα 2.2.4). Σε τεχνολογικό επίπεδο, η διαθεσιμότητα ώριμων λύσεων αυτοματισμού και ιχνηλασιμότητας επέτρεψε στην JD να χτίσει ένα τόσο μεγάλο ιδιόκτητο δίκτυο. Επίσης η JD διέθετε την οργανωτική ετοιμότητα και τους πόρους για να επενδύσει σε ιδιόκτητη υποδομή αντί να βασιστεί σε τρίτους. Επιπλέον, ο έντονος ανταγωνισμός στο κινεζικό ηλεκτρονικό εμπόριο δημιουργούσε ισχυρή περιβαλλοντική πίεση για διαφοροποίηση μέσω ταχύτητας και αξιοπιστίας.

SCM Στρατηγική

Η JD ακολουθεί κατά κύριο λόγο μια Resilient στρατηγική, με συμπληρωματικά στοιχεία Green/Sustainable λογικής. Η εταιρεία επιδιώκει τη βελτιστοποίηση των logistics, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη διαχείριση κινδύνου σε ολόκληρη την εφοδιαστική της αλυσίδα, συνδυάζοντας προληπτική θωράκιση απέναντι σε διαταραχές με ικανότητα ταχείας ανάκαμψης (Chen, Wang & Zhang, 2024). Ως εταιρεία με τεράστιο όγκο καθημερινών παραδόσεων και πολύπλοκο δίκτυο προμηθευτών, η JD είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένη σε αιχμές ζήτησης και κρίσεις όπως η πανδημία COVID-19, και η resilient στρατηγική ταιριάζει ακριβώς σε αυτό το περιβάλλον, αφού περιλαμβάνει τόσο προληπτικές δράσεις διαχείρισης κινδύνου όσο και αντιδραστικές δυνατότητες ευέλικτων μεταφορών (Schilling & Seuring, 2024). Παράλληλα, η JD ενσωματώνει σαφή διάσταση βιώσιμης ανάπτυξης, προωθώντας στόχους ESG μέσω της αποδοτικότερης χρήσης πόρων και της εξάλειψης του χαρτιού (Chen, Wang & Zhang, 2024· Chen, 2024). Η διπλή αυτή κατεύθυνση επιβεβαιώνει την τάση σύγκλισης των στρατηγικών LARG σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο όπου ανταγωνιστικότητα και υπευθυνότητα λειτουργούν συμπληρωματικά (Lee et al., 2022). Η στρατηγική αυτή αντανakλά επίσης τη λογική της θεωρίας RBV (ενότητα 2.2.3): η JD δεν αποκτά πλεονέκτημα απλά κατέχοντας τεχνολογία, αλλά αξιοποιώντας το ίδιο το ιδιόκτητο δίκτυο της ως μοναδικό, δύσκολα αντιγράψιμο πόρο που της επιτρέπει συνδυαστικά ανθεκτικότητα και βιωσιμότητα.

Μοντέλο/ Σύστημα SCM

Για την υλοποίηση της στρατηγικής αυτής, η JD έχει αναπτύξει το JD Blockchain Open & Traceability Platform, ένα ολοκληρωμένο σύστημα που ενσωματώνει blockchain και τεχνητή

νοημοσύνη (AI and Blockchain Integration) και συμπληρώνεται από την πρωτοβουλία «Zhizhen Life», η οποία μεταφέρει τις ψηφιακές αυτές δυνατότητες απευθείας στην καθημερινότητα του καταναλωτή (Chen, Wang & Zhang, 2024). Πρόκειται για μια ανοιχτή πλατφόρμα τύπου Platform-as-a-Service (PaaS), δηλαδή μια υποδομή που η JD προσφέρει σε τρίτους χρήστες και επιτρέπει σε προμηθευτές και συνεργάτες να συνδέονται στο blockchain δίκτυο της εταιρείας χωρίς να χρειάζεται να κατασκευάσουν εξ αρχής δική τους τεχνολογική υποδομή (Chen, 2024).

Η φιλοσοφία αυτή διαφοροποιεί ουσιαστικά τη JD από άλλες εφαρμογές blockchain στην εφοδιαστική. Αντί να χρησιμοποιεί την τεχνολογία ως εσωτερικό εργαλείο βελτιστοποίησης, τη μετατρέπει σε κοινό συνεργατικό έδαφος για ολόκληρο το οικοσύστημα των εταίρων της. Με απλά λόγια, η JD δεν «φτιάχνει ένα blockchain για τον εαυτό της», αλλά προσφέρει μια υποδομή πάνω στην οποία μπορούν να «κουμπώσουν» όλοι οι συνεργάτες της και να ανταλλάσσουν δεδομένα με ασφάλεια και διαφάνεια. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη συλλογική ανθεκτικότητα της αλυσίδας, καθώς η ροή πληροφορίας παύει να εξαρτάται από μεμονωμένους κρίκους και γίνεται κτήμα όλων των εμπλεκόμενων. Έτσι το μοντέλο λειτουργεί ως η τεχνολογική «σπονδυλική στήλη» της resilient στρατηγικής, επιβεβαιώνοντας πλήρως τη θέση του εννοιολογικού χάρτη ότι στρατηγική και σύστημα SCM αλληλοεπηρεάζονται και μαζί διαμορφώνουν τις τεχνολογικές ανάγκες του οργανισμού. Η λογική της ανοιχτής πλατφόρμας PaaS αποτελεί, μέσα από την οπτική της θεωρίας DCT (ενότητα 2.2.2), ένα από τα πιο καθαρά παραδείγματα δυναμικής ικανότητας στο σύνολο των case studies: η JD δεν αρκέστηκε στη βελτίωση του δικού της εσωτερικού συστήματος, αλλά αναδιαμόρφωσε ολόκληρο το οικοσύστημα συνεργατών της, δίνοντάς τους την υποδομή να προσαρμοστούν και αυτοί.

Νέες Τεχνολογίες

Η τεχνολογική θεμελίωση του συστήματος περιλαμβάνει blockchain, AI, IoT, big data, 5G, drones και ρομποτική, στοιχεία που αξιοποιούνται συνδυαστικά και όχι μεμονωμένα (Chen, Wang & Zhang, 2024· Chen, 2024). Το blockchain διασφαλίζει την αμετάβλητη καταγραφή δεδομένων και την κρυπτογράφηση ευαίσθητων πληροφοριών, το AI αναλαμβάνει τη βελτιστοποίηση αποθεμάτων και διαδρομών, το IoT και τα big data τροφοδοτούν τα συστήματα με πληροφορία σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες κατά μήκος της αλυσίδας, το 5G επιτρέπει την άμεση επικοινωνία ανθρώπων και μηχανών, ενώ τα drones και τα αυτόνομα οχήματα επεκτείνουν τη φυσική παρουσία της JD σε περιοχές όπου η παραδοσιακή διανομή θα ήταν αντισυμβατική.

Το ίδιο αυτό σύνολο τεχνολογιών είναι ίσως το πιο καθαρό παράδειγμα της θεωρίας RAP (ενότητα 2.2.5) σε όλη την ανάλυση: το IoT και τα big data λειτουργούν ως τεχνολογίες – πόρος που συλλέγουν πληροφορία, ενώ το AI και το blockchain λειτουργούν ως τεχνολογίες – δράσης που τη μετατρέπουν σε απόφαση, έλεγχο και αξία. Παράλληλα, ο ίδιος ο όγκος και η ταχύτητα αυτής της πληροφορίας αντανακλούν τη λογική της θεωρίας IPT (ενότητα 2.2.1): μόνο μέσω ισχυρής ικανότητας επεξεργασίας πληροφορίας μπορεί η JD να διαχειρίζεται την αβεβαιότητα ενός τόσο μεγάλου και απαιτητικού δικτύου.

Λειτουργικές Εφαρμογές

Σε επίπεδο εφαρμογών, η JD λειτουργεί πλήρως αυτοματοποιημένες αποθήκες και δικτυωμένα πάρκα logistics όπου μηχανές και άνθρωποι επικοινωνούν σε πραγματικό χρόνο, ενώ αξιοποιεί προβλεπτική ανάλυση ζήτησης και βελτιστοποίηση διαδρομών μεταφοράς (Chen, Wang & Zhang, 2024). Η ιχνηλασιμότητα υλοποιείται μέσω μιας αμετάβλητης «ψηφιακής ταυτότητας» κάθε προϊόντος, η οποία καταγράφει τη διαδρομή του από την παραγωγή έως την παράδοση, επιτρέποντας πλήρη επαλήθευση αποστολών (Chen, 2024). Η αυτοματοποιημένη επαλήθευση εγγράφων μέσω alliance chain ελαχιστοποιεί τον χειροκίνητο έλεγχο, ενώ η χρήση «On-chain Signature» για ψηφιακές υπογραφές σε φορτωτικές καταργεί τη φυσικής μορφής γραφειοκρατία (paperless logistics). Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εφαρμογή blockchain τιμολόγησης για την έκδοση αδιάβλητων τιμολογίων ΦΠΑ, που αποτρέπει πλαστά έγγραφα και διπλές χρεώσεις, καθώς και η έξυπνη αποθήκευση και διανομή μέσω AI αλγορίθμων που τοποθετούν στρατηγικά τα αποθέματα κοντά στον πελάτη (Chen, 2024).

Σε αυτό το σημείο η λογική του RAP ολοκληρώνεται στην πράξη: τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες και συστήματα παρακολούθησης μετατρέπονται, μέσω AI και blockchain, σε συγκεκριμένες ενέργειες (αυτοματοποιημένη τιμολόγηση, στρατηγική τοποθέτηση αποθεμάτων, ψηφιακή ταυτότητα προϊόντος), που είναι ακριβώς η «δράση» ανάμεσα στον πόρο και το τελικό αποτέλεσμα.

Αποτελέσματα

Σε λειτουργικό επίπεδο, ο κύκλος παραμονής των προϊόντων στην αποθήκη μειώθηκε σε λιγότερο από 30 ημέρες, ενώ το ποσοστό εξόδων εκτέλεσης (Performance Expense Rate) έπεσε στο 6,2% χάρη στην αυτοματοποίηση ελέγχων και στην εξάλειψη της γραφειοκρατίας (Chen, 2024). Η παραγωγικότητα του προσωπικού (κούριερ και αποθηκάρων) βελτιώθηκε μέσω της χρήσης AI και big data, ενώ η βέλτιστη χρήση οχημάτων και αποθηκευτικών χώρων μείωσε τη σπατάλη. Η τεχνολογία δημιουργεί επιπλέον οικονομίες κλίμακας, επιτρέποντας την

εξυπηρέτηση μαζικά περισσότερων πελατών χωρίς αναλογική αύξηση του κόστους (Chen, 2024).

Σε οργανωτικό επίπεδο, η πλατφόρμα ενισχύει τη διαφάνεια, την εμπιστοσύνη και την επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων στην αλυσίδα, αφού οι αξιόπιστες συναλλαγές και η μείωση της ασυμμετρίας πληροφορίας δημιουργούν ένα κοινό πλαίσιο συνεργασίας (Chen, Wang & Zhang, 2024). Η σταθεροποίηση του κόστους προμηθειών σε σχέση με τα έσοδα, παρά τη διεύρυνση της γκάμας προϊόντων, αποτυπώνει τη βελτιωμένη διαπραγματευτική θέση και τον καλύτερο συντονισμό με τους προμηθευτές (Chen, 2024).

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, τα οφέλη είναι ιδιαίτερα ορατά, με κυρίαρχο την μείωση παραπόνων των πελατών, ενώ παράλληλα οι πωλήσεις σε προϊόντα υγείας αυξήθηκαν κατά 29,4% και οι επαναγορές σε θαλασσινά εκτοξεύτηκαν κατά 47,5% (Chen, 2024). Η ιχνηλασιμότητα λειτουργεί ως εργαλείο «αυτόματης εμπιστοσύνης», μειώνοντας την ανάγκη για διαφημιστική δαπάνη, αφού οι ίδιοι οι πελάτες μπορούν να επαληθεύσουν την προέλευση και την ποιότητα των προϊόντων. Η χρήση drones και αυτόνομων οχημάτων μειώνει δραστικά τον χρόνο παράδοσης σε απομακρυσμένες περιοχές, επεκτείνοντας την αξιόπιστη εξυπηρέτηση σε αγορές που παραδοσιακά θεωρούνταν δυσπρόσιτες (Chen, Wang & Zhang, 2024).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, η JD προωθεί τη βιώσιμη ανάπτυξη μέσω της αποδοτικότερης χρήσης πόρων, της εξάλειψης του χαρτιού χάρη στις ψηφιακές υπογραφές και της βελτιστοποίησης διαδρομών που μειώνει τις εκπομπές από περιττές μεταφορές (Chen, Wang & Zhang, 2024· Chen, 2024).

Προκλήσεις

Σε λειτουργικό επίπεδο, η κυριότερη πρόκληση είναι η απαίτηση για τεχνική ευελιξία: το blockchain πρέπει να είναι αρθρωτό (pluggable) ώστε να προσαρμόζεται σε ποικίλα επιχειρηματικά σενάρια, ενώ η διαχείριση ανωμαλιών παραμένει δύσκολη κατά την παράδοση σε πραγματικό χρόνο (Chen, 2024).

Σε οργανωτικό επίπεδο, η JD αντιμετωπίζει την ανάγκη για ριζική οργανωτική μεταρρύθμιση και αλλαγή εταιρικής κουλτούρας ώστε να υιοθετηθούν πλήρως οι τεχνολογίες AI και blockchain, καθώς και την εκπαίδευση του προσωπικού στις νέες διαδικασίες (Chen, Wang & Zhang, 2024· Chen, 2024). Η πολυπλοκότητα του οικοσυστήματος και η ευθυγράμμιση στόχων με ένα τεράστιο δίκτυο προμηθευτών αποτελεί διαρκή πρόκληση, ενώ η απουσία προτύπων τυποποίησης για διαλειτουργικότητα τεχνολογιών περιορίζει τη διάχυση της λύσης

(Chen, Wang & Zhang, 2024). Επιπλέον, η ανάγκη για αύξηση των δαπανών R&D πέρα από το τρέχον 3% είναι επιβεβλημένη για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας (Chen, 2024). Αυτές οι προκλήσεις επιβεβαιώνουν, εκ του αντιθέτου, τη θεωρία TOE: η ανάγκη για οργανωτική μεταρρύθμιση και εκπαίδευση προσωπικού δείχνει ότι η τεχνολογική ετοιμότητα από μόνη της δεν αρκεί χωρίς αντίστοιχη οργανωτική ετοιμότητα, ενώ η απουσία κοινών τεχνικών προτύπων αναδεικνύει το βάρος της περιβαλλοντικής/κλαδικής διάστασης στην πλήρη αξιοποίηση της τεχνολογίας.

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η διασφάλιση της ιδιωτικότητας και της ασφάλειας των δεδομένων παραμένει κρίσιμη. Η προστασία του εμπορικού απορρήτου μέσω κρυπτογραφημένης πρόσβασης μόνο σε εξουσιοδοτημένους κόμβους είναι αναγκαία, ενώ η αστάθεια της καταναλωτικής συμπεριφοράς δυσχεραίνει τη μετατροπή των big data σε ακριβείς προβλέψεις χωρίς παράλληλη αύξηση του κόστους ανάλυσης (Chen, 2024).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, η κυριότερη πρόκληση είναι το ενεργειακό και υλικό αποτύπωμα του ίδιου του τεχνολογικού μοντέλου. Η λειτουργία πλήρως αυτοματοποιημένων αποθηκών, η εκτεταμένη χρήση drones, ρομποτικής και αυτόνομων οχημάτων, καθώς και η συνεχής επεξεργασία big data μέσω AI και blockchain, απαιτούν σημαντική κατανάλωση ενέργειας και υλικοτεχνικού εξοπλισμού, στοιχείο που μπορεί εν μέρει να αντισταθμίσει τα περιβαλλοντικά οφέλη της ψηφιοποίησης και της βελτιστοποίησης διαδρομών (Chen, Wang & Zhang, 2024). Σε κοινωνική διάσταση των ESG, η εκτεταμένη αυτοματοποίηση εγείρει ζητήματα απώλειας θέσεων εργασίας και ανάγκης επανεκπαίδευσης του προσωπικού, πρόκληση που η εταιρεία καλείται να διαχειριστεί υπεύθυνα ως μέρος της κοινωνικής της αποστολής (Chen, Wang & Zhang, 2024).

4.1.4. Περίπτωση Alibaba

Η ανάλυση της περίπτωσης Alibaba στηρίζεται στη μελέτη των Chen, Wang και Zhang (2024), η οποία εξετάζει το σύστημα «Ant Blockchain» και την ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης και blockchain στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας του ομίλου.

Βιομηχανία/ Εταιρεία

Ο Alibaba Group είναι ένας από τους μεγαλύτερους ομίλους ηλεκτρονικού εμπορίου και logistics παγκοσμίως, με δραστηριότητες που καλύπτουν πλατφόρμες B2B και B2C, χρηματοοικονομικές υπηρεσίες και cloud computing. Η κλίμακα των καθημερινών συναλλαγών και το τεράστιο δίκτυο συνεργατών καθιστούν τη διαχείριση της εφοδιαστικής

αλυσίδας εξαιρετικά σύνθετη υπόθεση, όπου ακόμη και μικρές αστοχίες συντονισμού μπορούν να πολλαπλασιαστούν σε τεράστιες λειτουργικές απώλειες (Chen, Wang & Zhang, 2024).

Η περίπτωση αυτή μπορεί να μελετηθεί υπό την θεωρία TOE (ενότητα 2.2.4). Σε τεχνολογικό επίπεδο, τεχνολογίες όπως το blockchain, το AI και το cloud computing είχαν φτάσει πλέον σε επαρκή ωριμότητα και διαθεσιμότητα ώστε να συνδυαστούν σε ένα ενιαίο σύστημα. Σε οργανωτικό επίπεδο, ο όμιλος διέθετε τους πόρους και την κλίμακα για μια τόσο μεγάλη επένδυση. Τέλος, σε περιβαλλοντικό επίπεδο, η ίδια η πολυπλοκότητα και ο όγκος του δικτύου συνεργατών δημιουργούσαν ισχυρή πίεση για ένα εργαλείο συντονισμού σε πραγματικό χρόνο.

SCM Στρατηγική

Η στρατηγική της Alibaba επικεντρώνεται στην ενίσχυση της διαφάνειας και στη διαχείριση κινδύνου στην εφοδιαστική αλυσίδα. Εντάσσεται κατά κύριο λόγο στην κατηγορία της Resilient στρατηγικής, με έμφαση στην προληπτική πρόβλεψη διαταραχών και στην ταχεία αντίδραση όταν αυτές συμβαίνουν (Chen, Wang & Zhang, 2024). Δεδομένου ότι η Alibaba λειτουργεί σε ένα περιβάλλον με υψηλή μεταβλητότητα ζήτησης και εκτεταμένο δίκτυο προμηθευτών τρίτων, η ανθεκτικότητα αποτελεί κρίσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Η επιλογή αυτή επιβεβαιώνει όσα ειπώθηκαν στη βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικά με τη μετάβαση από παθητική αντιμετώπιση διαταραχών σε προληπτική οικοδόμηση ανθεκτικότητας μέσω ψηφιακών εργαλείων (Tian & Cui, 2025, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση).

Η στρατηγική αυτή συνδέεται με την θεωρία RBV (ενότητα 2.2.3): η ανθεκτικότητα της Alibaba δεν προκύπτει από την απλή κατοχή τεχνολογίας, αλλά από τον τρόπο που ο όμιλος συνδυάζει το δικό του δίκτυο δεδομένων, υποδομών και συνεργατών σε μια δύσκολα αντιγράψιμη ικανότητα πρόβλεψης και διαχείρισης κινδύνου.

Μοντέλο/ Σύστημα SCM:

Για την υλοποίηση της στρατηγικής αυτής, η Alibaba αξιοποιεί το «Ant Blockchain», ένα σύστημα που ενσωματώνει blockchain και τεχνητή νοημοσύνη (AI and Blockchain Integration) σε μια ενιαία υποδομή διαχείρισης δεδομένων και συναλλαγών (Chen, Wang & Zhang, 2024). Το Ant Blockchain λειτουργεί ως κοινό ψηφιακό «λογιστικό βιβλίο» στο οποίο καταγράφονται αμετάβλητα όλες οι κινήσεις της αλυσίδας, από την παραγωγή έως την παράδοση στον τελικό πελάτη, ενώ πάνω σε αυτό «τρέχουν» αλγόριθμοι AI που μετατρέπουν τα δεδομένα σε προβλέψεις και προτάσεις δράσης. Η συνέργεια αυτή επιβεβαιώνει τη

θεωρητική οπτική RAP που αναλύθηκε στη βιβλιογραφική επισκόπηση, σύμφωνα με την οποία οι τεχνολογίες πόρων (όπως το blockchain που συλλέγει και διατηρεί δεδομένα) και οι τεχνολογίες δράσης (όπως το AI που τα μετατρέπει σε αξία) λειτουργούν συμπληρωματικά.

Το ίδιο το Ant Blockchain αποτελεί παράδειγμα δυναμικής ικανότητας με την έννοια της θεωρίας DCT (ενότητα 2.2.2): δεν είναι ένα στατικό αποθηκευτικό σύστημα, αλλά ένας μηχανισμός που συνεχώς «μαθαίνει» από νέα δεδομένα και προσαρμόζει τις προτάσεις του, επιτρέποντας στον όμιλο να ανταποκρίνεται δυναμικά σε μεταβαλλόμενες συνθήκες ζήτησης και κινδύνου.

Νέες Τεχνολογίες

Η τεχνολογική βάση του «Ant Blockchain» στηρίζεται σε τέσσερις αλληλένδετες τεχνολογίες: το blockchain παρέχει το αμετάβλητο, κοινό μητρώο συναλλαγών και δεδομένων, το AI και το machine learning αναλαμβάνουν την προβλεπτική ανάλυση, τον εντοπισμό προβλημάτων και τη διατύπωση προτάσεων βελτιστοποίησης, και το big data analytics τροφοδοτεί τους αλγόριθμους με τα τεράστια σύνολα δεδομένων που παράγονται καθημερινά στο οικοσύστημα της Alibaba (Chen, Wang & Zhang, 2024).

Η ίδια αυτή ανάγκη για συνεχή επεξεργασία τεράστιου όγκου δεδομένων συνδέεται με την θεωρία IPT (ενότητα 2.2.1): σε ένα περιβάλλον με τόσο υψηλή μεταβλητότητα ζήτησης και πολυπλοκότητα δικτύου, μόνο μέσω ενισχυμένης ικανότητας επεξεργασίας πληροφορίας μπορεί η Alibaba να μειώσει την αβεβαιότητα και να λάβει έγκαιρες αποφάσεις.

Λειτουργικές Εφαρμογές

Σε επίπεδο εφαρμογών, το σύστημα επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας και τον εντοπισμό προβλημάτων στα αποθέματα, με αυτόματη διατύπωση προτάσεων βελτιστοποίησης και έξυπνης αντιμετώπισης (Chen, Wang & Zhang, 2024). Οι αλγόριθμοι παράγουν ακριβείς προβλέψεις ζήτησης και προλαμβάνουν σφάλματα ή καθυστερήσεις πριν αυτά επηρεάσουν τη ροή λειτουργιών, ενώ αρκετές καθημερινές διαδικασίες αυτοματοποιούνται, μειώνοντας την ανάγκη για χειροκίνητες παρεμβάσεις.

Στο επίκεντρο της αρχιτεκτονικής βρίσκεται το Control Tower, ένα κέντρο ελέγχου που συγκεντρώνει δείκτες απόδοσης από όλα τα σημεία της αλυσίδας και υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, λειτουργώντας ουσιαστικά ως «πύργος ελέγχου» που επιτρέπει στα στελέχη να βλέπουν ταυτόχρονα όλη την εικόνα και να παρεμβαίνουν στοχευμένα (Chen, Wang & Zhang, 2024). Παράλληλα, η ιχνηλασιμότητα και η επαλήθευση προϊόντων μέσω blockchain λειτουργούν ως αμυντικός μηχανισμός απέναντι στην απάτη και

την παραποίηση, ενισχύοντας ταυτόχρονα τη λογοδοσία μεταξύ των εμπλεκομένων. Τέλος, τα smart contracts εκτελούν αυτοματοποιημένες συναλλαγές χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, μετατρέποντας τις συμβατικές συμφωνίες σε αυτοεκτελούμενο κώδικα που ενεργοποιείται όταν πληρούνται προκαθορισμένες συνθήκες.

Το Control Tower αποτελεί, ουσιαστικά, το σημείο όπου η λογική του RAP γίνεται απόλυτα ορατή στην πράξη: τα δεδομένα που συλλέγουν οι τεχνολογίες – πόρος (blockchain, big data) συγκεντρώνονται και μετατρέπονται, μέσω των τεχνολογιών – δράσης (AI, predictive analytics), σε άμεσες ενέργειες και αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, η ίδια η «γέφυρα» από πόρο σε δράση που περιγράφει το μοντέλο.

Αποτελέσματα

Σε λειτουργικό επίπεδο, η Alibaba πετυχαίνει ταχύτερες και ακριβέστερες λειτουργίες σε ολόκληρη την αλυσίδα, καλύτερη διαχείριση της πολυπλοκότητας των logistics και σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας. Η προληπτική διαχείριση διαταραχών μέσω predictive analytics είναι ίσως το πιο χαρακτηριστικό όφελος: αντί το σύστημα να αντιδρά σε προβλήματα αφού έχουν προκληθεί, εντοπίζει τις ενδείξεις τους εκ των προτέρων και ενεργοποιεί διορθωτικές ενέργειες, μετατρέποντας έτσι τη διαχείριση κινδύνου από παθητική σε ενεργητική (Chen, Wang & Zhang, 2024). Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται και στην πράξη η λογική του RAP: η πληροφορία που συλλέγει το blockchain (πόρος) και επεξεργάζεται το AI (δράση) καταλήγει τελικά σε μετρήσιμη απόδοση, ταχύτερες λειτουργίες, μεγαλύτερη αποδοτικότητα, ενεργητική αντί παθητική διαχείριση κινδύνου, επιβεβαιώνοντας ότι η αξία μιας τεχνολογίας πόρου αναδεικνύεται μόνο όταν συνδυάζεται με την κατάλληλη τεχνολογία δράσης.

Σε οργανωτικό επίπεδο, η αμετάβλητη καταγραφή δεδομένων στο blockchain δημιουργεί ένα περιβάλλον πραγματικής λογοδοσίας μεταξύ όλων των εμπλεκομένων στην αλυσίδα. Κανείς δεν μπορεί να αλλοιώσει εκ των υστέρων την πληροφορία, και κάθε ενέργεια είναι ανιχνεύσιμη, γεγονός που εξαλείφει τις ασυμμετρίες πληροφορίας και τις διαφωνίες που συνήθως προκύπτουν σε πολύπλοκα δίκτυα συνεργατών (Chen, Wang & Zhang, 2024). Ταυτόχρονα, η πληροφορία που συγκεντρώνεται στο Control Tower υποστηρίζει πιο ενημερωμένη και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων σε στρατηγικό επίπεδο.

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η ικανοποίηση των πελατών βελτιώνεται σημαντικά χάρη στην αξιοπιστία των παραδόσεων και στη διαφάνεια της διαδικασίας (Chen, Wang & Zhang, 2024). Η ιχνηλασιμότητα λειτουργεί ως εγγύηση αυθεντικότητας, προστατεύοντας τον καταναλωτή

από παραποιημένα ή μη κανονιστικά συμβατά προϊόντα — ζήτημα ιδιαίτερα κρίσιμο για μια πλατφόρμα που φιλοξενεί εκατομμύρια προμηθευτές τρίτων.

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, αν και η πηγή δεν εστιάζει ρητά σε δείκτες βιωσιμότητας, τα έμμεσα οφέλη είναι σαφή. Η πιο ακριβής πρόβλεψη ζήτησης μειώνει την υπερπαραγωγή και τα πλεονάζοντα αποθέματα, ενώ η βελτιστοποίηση αποθηκών και διαδρομών περιορίζει τη σπατάλη πόρων και τις περιττές μεταφορές.

Προκλήσεις

Σε λειτουργικό επίπεδο, η κυριότερη πρόκληση είναι η ανάγκη συνεχούς συντήρησης και τεχνικής υποστήριξης του συστήματος. Ένα τόσο σύνθετο οικοσύστημα τεχνολογιών απαιτεί διαρκείς αναβαθμίσεις, παρακολούθηση της απόδοσης των αλγορίθμων και έγκαιρη αντιμετώπιση τεχνικών σφαλμάτων, ώστε να διατηρείται η αξιοπιστία του σε πραγματικό χρόνο (Chen, Wang & Zhang, 2024). Παράλληλα, το υψηλό κόστος της τεχνολογίας σε συνδυασμό με την απουσία διεθνών προτύπων τυποποίησης και διαλειτουργικότητας περιορίζει τη δυνατότητα εύκολης σύνδεσης με άλλες πλατφόρμες και δημιουργεί τεχνικά εμπόδια στην ευρύτερη διάχυση του μοντέλου.

Σε οργανωτικό επίπεδο, η Alibaba αντιμετωπίζει την ανάγκη για ουσιαστικές οργανωτικές αλλαγές και μετασχηματισμό της εταιρικής κουλτούρας, ώστε οι εργαζόμενοι σε κάθε επίπεδο να μπορούν να συνεργαστούν αποτελεσματικά με τα νέα ψηφιακά εργαλεία (Chen, Wang & Zhang, 2024). Η συστηματική εκπαίδευση του προσωπικού είναι επιτακτική, ώστε να αξιοποιηθούν οι τεχνολογίες και να αποδώσουν την πλήρη τους αξία.

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, το κρίσιμο ζήτημα είναι η προστασία της ιδιωτικότητας και η ασφάλεια των δεδομένων. Η συνεχής παρακολούθηση ολόκληρης της αλυσίδας δημιουργεί τεράστιο όγκο ευαίσθητων ψηφιακών ιχνών, από συναλλακτικές συμπεριφορές μέχρι προτιμήσεις και προσωπικά στοιχεία, τα οποία πρέπει να προστατεύονται από κακόβουλες ενέργειες και διαρροές (Chen, Wang & Zhang, 2024).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, η κύρια πρόκληση σχετίζεται με την υψηλή ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για τη λειτουργία των συστημάτων blockchain, AI και big data analytics. Η συνεχής επεξεργασία τεράστιων όγκων δεδομένων και η λειτουργία εκτεταμένων υποδομών cloud μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το ανθρακικό αποτύπωμα της εταιρείας, αντισταθμίζοντας εν μέρει τα έμμεσα περιβαλλοντικά οφέλη της ψηφιοποίησης.

4.1.5. Περίπτωση FMCG

Η ανάλυση της περίπτωσης του κλάδου FMCG βασίζεται σε δύο πηγές: τη μελέτη των Nozari, Szmelter-Jarosz και Ghahremani-Nahr (2022), η οποία παρουσιάζει το μοντέλο AIoT Smart Supply Chain και τις βασικές λειτουργικές εφαρμογές του, και τη μελέτη των Najafi, Nozari και Edalatpanah (2022), που εστιάζει στον ρόλο του deep learning και της πράσινης εφοδιαστικής αλυσίδας στον συγκεκριμένο κλάδο.

Βιομηχανία

Ο κλάδος των FMCG (Fast-Moving Consumer Goods) περιλαμβάνει προϊόντα καθημερινής κατανάλωσης (τρόφιμα, ποτά, είδη ατομικής υγιεινής, καθαριστικά) που χαρακτηρίζονται από μεγάλους όγκους παραγωγής, χαμηλά περιθώρια κέρδους ανά μονάδα και ταχύτατη κυκλοφορία μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες περιπτώσεις (Lenovo, Maersk, JD, Alibaba), όπου η ανάλυση εστίαζε σε μια συγκεκριμένη εταιρεία, εδώ οι Nozari, Szmelter-Jarosz και Ghahremani-Nahr (2022) και οι Najafi, Nozari και Edalatpanah (2022) εξετάζουν τον κλάδο συνολικά. Η φύση του τομέα, με την ανάγκη για άμεση ανταπόκριση στη ζήτηση, τη διαχείριση προϊόντων περιορισμένης διάρκειας ζωής και τη διαρκή πίεση για αποδοτικότητα, καθιστά τον ψηφιακό μετασχηματισμό όχι απλώς επιθυμητό αλλά απαραίτητη συνθήκη επιβίωσης.

Ο περίπτωση του FMCG κλάδου ερμηνεύεται από τη θεωρία TOE (ενότητα 2.2.4) με έναν ιδιαίτερο τρόπο. Σε τεχνολογικό επίπεδο, τεχνολογίες όπως το AIoT και το edge computing ήταν πλέον αρκετά ώριμες και διαθέσιμες. Σε οργανωτικό επίπεδο, όμως, όπως θα φανεί και στις προκλήσεις, πολλές επιχειρήσεις του κλάδου δεν διέθεταν την ίδια ετοιμότητα. Τέλος, σε περιβαλλοντικό επίπεδο, τα χαμηλά περιθώρια κέρδους και η ανάγκη άμεσης ανταπόκρισης στη ζήτηση δημιουργούσαν έντονη πίεση για υιοθέτηση, καθιστώντας τον ψηφιακό μετασχηματισμό σχεδόν υποχρεωτικό για την επιβίωση στον κλάδο.

SCM Στρατηγική

Η στρατηγική που περιγράφουν και οι δύο πηγές για τον κλάδο των FMCG είναι αυτή της Έξυπνης Αλυσίδας Εφοδιασμού (Smart Supply Chain), η οποία συνδυάζει στοιχεία της Agile και της Lean προσέγγισης. Ο κλάδος χρειάζεται ταυτόχρονα ευελιξία για να ανταποκρίνεται σε ραγδαίες αλλαγές στην καταναλωτική συμπεριφορά και λιτότητα για να ελαχιστοποιεί σπατάλη σε ένα περιβάλλον με πολύ χαμηλά περιθώρια κέρδους (Nozari et al., 2022· Najafi et al., 2022).

Η επιλογή αυτή αντανακλά τη λογική της θεωρίας RBV (ενότητα 2.2.3): σε έναν κλάδο με τόσο χαμηλά περιθώρια κέρδους, το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα δεν προκύπτει από την κατοχή τεχνολογίας αυτή καθαυτή, αλλά από την ικανότητα μιας επιχείρησης να συνδυάζει ευελιξία και λιτότητα σε μια μοναδική, δύσκολα αντιγράψιμη λειτουργική ικανότητα.

Μοντέλο/ Σύστημα SCM

Για την υλοποίηση της στρατηγικής αυτής, και οι δύο πηγές συγκλίνουν στο μοντέλο του AIoT Smart Supply Chain, δηλαδή στον συνδυασμό Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) σε μια ενιαία αρχιτεκτονική. Με απλά λόγια, το AIoT σημαίνει ότι οι συσκευές IoT που είναι διασκορπισμένες σε ολόκληρη την αλυσίδα, όπως αισθητήρες σε αποθήκες, φορτηγά, ψυγεία και ράφια καταστημάτων, όχι μόνο συλλέγουν δεδομένα, αλλά τα επεξεργάζονται άμεσα μέσω αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, αποφασίζοντας τοπικά και σε πραγματικό χρόνο χωρίς να χρειάζεται να περιμένουν εντολές από κάποιο κεντρικό σύστημα (Nozari et al., 2022· Najafi et al., 2022).

Η ίδια αυτή ικανότητα τοπικής, αυτόνομης προσαρμογής, εφάπτεται με την λογική της θεωρίας DCT (ενότητα 2.2.2): το σύστημα δεν περιμένει κεντρικές οδηγίες για να αλλάξει συμπεριφορά, αλλά αναδιαμορφώνεται διαρκώς στο ίδιο το σημείο της αλυσίδας όπου εμφανίζεται η ανάγκη, κάτι ιδιαίτερα κρίσιμο σε έναν κλάδο με τόσο ταχείς ρυθμούς μεταβολής.

Νέες Τεχνολογίες

Η τεχνολογική βάση του μοντέλου περιλαμβάνει AI, IoT, RFID και αισθητήρες, ενώ οι Najafi et al. (2022) προσθέτουν και το Deep Learning, Machine Learning και Edge Computing. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα κρίσιμο, αφού επιτρέπει την επεξεργασία δεδομένων κοντά στην πηγή τους, αντί για απομακρυσμένα data centers, μειώνοντας δραστικά την καθυστέρηση απόκρισης. Η συνέργεια αυτών των τεχνολογιών επιβεβαιώνει την οπτική RAP της βιβλιογραφικής ανασκόπησης: τα IoT και τα big data λειτουργούν ως τεχνολογίες πόρων που συλλέγουν πληροφορία, ενώ το AI και το machine learning ως τεχνολογίες δράσης που τη μετατρέπουν σε αποφάσεις. Το ίδιο το edge computing αποτελεί ιδιαίτερα εύστοχο παράδειγμα της θεωρίας IPT (ενότητα 2.2.1): σε έναν κλάδο όπου η ζήτηση αλλάζει σχεδόν στιγμιαία, η επεξεργασία της πληροφορίας κοντά στην πηγή της, αντί σε απομακρυσμένο data center, μειώνει δραστικά την καθυστέρηση και επιτρέπει στην επιχείρηση να αντιδρά πριν η αβεβαιότητα μετατραπεί σε πρόβλημα.

Λειτουργικές Εφαρμογές

Σε επίπεδο εφαρμογών, οι δύο πηγές περιγράφουν ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών. Το σύστημα υλοποιεί προβλεπτική ανάλυση της αγοραστικής συμπεριφοράς και των γεωγραφικών προτιμήσεων των πελατών, ενώ η διαχείριση αποθεμάτων γίνεται σε πραγματικό χρόνο μέσω αισθητήρων και αλγορίθμων AI (Najafi et al., 2022). Η αυτοματοποίηση καλύπτει τόσο τα logistics, με έξυπνα συστήματα μεταφοράς που επιταχύνουν τις διαδικασίες, όσο και την παραγωγή, όπου ο προγραμματισμός υλικών γίνεται χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Η διαχείριση ποιότητας στηρίζεται σε αλγορίθμους μηχανικής μάθησης που ελέγχουν τη συμμόρφωση εκατομμυρίων προϊόντων, ενώ η βελτιστοποίηση επεκτείνεται σε στρατηγικές αποθηκών, κόστους, μεταφορών και επιλογής προμηθευτών (Nozari et al., 2022). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη διαχείριση ενέργειας και αποβλήτων μέσω έξυπνων συστημάτων και στην ενσωμάτωση δεικτών για μια πράσινη εφοδιαστική αλυσίδα.

Σε όλο αυτό το φάσμα εφαρμογών φαίνεται καθαρά η «γέφυρα» που περιγράφει το RAP: οι αισθητήρες IoT λειτουργούν ως τεχνολογία – πόρος που τροφοδοτεί συνεχώς το σύστημα με δεδομένα από αποθήκες, φορτηγά και ράφια, ενώ το AI λειτουργεί ως τεχνολογία – δράση που μετατρέπει αυτά τα δεδομένα σε συγκεκριμένες ενέργειες, πρόβλεψη ζήτησης, αυτόματη παραγγελία, έλεγχο ποιότητας, χωρίς να μεσολαβεί ανθρώπινη παρέμβαση.

Αποτελέσματα

Σε λειτουργικό επίπεδο, το AIoT μοντέλο αυξάνει σημαντικά την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα σε όλα τα στάδια της αλυσίδας, μειώνει το κόστος μεταφορών και τους χρόνους παράδοσης, και επιτρέπει την άμεση λήψη αποφάσεων μέσω edge computing με ελάχιστη καθυστέρηση (Nozari et al., 2022· Najafi et al., 2022). Η αλυσίδα μετασχηματίζεται από απλά αντιδραστική σε δυναμική και προληπτική, ικανή να προβλέπει και ακόμη και να δημιουργεί μελλοντικές ανάγκες.

Σε οργανωτικό επίπεδο, η διαφάνεια και η ορατότητα ενισχύονται σημαντικά, επιτρέποντας τον αποτελεσματικό διαμοιρασμό πληροφοριών μεταξύ όλων των εμπλεκομένων. Η πλήρης ιχνηλασιμότητα των αγαθών δημιουργεί ένα πιο συνεκτικό οικοσύστημα, όπου προμηθευτές, παραγωγοί και διανομείς μπορούν να συντονίζονται σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που μεταφράζεται σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για όσες εταιρείες υιοθετούν το μοντέλο (Nozari et al., 2022).

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η ακριβέστερη πρόβλεψη ζήτησης διασφαλίζει ότι τα προϊόντα είναι διαθέσιμα τη στιγμή που ο καταναλωτής τα ζητά, στο σωστό σημείο και στη σωστή ποσότητα. Η ιχνηλασιμότητα προστατεύει επίσης τον πελάτη από προϊόντα αμφίβολης

προέλευσης ή ποιότητας, ενώ η ταχύτερη παράδοση ενισχύει τη συνολική εμπειρία αγοράς (Najafi et al., 2022).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, η έξυπνη διαχείριση ενέργειας και αποβλήτων, σε συνδυασμό με τη βελτιστοποίηση διαδρομών και αποθεμάτων, μειώνει σημαντικά τη σπατάλη πόρων και τις εκπομπές (Nozari et al., 2022). Η ρητή ενσωμάτωση δεικτών για φιλική προς το περιβάλλον διανομή στο μοντέλο των Najafi et al. (2022) δείχνει ότι η βιωσιμότητα δεν αντιμετωπίζεται ως δευτερεύον αποτέλεσμα, αλλά ως θεμελιώδης σχεδιαστική αρχή της έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας.

Προκλήσεις

Σε λειτουργικό επίπεδο, η κυριότερη πρόκληση είναι η διαχείριση των big data: ο τεράστιος όγκος και η ταχύτητα παραγωγής δεδομένων δυσκολεύουν τον διαχωρισμό της χρήσιμης πληροφορίας από τον «θόρυβο» (Najafi et al., 2022). Η έλλειψη κατάλληλων υποδομών και τα προβλήματα διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων περιορίζουν επιπλέον την ομαλή λειτουργία, ενώ το υψηλό κόστος των προηγμένων συσκευών edge computing δημιουργεί οικονομικά εμπόδια στην υιοθέτηση (Nozari et al., 2022· Najafi et al., 2022).

Σε οργανωτικό επίπεδο, η έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού και ψηφιακών δεξιοτήτων αποτελεί ίσως το σημαντικότερο εμπόδιο, αφού χωρίς ανθρώπους που κατανοούν και αξιοποιούν τις νέες τεχνολογίες, το σύστημα παραμένει αναξιοποίητο (Nozari et al., 2022). Σε αυτό προστίθεται και η γενικότερη έλλειψη γνώσης σχετικά με τις προκλήσεις της υιοθέτησης, που δυσκολεύει τον σωστό σχεδιασμό της μετάβασης. Αυτή η πρόκληση είναι, ουσιαστικά, η πιο καθαρή επιβεβαίωση της θεωρίας TOE σε όλη την ανάλυση: ακόμη και όταν η τεχνολογία είναι διαθέσιμη και ώριμη, η απουσία οργανωτικής ετοιμότητας, δηλαδή ανθρώπων με τις κατάλληλες δεξιότητες, μπορεί να ακυρώσει στην πράξη το όφελος που θα μπορούσε να προσφέρει.

Σε πελατοκεντρικό επίπεδο, η πρόκληση σχετίζεται με την κυβερνοασφάλεια, την προστασία των δεδομένων και την έλλειψη εμπιστοσύνης σε συστήματα AIoT (Nozari et al., 2022). Επιπλέον, το φαινόμενο των πλαστών δεδομένων, των προϊόντων απομίμησης και του λαθρεμπορίου παραμένει ενεργό απειλητικό πλαίσιο που μπορεί να υπονομεύσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών προς ολόκληρο το μοντέλο (Najafi et al., 2022).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, παρά τα οφέλη, υπάρχει ένα σημαντικό παράδοξο: οι υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις των IoT συσκευών και η συνεχής λειτουργία τους δημιουργούν αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, στοιχείο που αντισταθμίζει εν μέρει τα περιβαλλοντικά

οφέλη της βελτιστοποίησης (Najafi et al., 2022). Επιπλέον, οι γενικότεροι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι που συνδέονται με την παραγωγή και διαχείριση ηλεκτρονικού εξοπλισμού αποτελούν πρόκληση που ξεπερνά τα όρια μιας μεμονωμένης εταιρείας και απαιτεί κλαδικές λύσεις (Nozari et al., 2022).

4.2. Συγκριτική Ανάλυση & Ευρήματα

Έχοντας ολοκληρώσει την ανάλυση των πέντε μελετών περίπτωσης: Lenovo, Maersk, JD, Alibaba και FMCG, το επόμενο βήμα είναι η συγκριτική τους θεώρηση, η οποία επιτρέπει να αναδειχθούν τόσο τα κοινά μοτίβα όσο και οι διαφοροποιήσεις που προκύπτουν ανάμεσα σε διαφορετικούς κλάδους και επιχειρηματικά περιβάλλοντα. Στόχος της ενότητας αυτής δεν είναι απλώς να αθροίσει τα ευρήματα των επιμέρους αναλύσεων, αλλά να τα συνδέσει συστηματικά με τα θεωρητικά πορίσματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2. Συγκεκριμένα, η συγκριτική ανάλυση οργανώνεται γύρω από τους δύο βασικούς άξονες που διατρέχουν ολόκληρη την εργασία: τα αποτελέσματα και τις προκλήσεις του ψηφιακού μετασχηματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας, οργανώνοντας τα μέσα από τα τέσσερα επίπεδα που εισήχθησαν στις ενότητες 2.5.1–2.5.4: λειτουργικό, οργανωτικό, πελατοκεντρικό και περιβαλλοντικό/ESG.

Η λογική της σύγκρισης είναι διττή. Από τη μία πλευρά, οι πίνακες ευρημάτων που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική επισκόπηση λειτουργούν ως θεωρητικό πλαίσιο αναφοράς: καταγράφουν τι προβλέπεται και τι δεν προβλέπεται από τον ψηφιακό μετασχηματισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Από την άλλη πλευρά, οι πέντε μελέτες περίπτωσης λειτουργούν ως εμπειρικό υλικό επαλήθευσης, δείχνοντας ποια από αυτά τα θεωρητικά ευρήματα επιβεβαιώνονται στην πράξη και σε ποιον βαθμό. Η αντιπαραβολή αυτή επιτρέπει να διαπιστωθεί εάν οι θεωρητικές προσδοκίες της βιβλιογραφίας βρίσκουν ανταπόκριση στην πραγματική εμπειρία επιχειρήσεων που λειτουργούν σε διαφορετικούς κλάδους, από την πληροφορική και τη ναυτιλία μέχρι το ηλεκτρονικό εμπόριο και τα ταχυκίνητα καταναλωτικά αγαθά, και να αναδειχθούν τυχόν πρόσθετα μοτίβα ή εξαιρέσεις που εμπλουτίζουν τη θεωρητική συζήτηση.

4.2.1. Αποτελέσματα Ψηφιακού Μετασχηματισμού SC

Η συγκριτική θεώρηση των αποτελεσμάτων από τις πέντε μελέτες περίπτωσης αναδεικνύει μια ισχυρή σύγκλιση με τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όπως φαίνεται στον

πίνακα 4.2.1, αλλά παράλληλα φέρνει στην επιφάνεια και ορισμένα νέα εμπειρικά μοτίβα που εμπλουτίζουν τη θεωρητική συζήτηση.

Αποτελέσματα ανά Μελέτη Περίπτωσης	Xia et al. 2023 (Lenovo)	Chapman 2019 (Lenovo)	Wong et al. 2023 (Maersk)	Abdigofirovich 2025 (Maersk)	Chen et al. 2024 (JD)	Chen 2024 (JD)	Chen et al. 2024 (Alibaba)	Nozari et al. 2022 (FMCG)	Najafi et al. 2022 (FMCG)
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ									
Ενισχυμένη Διαφάνεια & Ιχνηλασιμότητα (End-to-End Visibility)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Μείωση Λειτουργικού Κόστους	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Μείωση Χρόνου & Ταχύτερες Διαδικασίες	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Αύξηση Ακρίβειας & Μείωση Λαθών	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
Βελτίωση Αποδοτικότητας & Παραγωγικότητας	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Διαχείριση Αποθεμάτων & Πόρων	✓				✓	✓		✓	✓
Ποιότητα & Προστασία από Απομιμήσεις	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
Ανθεκτικότητα & Ταχεία Ανάκαμψη*	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΑ									
Ασφάλεια Δεδομένων & Αμεταβλητότητα Πληροφοριών (Auditability)		✓	✓	✓	✓		✓		
Εμπιστοσύνη & Συνεργασία Μεταξύ Εταίρων	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Βελτιστοποίηση Λήψης Αποφάσεων	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓
Μείωση Κινδύνων & Πρόληψη Διαταραχών		✓	✓	✓	✓		✓		✓
Αναδιαμόρφωση Ρόλων Εταίρων *	✓	✓		✓	✓				
ΠΕΛΑΤΟΚΕΝΤΡΙΚΑ									
Αύξηση Ικανοποίησης Πελατών & Πωλήσεων					✓	✓	✓		
Επεκτασιμότητα & Οικονομίες Κλίμακας			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Αποτελέσματα ανά Μελέτη Περίπτωσης	Xia et al. 2023 (Lenovo)	Chapman 2019 (Lenovo)	Wong et al. 2023 (Maersk)	Abdigofirovich 2025 (Maersk)	Chen et al. 2024 (JD)	Chen 2024 (JD)	Chen et al. 2024 (Alibaba)	Nozari et al. 2022 (FMCG)	Najafi et al. 2022 (FMCG)
Δυναμική Τιμολόγηση σε Πραγματικό Χρόνο*			✓	✓					
Επέκταση σε Δυσπρόσιτες Περιοχές*					✓	✓			
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ / ESG									
Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα & ESG			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Κοινωνική Διάσταση ESG: Ασφάλεια Εργαζομένων *			✓	✓					

Πίνακας 4.2. 1. Συγκριτική Ανάλυση Αποτελεσμάτων ΨΜ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (*Νέα εμπειρικά ευρήματα)

Η συγκριτική ανάλυση συνεχίζεται σε 4 επίπεδα, όπως έγινε και στη βιβλιογραφική επισκόπηση. Στο λειτουργικό επίπεδο εντοπίζεται η ισχυρότερη επιβεβαίωση της βιβλιογραφίας. Η ενίσχυση της end-to-end διαφάνειας και ιχνηλασιμότητας, η μείωση του λειτουργικού κόστους και χρόνου, η αύξηση ακρίβειας και η βελτίωση αποδοτικότητας εμφανίζονται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις. Η Lenovo τεκμηριώνει 15% εξοικονόμηση σε διασταυρώσεις και προετοιμασία υλικών, η JD αναφέρει Performance Expense Rate στο 6,2% και κύκλο αποθήκης κάτω από 30 ημέρες, ενώ η Maersk επιτυγχάνει ταχύτερη ανάλυση big data μέσω του CBML. Η εμπειρική ανάλυση προσθέτει ωστόσο ένα νέο εύρημα που η βιβλιογραφία δεν είχε αποτυπώσει με την ίδια ένταση: την ανθεκτικότητα σε διαταραχές και την ταχεία ανάκαμψη ως μετρήσιμο αποτέλεσμα. Η Lenovo κατά την πανδημία COVID-19 κατάφερνε να καταρτίζει εναλλακτικά σχέδια παραγωγής σε λιγότερο από δύο ώρες με 80% υψηλότερο ποσοστό επιτυχίας, ενώ η Maersk προσαρμόζει δυναμικά τις διαδρομές των πλοίων σε πραγματικό χρόνο μέσω του CBML.

Ως προς το οργανωτικό επίπεδο, η βιβλιογραφία είχε αναδείξει την αμεταβλητότητα των πληροφοριών (auditability), την ενίσχυση εμπιστοσύνης, τη βελτιωμένη λήψη αποφάσεων και τη μείωση κινδύνων ως κύρια οργανωτικά οφέλη, και όλα αυτά επιβεβαιώνονται εμπειρικά. Η Maersk επιτυγχάνει πλήρη auditability μέσω κοινών αμετάβλητων αρχείων, η Alibaba στηρίζεται στο Control Tower για data-driven αποφάσεις, και ο κλάδος FMCG αξιοποιεί edge computing για τοπική λήψη αποφάσεων με ελάχιστη καθυστέρηση. Πέρα όμως από αυτά, η εμπειρική έρευνα προσθέτει ένα σημαντικό νέο εύρημα: την αναδιαμόρφωση των ρόλων μεταξύ εταίρων ως αποτέλεσμα του ψηφιακού μετασχηματισμού. Η Lenovo μετατοπίζεται από ρόλο μεσάζοντα σε ρόλο συντονιστή ενός κατακευματισμένου σχεδιασμού, ενώ η JD μετατρέπει

την υποδομή της σε ανοιχτό συνεργατικό «γήπεδο» μέσω της PaaS λογικής. Πρόκειται για μια ουσιαστική αναδιανομή των σχέσεων ισχύος εντός της αλυσίδας, που υπερβαίνει την απλή «βελτίωση συνεργασίας» που περιέγραφε η βιβλιογραφία.

Στο πελατοκεντρικό επίπεδο, η βιβλιογραφία είχε εστιάσει στην ικανοποίηση πελατών και στις οικονομίες κλίμακας, και τα δύο επιβεβαιώνονται εμπειρικά: η JD καταγράφει πενταπλάσια μείωση παραπόνων και αύξηση πωλήσεων 29,4% στα προϊόντα υγείας. Η συγκριτική ανάλυση αναδεικνύει επιπλέον δύο νέα ευρήματα. Πρώτον, τη δυναμική τιμολόγηση υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο, που εμφανίζεται με emphatic τρόπο στη Maersk, όπου τα ασφάλιστρα αναπροσαρμόζονται δυναμικά ανάλογα με το προφίλ κινδύνου της διαδρομής — ένα όφελος που η βιβλιογραφία δεν είχε αποτυπώσει. Δεύτερον, την επέκταση της εξυπηρέτησης σε δυσπρόσιτες περιοχές μέσω drones και αυτόνομων οχημάτων στην JD, που μετατρέπει την ψηφιακή υποδομή σε μηχανισμό κοινωνικής συμπερίληψης πέρα από καθαρά εμπορικό εργαλείο.

Τέλος, σχετικά με το περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, η βιβλιογραφία είχε αποδείξει τα περιβαλλοντικά οφέλη του ψηφιακού μετασχηματισμού. Οι μελέτες περίπτωσης επιβεβαιώνουν τη διαπίστωση: σχεδόν όλες οι εταιρείες παρουσιάζουν οφέλη eco-efficiency μέσω βελτιστοποίησης διαδρομών, αποθεμάτων και ενέργειας, αλλά καμία δεν τοποθετεί το ESG ως πρωταρχικό στόχο της στρατηγικής. Η εξαίρεση είναι ο κλάδος FMCG, όπου ενσωματώνονται ρητά δείκτες πράσινης εφοδιαστικής. Ένα ενδιαφέρον νέο εύρημα που υπερβαίνει την «καθαρά πράσινη» οπτική της βιβλιογραφίας είναι η κοινωνική διάσταση των ESG: στη Maersk, η αναβάθμιση των συνθηκών ασφάλειας των πληρωμάτων μέσω της προληπτικής αποφυγής επικίνδυνων ζωνών αναδεικνύει το «S» του ESG ως πρακτικό αποτέλεσμα και όχι μόνο θεωρητική προτεραιότητα.

Συνολικά, η συγκριτική ανάλυση δείχνει ότι η βιβλιογραφία επιβεβαιώνεται σε υψηλό βαθμό από την εμπειρική πραγματικότητα, ιδίως στα λειτουργικά και οργανωτικά οφέλη, ενώ τα πελατοκεντρικά και περιβαλλοντικά εμφανίζονται με πιο κλαδικά εξαρτημένη ένταση. Παράλληλα, η ίδια η εμπειρία προσθέτει πέντε νέες διαστάσεις: ανθεκτικότητα, αναδιαμόρφωση ρόλων, δυναμική τιμολόγηση, κοινωνική συμπερίληψη, και κοινωνική διάσταση ESG, που δείχνουν ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα φαινόμενο σε εξέλιξη, του οποίου τα πλήρη όρια δεν έχουν ακόμη χαρτογραφηθεί από τη θεωρητική συζήτηση.

4.2.2. Προκλήσεις Ψηφιακού Μετασχηματισμού SC

Η συγκριτική θεώρηση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι πέντε μελέτες περίπτωσης δείχνει ότι τα εμπόδια του ψηφιακού μετασχηματισμού δεν είναι ούτε θεωρητικά ούτε ομοιόμορφα: εμφανίζονται με διαφορετική ένταση ανάλογα με τον κλάδο, τη στρατηγική και την τεχνολογική ωριμότητα κάθε εταιρείας. Η ανάλυση που ακολουθεί επιβεβαιώνει σε μεγάλο βαθμό τα ευρήματα της βιβλιογραφία, ενώ παράλληλα φέρνει στην επιφάνεια νέα ευρήματα.

Προκλήσεις ανά Μελέτη Περίπτωσης	Xia et al. 2023 (Lenovo)	Chapman 2019 (Lenovo)	Wong et al. 2023 (Maersk)	Abdigofirovich 2025 (Maersk)	Chen et al. 2024 (JD)	Chen 2024 (JD)	Chen et al. 2024 (Alibaba)	Nozari et al. 2022 (FMCG)	Najafi et al. 2022 (FMCG)
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ									
Υψηλό Αρχικό & Λειτουργικό Κόστος Επένδυσης			✓	✓	✓	✓	✓		✓
Έλλειψη Τυποποίησης & Διαλειτουργικότητας	✓				✓		✓	✓	
Τεχνική Πολυπλοκότητα & Ανάγκη Συνεχούς Αναβάθμισης				✓		✓	✓	✓	
Διαχείριση & Ποιότητα Big Data (Ανάλυση/Ακρίβεια)			✓	✓		✓			✓
Έλλειψη Υποδομών & Τεχνικής Βιωσιμότητας				✓			✓	✓	
Νομικό & Ρυθμιστικό Πλαίσιο (Smart Contracts)	✓		✓						
Μόνιμα Σφάλματα των Smart Contracts*			✓						
ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΕΣ									
Αποδοχή Χρηστών & Έλλειψη Ετοιμότητας Συνεργατών	✓		✓	✓				✓	
Οργανωτικές Αλλαγές & Μετασχηματισμός Κουλτούρας					✓	✓	✓		
Έλλειψη Ψηφιακών Δεξιοτήτων & Εκπαίδευσης Προσωπικού					✓		✓	✓	
Πολυπλοκότητα Οικοσυστήματος & Ευθυγράμμιση Εταίρων						✓		✓	
Απώλεια Θέσεων Εργασίας λόγω Αυτοματοποίησης			✓	✓					

Προκλήσεις ανά Μελέτη Περίπτωσης	Xia et al. 2023 (Lenovo)	Chapman 2019 (Lenovo)	Wong et al. 2023 (Maersk)	Abdigofirovich 2025 (Maersk)	Chen et al. 2024 (JD)	Chen 2024 (JD)	Chen et al. 2024 (Alibaba)	Nozari et al. 2022 (FMCG)	Najafi et al. 2022 (FMCG)
Αποτυχία Αποδοχής από Εταίρους*			✓						
Ανάγκη Συνεχούς Επένδυση σε R&D*					✓	✓			
ΠΕΛΑΤΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ									
Ιδιωτικότητα & Ασφάλεια Δεδομένων (Cybersecurity)	✓				✓	✓	✓	✓	✓
Ισορροπία Κλιμάκωσης & Κερδοφορίας (Scalability vs Profitability)						✓			✓
Πλαστά Δεδομένα εντός της Ψηφιακής Αλυσίδας*								✓	
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ / ESG									
Υψηλή Κατανάλωση Ενέργειας & Πόρων (Big Data, IoT)			✓	✓	✓		✓		✓
Περιβαλλοντικό Κόστος Παραγωγής Hardware (e-waste)*									✓

Πίνακας 4.2. 2 Συγκριτική Ανάλυση Προκλήσεων ΨΜ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (*Νέα εμπειρικά ευρήματα)

Η ανάλυση των προκλήσεων γίνεται επίσης σε τέσσερα επίπεδα. Ως προς το λειτουργικό επίπεδο, το υψηλό κόστος, η έλλειψη διαλειτουργικότητας και η τεχνική πολυπλοκότητα ως τα κυριότερα λειτουργικά εμπόδια επιβεβαιώνονται και από τις μελέτες περίπτωσης. Η Maersk, η JD και η Alibaba αναφέρουν όλες το υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης και τη συνεχή ανάγκη αναβάθμισης, ενώ η έλλειψη διεθνών προτύπων τυποποίησης εμφανίζεται στη Lenovo, τη JD και την Alibaba ως σημαντικό εμπόδιο στην ευρύτερη διάχυση. Ο κλάδος FMCG, με τη σειρά του, επισημαίνει τη δυσκολία διαχείρισης του τεράστιου όγκου big data και τον διαχωρισμό χρήσιμης πληροφορίας από τον θόρυβο. Η εμπειρική ανάλυση προσθέτει ωστόσο ένα νέο εύρημα: τα μόνιμα σφάλματα στα smart contracts. Όπως αναδεικνύει η περίπτωση Maersk, τυχόν προγραμματιστικά λάθη στα έξυπνα συμβόλαια παραμένουν μόνιμα λόγω της αμετάβλητης φύσης του blockchain και μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες οικονομικές απώλειες, πρόκληση που η βιβλιογραφία δεν είχε αποτυπώσει με την ίδια έμφαση. Αναφορικά με το οργανωτικό επίπεδο, η ανάγκη για οργανωσιακές αλλαγές, η έλλειψη ψηφιακών δεξιοτήτων και η αντίσταση των εταίρων στην υιοθέτηση επιβεβαιώνονται πλήρως σε JD, Alibaba και FMCG, όπου η εκπαίδευση προσωπικού και ο μετασχηματισμός κουλτούρας αναδεικνύονται ως κρίσιμα εμπόδια. Η Maersk και ο Abdigofirovich

επισημαίνουν επίσης την κοινωνική πλευρά της αυτοματοποίησης, την απώλεια θέσεων εργασίας, η οποία είχε θιχτεί επιφανειακά στη βιβλιογραφία. Η συγκριτική ανάλυση αναδεικνύει όμως μια πιο ριζική και εμπειρικά τεκμηριωμένη πρόκληση: την αποτυχία αποδοχής από τους εταίρους, όπως αποτυπώνεται στο χαρακτηριστικό παράδειγμα της πλατφόρμας TradeLens της Maersk, η οποία τελικά τερματίστηκε λόγω έλλειψης υποστήριξης από τα συμβαλλόμενα μέρη. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι ακόμη και τεχνολογικά άρτιες λύσεις μπορούν να καταρρεύσουν όταν δεν επιτυγχάνεται κρίσιμη μάζα συνεργασίας, αποδεικνύοντας ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν είναι καθαρά τεχνολογικό αλλά βαθιά συλλογικό εγχείρημα. Επιπλέον εμπειρικό εύρημα είναι η ανάγκη για συνεχής επένδυση σε R&D. Η JD αναφέρει ρητά την επιβεβλημένη υπέρβαση του τρέχοντος 3% σε R&D για να διατηρηθεί η ανταγωνιστικότητα. Πρόκειται για διαρκή οργανωτική δέσμευση πόρων που η βιβλιογραφία δεν είχε αποτυπώσει ως αυτόνομη πρόκληση.

Στο πελατοκεντρικό επίπεδο, η βιβλιογραφία είχε εστιάσει στην ιδιωτικότητα και την κυβερνοασφάλεια, και το εύρημα επιβεβαιώνεται με έμφαση σε Lenovo, JD, Alibaba και FMCG. Η διαχείριση ευαίσθητων δεδομένων παραμένει το πιο κρίσιμο ζήτημα για την εμπιστοσύνη των πελατών. Παράλληλα, η JD και ο κλάδος FMCG αναδεικνύουν μια δεύτερη πρόκληση: την ισορροπία ανάμεσα στην κλιμάκωση του μοντέλου και στη διατήρηση της κερδοφορίας. Οι τεράστιες επενδύσεις σε ιδιόκτητες υποδομές logistics πιέζουν το καθαρό περιθώριο κέρδους, δημιουργώντας μια διαρκή ένταση μεταξύ ανάπτυξης και χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας, πρόκληση που αφορά τελικά και τον πελάτη αφού επηρεάζει τη συνέχεια και την ποιότητα των υπηρεσιών που λαμβάνει. Επιπλέον, πέρα από τα φυσικά προϊόντα απομίμησης, η ίδια η ψηφιακή αλυσίδα είναι ευάλωτη σε εισαγωγή πλαστών δεδομένων που υπονομεύουν την αξιοπιστία που αναπτύσσει ο πελάτης, όπως επιβεβαιώνεται από την μελέτη περίπτωσης του FMCG κλάδου.

Ως προς το περιβαλλοντικό επίπεδο και ESG, η βιβλιογραφία είχε προειδοποιήσει για την υψηλή ενεργειακή κατανάλωση των συστημάτων big data και IoT, και οι μελέτες περίπτωσης επιβεβαιώνουν αυτή την ανησυχία σε Maersk, JD, Alibaba και FMCG. Πέρα από την κατανάλωση ενέργειας για την λειτουργία όλων αυτών των τεχνολογιών, η μελέτη περίπτωσης για τον FMCG κλάδο αποδεικνύει ότι η ίδια η παραγωγή αισθητήρων, IoT συσκευών και εξοπλισμού edge computing δημιουργεί περιβαλλοντικό αποτύπωμα και ζητήματα διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων (e-waste).

Συνολικά, η συγκριτική ανάλυση επιβεβαιώνει ότι οι προκλήσεις του ψηφιακού μετασχηματισμού είναι πραγματικές και διασυνδεδεμένες. Η βιβλιογραφία επιβεβαιώνεται σε

υψηλό βαθμό στα ζητήματα κόστους, διαλειτουργικότητας, κυβερνοασφάλειας και ενέργειας, ενώ οι πέντε νέες διαστάσεις που αναδεικνύονται (μόνιμα σφάλματα smart contracts, αποτυχία αποδοχής από εταίρους, ανάγκη συνεχούς επένδυσης σε R&D, κίνδυνος πλαστών δεδομένων εντός της ψηφιακής αλυσίδας, και υψηλό περιβαλλοντικό κόστος παραγωγής hardware) δείχνουν ότι ο μετασχηματισμός δεν είναι απλή τεχνολογική αναβάθμιση αλλά μια πολυεπίπεδη διαδικασία που απαιτεί τεχνική, οργανωσιακή και συνεργατική ωριμότητα ταυτόχρονα.

5. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο τη διερεύνηση του ρόλου των νέων τεχνολογιών στον ψηφιακό μετασχηματισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, εξετάζοντας τόσο τα αποτελέσματα που παράγονται σε πολλαπλά επίπεδα όσο και τις προκλήσεις που τα συνοδεύουν. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση που κάλυψε θεωρητικά πλαίσια, στρατηγικές διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, ψηφιακές τεχνολογίες και τις επιπτώσεις τους, ακολουθούμενη από ποιοτική ανάλυση πέντε μελετών περίπτωσης σε διαφορετικούς κλάδους: τη Lenovo, τη Maersk, τη JD, την Alibaba και τον κλάδο FMCG. Τα ευρήματα κάθε περίπτωσης αντιπαραβλήθηκαν συστηματικά με τα θεωρητικά πορίσματα, μέσα από τη λογική του εννοιολογικού χάρτη που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 2. Στις σελίδες που ακολουθούν, παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα, αναγνωρίζονται οι αδυναμίες της έρευνας, και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση.

5.1. Βασικά συμπεράσματα

Το πρώτο και ίσως πιο θεμελιώδες συμπέρασμα που προκύπτει από τη συνολική ανάλυση είναι ότι η βιβλιογραφία επιβεβαιώνεται σε πολύ υψηλό βαθμό από την εμπειρική πραγματικότητα. Τα λειτουργικά οφέλη που είχαν αναδειχθεί στην ανασκόπηση, δηλαδή η ενίσχυση της end-to-end διαφάνειας και ιχνηλασιμότητας, η μείωση του λειτουργικού κόστους, η βελτίωση των χρόνων ανταπόκρισης, η αύξηση της ακρίβειας και η βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας, εμφανίζονται με σταθερότητα σε όλες σχεδόν τις μελέτες περίπτωσης. Η Lenovo τεκμηρίωσε 15% εξοικονόμηση στο κόστος ανθρώπινων διασταυρώσεων και 15% μείωση στον χρόνο προετοιμασίας υλικών, η JD κατέγραψε Performance Expense Rate στο 6,2% και κύκλο αποθήκης κάτω από 30 ημέρες, ενώ η Maersk πέτυχε ταχύτερη ανάλυση big data και δυναμική βελτιστοποίηση διαδρομών μέσω του μοντέλου CBML. Αυτά τα στοιχεία δεν αποτελούν θεωρητικές υποθέσεις αλλά μετρήσιμα αποτελέσματα που αποδεικνύουν ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός, όταν εφαρμόζεται στρατηγικά, μεταφράζεται σε απτά λειτουργικά οφέλη.

Αντίστοιχα, στο οργανωτικό επίπεδο, η αμεταβλητότητα των πληροφοριών μέσω blockchain (auditability), η ενίσχυση της εμπιστοσύνης μεταξύ εταίρων, η βελτιωμένη λήψη αποφάσεων μέσω AI και big data, και η μείωση κινδύνων μέσω προληπτικής αντίδρασης επιβεβαιώθηκαν εμπειρικά σε πολλαπλές περιπτώσεις. Η Maersk δημιούργησε πλήρες audit trail μέσω κοινών αμετάβλητων αρχείων, η Alibaba στηρίχτηκε στο Control Tower για αποφάσεις βασισμένες σε δεδομένα πραγματικού χρόνου, και ο κλάδος FMCG αξιοποίησε edge computing για τοπική

λήψη αποφάσεων με ελάχιστη καθυστέρηση. Στο πελατοκεντρικό επίπεδο, η JD κατέγραψε σημαντική μείωση παραπόνων πελατών και αύξηση πωλήσεων 29,4% στα προϊόντα υγείας, ενώ στο περιβαλλοντικό επίπεδο, σχεδόν όλες οι εταιρείες παρουσίασαν οφέλη eco-efficiency μέσω βελτιστοποίησης διαδρομών, αποθεμάτων και ενέργειας.

Ωστόσο, αυτό που κάνει την εργασία αυτή να ξεπερνά την απλή επιβεβαίωση της βιβλιογραφίας είναι ο εντοπισμός δέκα νέων εμπειρικών μοτίβων που η θεωρητική συζήτηση δεν είχε αποτυπώσει επαρκώς. Αυτά τα μοτίβα, που σημειώνονται με αστερίσκο στους συγκριτικούς πίνακες των ενοτήτων 4.2.1 και 4.2.2, αποτελούν ουσιαστικά τη γνήσια συμβολή της έρευνας στο πεδίο, και αξίζει να εξεταστούν αναλυτικά.

Στο επίπεδο των αποτελεσμάτων, εντοπίστηκαν πέντε νέες διαστάσεις:

Η πρώτη αφορά την ανθεκτικότητα και ταχεία ανάκαμψη ως μετρήσιμο αποτέλεσμα του ψηφιακού μετασχηματισμού. Η βιβλιογραφία είχε αναφέρει τη μείωση κινδύνων ως γενικό όφελος, αλλά η εμπειρική ανάλυση έδειξε κάτι πιο συγκεκριμένο: η Lenovo κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 καταρτιζόταν εναλλακτικά σχέδια παραγωγής σε λιγότερο από δύο ώρες, με ποσοστό επιτυχίας 80% υψηλότερο από τα προηγούμενα, ενώ η Maersk προσαρμοζε δυναμικά τις διαδρομές πλοίων σε πραγματικό χρόνο. Πρόκειται για ένα εύρημα που ξεπερνά τη γενική «μείωση κινδύνου» και δείχνει ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες μετατρέπουν τις αλυσίδες σε δομές ικανές να αντέξουν κραδασμούς και να ανακάμψουν ταχύτατα.

Η δεύτερη νέα διάσταση αφορά την αναδιαμόρφωση των ρόλων μεταξύ εταίρων. Η βιβλιογραφία περιέγραφε τη «βελτίωση συνεργασίας» ως αποτέλεσμα του ψηφιακού μετασχηματισμού, αλλά η πραγματικότητα αποδείχθηκε πιο ριζική. Η Lenovo μετατοπίστηκε από τον ρόλο του μεσάζοντα σε αυτόν του συντονιστή κατανεμημένου σχεδιασμού, ενώ η JD μετέτρεψε τη blockchain υποδομή της σε ανοιχτό συνεργατικό «γήπεδο» μέσω της PaaS λογικής. Αυτό σημαίνει ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν βελτιώνει απλώς τις υφιστάμενες σχέσεις, αλλά μπορεί να αναδιατάξει τις σχέσεις ισχύος εντός ολόκληρης της αλυσίδας, κάτι που δεν είχε αποτυπωθεί επαρκώς στη θεωρητική συζήτηση.

Η τρίτη νέα διάσταση είναι η δυναμική τιμολόγηση υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο, που αναδείχθηκε ιδιαίτερα στη Maersk: τα ασφάλιστρα αναπροσαρμόζονταν αυτόματα ανάλογα με το προφίλ κινδύνου της διαδρομής κάθε πλοίου, μετατρέποντας ένα στατικό ασφαλιστικό συμβόλαιο σε ζωντανό μηχανισμό που αντιδρά στην πραγματικότητα.

Η τέταρτη αφορά την επέκταση εξυπηρέτησης σε δυσπρόσιτες περιοχές: η JD χρησιμοποίησε drones και αυτόνομα οχήματα για να παρέχει αξιόπιστες παραδόσεις σε απομακρυσμένες

αγροτικές περιοχές, μετατρέποντας την ψηφιακή υποδομή σε μηχανισμό κοινωνικής συμπερίληψης.

Η πέμπτη, τέλος, αφορά την κοινωνική διάσταση των ESG: στη Maersk, η προληπτική αποφυγή επικίνδυνων ναυτιλιακών ζωνών μέσω machine learning αναβάθμισε τις συνθήκες ασφάλειας των πληρωμάτων, αναδεικνύοντας πρακτικά το «S» (Social) του ESG, μια πτυχή που η βιβλιογραφία σπάνια εξετάζει με αυτή τη συγκεκριμένη μορφή.

Στο επίπεδο των προκλήσεων, η εμπειρική ανάλυση ανέδειξε άλλες πέντε νέες διαστάσεις:

Η πρώτη αφορά τα μόνιμα σφάλματα στα smart contracts: η περίπτωση Maersk ανέδειξε ότι, λόγω της αμετάβλητης φύσης του blockchain, τυχόν προγραμματιστικά λάθη στα έξυπνα συμβόλαια δεν μπορούν να διορθωθούν εύκολα και μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες οικονομικές απώλειες. Πρόκειται για μια πρόκληση που η βιβλιογραφία δεν είχε τονίσει αρκετά, παρόλο που αποτελεί εγγενή ιδιότητα της τεχνολογίας.

Η δεύτερη νέα πρόκληση είναι η αποτυχία αποδοχής από τους εταίρους. Το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα είναι η πλατφόρμα TradeLens της Maersk, η οποία τερματίστηκε παρά την τεχνολογική της αρτιότητα, εξαιτίας της αδυναμίας επίτευξης συνεργασίας. Αυτό αποδεικνύει ότι ακόμα και η πιο εξελιγμένη τεχνολογική λύση μπορεί να αποτύχει αν οι εταίροι δεν είναι πρόθυμοι ή ικανοί να συμμετάσχουν, επιβεβαιώνοντας ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός είναι βαθιά συλλογικό εγχείρημα και όχι μονομερής τεχνολογική αναβάθμιση.

Η τρίτη νέα πρόκληση αφορά την ανάγκη για συνεχή επένδυση σε R&D. Η JD ανέφερε ρητά ότι η υπέρβαση του τρέχοντος 3% των εσόδων σε R&D είναι επιβεβλημένη για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας, αναδεικνύοντας ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν αποτελεί εφάπαξ επένδυση αλλά διαρκή δέσμευση πόρων.

Η τέταρτη αφορά τα πλαστά δεδομένα εντός της ψηφιακής αλυσίδας: ο κλάδος FMCG ανέδειξε ότι η απειλή δεν προέρχεται μόνο από πλαστά φυσικά προϊόντα αλλά και από ψεύτικες ψηφιακές πληροφορίες που εισάγονται κακόβουλα στο σύστημα, υπονομεύοντας την εμπιστοσύνη που η ίδια η τεχνολογία δημιουργεί.

Η πέμπτη, τέλος, αφορά το περιβαλλοντικό κόστος παραγωγής hardware (e-waste): η μελέτη του κλάδου FMCG ανέδειξε ότι η ίδια η κατασκευή αισθητήρων, IoT συσκευών και εξοπλισμού edge computing δημιουργεί περιβαλλοντικό αποτύπωμα και ζητήματα διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων, μια αντίφαση που σπάνια αναφέρεται στη βιβλιογραφία, η οποία

τείνει να εστιάζει στα περιβαλλοντικά οφέλη των τεχνολογιών αγνοώντας το κόστος κατασκευής τους.

Πέρα από τα επιμέρους ευρήματα, η εργασία ανέδειξε ορισμένα ευρύτερα μοτίβα που αξίζει να σημειωθούν. Ένα από αυτά είναι η κλαδική εξάρτηση: τα λειτουργικά οφέλη εμφανίζονται σταθερά σε όλους τους κλάδους, αλλά τα πελατοκεντρικά και περιβαλλοντικά διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με τη φύση της βιομηχανίας. Ένα δεύτερο μοτίβο αφορά τη σχέση μεταξύ στρατηγικής και τεχνολογίας: οι εταιρείες που υιοθέτησαν Resilient στρατηγική (Maersk, JD, Alibaba) επένδυσαν περισσότερο σε προβλεπτικά εργαλεία (AI, ML) και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο (IoT), ενώ εκείνες με Lean ή Agile προσανατολισμό (Lenovo, FMCG) δίνουν βαρύτητα στην εξάλειψη σπατάλης και στην ευελιξία. Ένα τρίτο μοτίβο είναι η συνεργατική φύση του μετασχηματισμού: οι περιπτώσεις που πέτυχαν τα μεγαλύτερα οφέλη ήταν εκείνες όπου η τεχνολογία σχεδιάστηκε ως κοινό εργαλείο ολόκληρου του οικοσυστήματος (Lenovo, JD), και όχι ως εσωτερικό μόνο εργαλείο βελτιστοποίησης.

Τέλος, η ανάλυση επιβεβαίωσε πλήρως την αξία του εννοιολογικού χάρτη που αναπτύχθηκε στην ενότητα 2.6 ως αναλυτικού εργαλείου. Η ροή βιομηχανία → στρατηγική → τεχνολογίες → εφαρμογές → αποτελέσματα/προκλήσεις αποδείχθηκε εφαρμόσιμη σε όλες τις περιπτώσεις, επιτρέποντας τη συγκριτική ανάλυση και τον εντοπισμό μοτίβων. Το γεγονός ότι κάθε εταιρεία «κουμπώνει» σε αυτή τη ροή, παρά τις τεράστιες διαφορές σε κλάδο, μέγεθος και γεωγραφία, υποδηλώνει ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας ακολουθεί κοινούς μηχανισμούς.

5.2. Αδυναμίες της έρευνας

Κάθε ερευνητική εργασία, φέρει ορισμένους περιορισμούς που είναι χρήσιμο να αναγνωρίζονται. Η παρούσα εργασία δεν αποτελεί εξαίρεση, και η αναγνώριση αυτών των αδυναμιών δεν μειώνει την αξία των ευρημάτων, αλλά τοποθετεί τα συμπεράσματα στο σωστό τους πλαίσιο.

Η πρώτη και πιο θεμελιώδης αδυναμία αφορά τη δυνατότητα γενίκευσης. Η ανάλυση βασίστηκε σε πέντε μελέτες περίπτωσης, οι οποίες, αν και επιλέχθηκαν συνειδητά ώστε να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κλάδων και στρατηγικών, παραμένουν μικρό δείγμα σε σχέση με την τεράστια ποικιλία επιχειρήσεων που λειτουργούν παγκοσμίως. Τα ευρήματα δεν μπορούν να γενικευθούν στατιστικά, αφού η ποιοτική μεθοδολογία δεν στοχεύει σε αυτό. Αυτό που επιτυγχάνεται είναι η αναλυτική γενίκευση, δηλαδή η ανάδειξη μοτίβων που μπορούν να ισχύουν σε παρόμοια πλαίσια, χωρίς όμως εγγύηση ότι θα ισχύσουν πάντα και παντού.

Μια δεύτερη αδυναμία είναι η εξάρτηση από δευτερογενείς πηγές. Τα δεδομένα δεν συλλέχθηκαν από πρωτογενή έρευνα, δηλαδή μέσω συνεντεύξεων, ερωτηματολογίων ή επιτόπιας παρατήρησης, αλλά από δημοσιευμένα ακαδημαϊκά άρθρα και μελέτες περίπτωσης. Αυτό σημαίνει ότι η ανάλυση εξαρτάται, αναπόφευκτα, από τον τρόπο που οι αρχικοί συγγραφείς παρουσίασαν τα δεδομένα, τις ερμηνείες που αυτοί επέλεξαν και τις πτυχές που θεώρησαν σημαντικές. Κάποια στοιχεία μπορεί να παραλείφθηκαν ή να υπερτονίστηκαν. Η χρήση, ωστόσο, τουλάχιστον δύο πηγών σε τέσσερις από τις πέντε περιπτώσεις επέτρεψε τη διασταύρωση και μείωσε σημαντικά τον κίνδυνο μονόπλευρης θεώρησης.

Μια τρίτη αδυναμία σχετίζεται με τη γεωγραφική και κλαδική συγκέντρωση. Τρεις από τις πέντε περιπτώσεις, συγκεκριμένα η Lenovo, η JD και η Alibaba, αφορούν εταιρείες με βάση τους την Κίνα, ενώ η Maersk εδρεύει στη Δανία. Αυτό σημαίνει ότι ορισμένα ευρήματα μπορεί να αντανακλούν ιδιαιτερότητες συγκεκριμένων ρυθμιστικών πλαισίων, κουλτούρων διοίκησης ή αγορών, και να μην μεταφέρονται αυτούσια σε επιχειρηματικά περιβάλλοντα με διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως αυτά της Νότιας Ευρώπης ή της Λατινικής Αμερικής. Η απουσία περιπτώσεων από μικρομεσαίες επιχειρήσεις αποτελεί επίσης κενό, δεδομένου ότι οι προκλήσεις του ψηφιακού μετασχηματισμού είναι αναμφίβολα διαφορετικές για τις μεγάλες πολυεθνικές σε σχέση με τις μικρότερες επιχειρήσεις.

Μια τέταρτη αδυναμία αφορά τη χρονική διάσταση. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν είναι ένα γεγονός αλλά μια συνεχής διαδικασία, και οι μελέτες περίπτωσης αποτυπώνουν μια «στιγμή» αυτής της διαδικασίας. Η τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία, νέες τεχνολογίες εμφανίζονται, κανονιστικά πλαίσια αλλάζουν, και τα ίδια τα αποτελέσματα μπορεί να μεταβληθούν με τον χρόνο. Για παράδειγμα, η αποτυχία του TradeLens δεν σημαίνει απαραίτητα ότι κάθε παρόμοια πρωτοβουλία θα αποτύχει στο μέλλον, αλλά αντανακλά τις συνθήκες της συγκεκριμένης περιόδου.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η εργασία δεν περιέλαβε ποσοτική επαλήθευση των ευρημάτων. Τα νέα εμπειρικά μοτίβα που εντοπίστηκαν αποτελούν ενδιαφέροντα ευρήματα, αλλά η στατιστική τους σημαντικότητα δεν μπορεί να αξιολογηθεί μέσα από πέντε μελέτες περίπτωσης. Αυτό δεν μειώνει την αξία τους ως αφορμή για περαιτέρω διερεύνηση, αλλά σημαίνει ότι πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ερευνητικές υποθέσεις προς δοκιμή παρά ως οριστικά αποδεδειγμένα πορίσματα.

Τα ευρήματα και οι αδυναμίες της παρούσας εργασίας ανοίγουν αρκετές κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα, οι οποίες θα μπορούσαν να εμβαθύνουν και να επεκτείνουν τα συμπεράσματα.

5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μια πρώτη κατεύθυνση αφορά την ποσοτική επαλήθευση των νέων εμπειρικών μοτίβων. Τα δέκα νέα ευρήματα που εντοπίστηκαν, από την ανθεκτικότητα μέχρι τα μόνιμα σφάλματα smart contracts και το e-waste, θα μπορούσαν να μετατραπούν σε ερευνητικές υποθέσεις και να ελεγχθούν μέσω ερωτηματολογίων σε μεγαλύτερα δείγματα επιχειρήσεων. Μια τέτοια ποσοτική μελέτη θα επέτρεπε τη στατιστική γενίκευση και θα έδειχνε αν αυτά τα μοτίβα ισχύουν ευρύτερα ή αντανακλούν ιδιαιτερότητες των συγκεκριμένων περιπτώσεων.

Μια δεύτερη κατεύθυνση αφορά τη χρονική εξέλιξη του μετασχηματισμού. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να υιοθετήσουν διαχρονική (longitudinal) μεθοδολογία, ακολουθώντας τις ίδιες εταιρείες σε βάθος χρόνου, ώστε να καταγραφεί πώς τα αποτελέσματα και οι προκλήσεις εξελίσσονται καθώς η τεχνολογική ωριμότητα αυξάνεται. Αυτό θα απαντούσε σε ένα κρίσιμο ερώτημα: τα αρχικά οφέλη του ψηφιακού μετασχηματισμού ενισχύονται, σταθεροποιούνται ή φθίνουν με τον χρόνο;

Μια τρίτη κατεύθυνση που φαίνεται ιδιαίτερα ελπιδοφόρα αφορά τη διερεύνηση των μικρομεσαίων επιχειρήσεων. Η παρούσα εργασία εξέτασε μεγάλες πολυεθνικές με σημαντικούς πόρους, αλλά ο ψηφιακός μετασχηματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί ζήτημα εξίσου κρίσιμο, αν όχι κρίσιμότερο, για τις μικρότερες επιχειρήσεις. Πώς αντιμετωπίζει μια μικρομεσαία ελληνική μεταποιητική επιχείρηση τις προκλήσεις κόστους, ψηφιακών δεξιοτήτων και διαλειτουργικότητας; Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα θα μπορούσε να αναδείξει εντελώς διαφορετικά μοτίβα από αυτά που εντοπίστηκαν στις πολυεθνικές.

Μια τέταρτη κατεύθυνση αφορά την ανάλυση του Generative AI στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Η παρούσα εργασία εξέτασε κυρίως «κλασικές» εφαρμογές AI και ML, όπως πρόβλεψη ζήτησης και βελτιστοποίηση αποθεμάτων. Ωστόσο, η ραγδαία εξέλιξη του Generative AI, με τα μοντέλα μεγάλης γλωσσικής κλίμακας, ανοίγει νέες δυνατότητες που δεν είχαν ακόμη διερευνηθεί σε βάθος κατά τη στιγμή της συγγραφής: αυτόματη διαπραγμάτευση συμβάσεων, δημιουργία εναλλακτικών σχεδίων εφοδιαστικής σε φυσική γλώσσα, ή ακόμη και η χρήση Gen AI ως «ψηφιακού συμβούλου» στη λήψη αποφάσεων supply chain. Η

ενσωμάτωση αυτών των εργαλείων στο εννοιολογικό πλαίσιο της εργασίας θα αποτελούσε πολύτιμη μελλοντική συμβολή.

Μια πέμπτη κατεύθυνση σχετίζεται με τη βαθύτερη διερεύνηση της κοινωνικής διάστασης του ESG στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Η εργασία εντόπισε ότι η βιβλιογραφία επικεντρώνεται σχεδόν αποκλειστικά στην περιβαλλοντική (E) πτυχή, αφήνοντας ανεξερεύνητη την κοινωνική (S) και τη διακυβέρνηση (G). Η περίπτωση Maersk ανέδειξε ότι η ασφάλεια εργαζομένων μπορεί να βελτιωθεί μέσω ψηφιακών εργαλείων, αλλά υπάρχουν πολλά περισσότερα ζητήματα που αξίζουν διερεύνηση: τα εργασιακά δικαιώματα σε αυτοματοποιημένες αποθήκες, η δίκαιη κατανομή οφελών μεταξύ εταίρων, η ηθική χρήση δεδομένων εργαζομένων. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να διερευνήσει αυτές τις πτυχές μέσω συνεντεύξεων με στελέχη και εργαζόμενους, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της βιωσιμότητας στον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Μια έκτη πρόταση αφορά τη σύγκριση μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων αγορών. Η έρευνα κάλυψε κυρίως εταιρείες με παγκόσμια παρουσία και σημαντικούς πόρους. Θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον να εξεταστεί πώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός εφαρμόζεται σε αλυσίδες εφοδιασμού αναπτυσσόμενων χωρών, όπου τα εμπόδια, από τη χαμηλή ψηφιακή εκπαίδευση μέχρι τις ελλείψεις υποδομές και τα ασαφή ρυθμιστικά πλαίσια, ενδέχεται να δημιουργούν εντελώς διαφορετικά μοτίβα προκλήσεων. Μια τέτοια σύγκριση θα εμπλούτιζε σημαντικά τόσο τη θεωρητική συζήτηση όσο και τις πρακτικές κατευθύνσεις.

Μια τελευταία πρόταση αφορά τη διερεύνηση αποτυχημένων ψηφιακών μετασχηματισμών. Η πλειονότητα των δημοσιευμένων μελετών, συμπεριλαμβανομένων αυτών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, τείνει να εστιάζει σε επιτυχημένες περιπτώσεις. Αυτό δημιουργεί ένα φυσικό «φίλτρο επιτυχίας» (survivorship bias) που μπορεί να υπερτονίζει τα οφέλη και να υποεκτιμά τις αποτυχίες. Η συστηματική μελέτη περιπτώσεων όπου ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν απέδωσε τα αναμενόμενα, ή όπου η υιοθέτηση τεχνολογίας εγκαταλείφθηκε εν μέσω υλοποίησης, θα προσέφερε πολύτιμα μαθήματα και θα εξισορροπούσε τη θεωρητική εικόνα.

Συνοψίζοντας, η παρούσα εργασία ξεκίνησε με το ερώτημα ποιος είναι ο ρόλος των νέων τεχνολογιών στον ψηφιακό μετασχηματισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η απάντηση, όπως αναδείχθηκε μέσα από τον συνδυασμό βιβλιογραφικής ανασκόπησης και εμπειρικής ανάλυσης, δεν είναι μονοδιάστατη. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν αφορά μόνο τεχνολογία αλλά τον τρόπο που οι επιχειρήσεις σκέφτονται, συνεργάζονται, αντιδρούν και δημιουργούν

αξία. Οι τεχνολογίες δεν είναι αυτοσκοπός αλλά εργαλεία που αποκτούν αξία μόνο μέσα σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο στρατηγικής, οργανωσιακής ωριμότητας και συλλογικής δέσμευσης. Η πρόκληση, τελικά, δεν είναι η υιοθέτηση μιας τεχνολογίας, αλλά η ενορχήστρωση πολλών τεχνολογιών σε ένα συνεκτικό σύνολο που εξυπηρετεί τη στρατηγική κατεύθυνση του οργανισμού. Τα δέκα νέα ευρήματα που εντοπίστηκαν δείχνουν ότι αυτός ο μετασχηματισμός είναι ένα φαινόμενο σε εξέλιξη, με διαστάσεις που η θεωρία δεν έχει ακόμη πλήρως χαρτογραφήσει. Η κατανόηση αυτών των διαστάσεων, και η αναγνώριση ότι δεν υπάρχουν καθολικές συνταγές, αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη συμβολή αυτής της εργασίας.

Βιβλιογραφία

Abdigofirovich S.M. (2025). Impact of Maerk's Adoption of Cloud – Based Blockchain Integrated with Machine Learning. *Journal of Contemporary World Studies*, 3(1), 142-145.

<https://bestjournalup.com/index.php/jcws/article/view/1089>

Alsolbi, I., Shavaki, F. H., Agarwal, R., Bharathy, G. K., Prakash, S., & Prasad, M. (2023). Big data optimisation and management in supply chain management: A systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, 56(Suppl 1), 253-284.

<https://doi.org/10.1007/s10462-023-10505-4>

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management*, 17(1), 99-120.

Belhadi, A., Kamble, S., Fosso Wamba, S., & Queiroz, M. M. (2022). Building supply-chain resilience: an artificial intelligence-based technique and decision-making framework. *International journal of production research*, 60(14), 4487-4507.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1950935>

Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2022). A conceptual framework for understanding the impact of internet of things on supply chain management. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 15(2), 251-268.

<https://doi.org/10.31387/oscm0490345>

Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in industry*, 97, 157-177.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>

Cannas, V. G., Ciano, M. P., Saltalamacchia, M., & Secchi, R. (2024). Artificial intelligence in supply chain and operations management: a multiple case study research. *International journal of production research*, 62(9), 3333-3360.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2232050>

Chapman M.T. (2019). Blockchain Technology for Business: A Lenovo Point of View. *Lenovo Press*.

<https://lenovopress.lenovo.com/lp1221-blockchain-technology-for-business-a-lenovo-pov>

Chen, Z. (2024). Impact of blockchain technology on supply chain collaboration: A case study of JD Chain. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 207, p. 03007). EDP Sciences.

<https://doi.org/10.1051/shsconf/202420703007>

Chen, Hongyan & Wang, Ziwei & Zhang, Minhao. (2024). Mechanism Study on Innovative Influences of AI and Blockchain on Supply Chain Logistics: Case Study of JD and Alibaba. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. DOI: 109. 94-100. 10.54254/2754-1169/109/2024BJ0116.

https://www.researchgate.net/publication/384889437_Mechanism_Study_on_Innovative_Influences_of_AI_and_Blockchain_on_Supply_Chain_Logistics_Case_Study_of_JD_and_Alibaba

Cui, Y., Gaur, V., & Liu, J. (2024). Supply chain transparency and blockchain design. *Management Science*, 70(5), 3245-3263. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4851>

Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. *Computers in industry*, 162, 104132.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>

Duan, K., Pang, G., & Lin, Y. (2023). Exploring the current status and future opportunities of blockchain technology adoption and application in supply chain management. *Journal of Digital Economy*, 2, 244-288. <https://doi.org/10.1016/j.jdec.2024.01.005>

Deepu, T. S., & Ravi, V. (2023). A review of literature on implementation and operational dimensions of supply chain digitalization: Framework development and future research directions. *International Journal of Information Management Data Insights*, 3(1).

<https://doi.org/10.1016/j.jjime.2023.100156>

Fadaki, M., Rahman, S., & Chan, C. (2020). Leagile supply chain: design drivers and business performance implications. *International Journal of Production Research*, 58(18), 5601-5623. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1693660>

Han, Y., & Fang, X. (2024). Systematic review of adopting blockchain in supply chain management: bibliometric analysis and theme discussion. *International Journal of Production Research*, 62(3), 991-1016. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2236241>

Hines, T. (2001). Supply chain strategies, structures and relationships. *Fashion marketing: Contemporary issues* (pp 27 – 53). Butterworth-Heinemann. https://www.academia.edu/430935/Supply_Chain_Strategies_Structures_and_Relationships?auto=download

Jackson, I., Ivanov, D., Dolgui, A., & Namdar, J. (2024). Generative artificial intelligence in supply chain and operations management: a capability-based framework for analysis and implementation. *International Journal of Production Research*, 62(17), 6120-6145. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2309309>

Jam, F. A., Ali, I., Albishri, N., Mammadov, A., & Mohapatra, A. K. (2025). How does the adoption of digital technologies in supply chain management enhance supply chain performance? A mediated and moderated model. *Technological Forecasting and Social Change*, 219, 124225. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124225>

Jing, H., & Fan, Y. (2024). Digital transformation, supply chain integration and supply chain performance: Evidence from Chinese manufacturing listed firms. *Sage Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241281616>

Kumar, D., Singh, R. K., Mishra, R., & Vlachos, I. (2024). Big data analytics in supply chain decarbonisation: a systematic literature review and future research directions. *International Journal of Production Research*, 62(4), 1489-1509. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2179346>

Lee, I., & Mangalaraj, G. (2022). Big data analytics in supply chain management: A systematic literature review and research directions. *Big data and cognitive computing*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.3390/bdcc6010017>

Mohsen, B. M. (2023). Impact of artificial intelligence on supply chain management performance. *Journal of Service Science and Management*, 16(1), 44-58. <https://doi.org/10.4236/jssm.2023.161004>

Najafi, S. E., Nozari, H., & Edalatpanah, S. A. (2022). Artificial intelligence of things (AIoT) and industry 4.0–based supply chain (FMCG industry). A roadmap for enabling industry 4.0 by artificial intelligence, 31-41. <https://doi.org/10.1002/9781119905141.ch3>

Nozari, H., Szmelter-Jarosz, A., & Ghahremani-Nahr, J. (2022). Analysis of the challenges of artificial intelligence of things (AIoT) for the smart supply chain (case study: FMCG industries). *Sensors*, 22(8), 2931. <https://doi.org/10.3390/s22082931>

Nguyen, T. H. (2024). Investigating driving factors of digital transformation in the Vietnam shipping companies: Applied for TOE framework. *Sage Open*, 14(4). <https://doi.org/10.1177/21582440241301210>

Ning, L., & Yao, D. (2023). The impact of digital transformation on supply chain capabilities and supply chain competitive performance. *Sustainability*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310107>

Oliveira-Dias, D. D., Maqueira Marín, J. M., & Moyano-Fuentes, J. (2022). Lean and agile supply chain strategies: the role of mature and emerging information technologies. *The International Journal of Logistics Management*, 33(5), 221-243. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2022-0235>

Richey Jr, R. G., Chowdhury, S., Davis-Sramek, B., Giannakis, M., & Dwivedi, Y. K. (2023). Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research. *Journal of Business Logistics*, 44(4), 532-549. <https://doi.org/10.1111/jbl.12364>

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International journal of production research*, 57(7). <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>

Schilling, L., & Seuring, S. (2024). Linking the digital and sustainable transformation with supply chain practices. *International Journal of Production Research*, 62(3), 949-973. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2173502>

Sharabati, A. A. A., & Jreisat, E. R. (2024). Blockchain technology implementation in supply chain management: A literature review. *Sustainability*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/su16072823>

Shashi, Centobelli, P., Cerchione, R., & Ertz, M. (2020). Agile supply chain management: where did it come from and where will it go in the era of digital transformation?. *Industrial Marketing Management*, 90, 324-345. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.07.011>

Taj, S., Imran, A. S., Kastrati, Z., Daudpota, S. M., Memon, R. A., & Ahmed, J. (2023). IoT-based supply chain management: A systematic literature review. *Internet of Things*, 24, 100982. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100982>

Tavana, M., Shaabani, A., Raeesi Vanani, I., & Kumar Gangadhari, R. (2022). A review of digital transformation on supply chain process management using text mining. *Processes*, 10(5), 842. <https://doi.org/10.3390/pr10050842>

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), 509-533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z)

Tian, Y., & Cui, L. (2025). Supply chain resilience and digital transformation: perspectives from a supply chain network. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1738. <https://www.nature.com/articles/s41599-025-06011-3>

Venkatraman, N. (1994). IT-enabled business transformation: from automation to business scope redefinition. *MIT Sloan Management Review*, 35(2), 73.

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.

<https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>

Wong, S., Yeung, J. K. W., Lau, Y. Y., & Kawasaki, T. (2023). A case study of how Maersk adopts cloud-based blockchain integrated with machine learning for sustainable practices. *Sustainability*, 15(9), 7305.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/9/7305>

Wu, L., Zhang, Z., Huang, J., Su, I. H., & Tian, S. (2025). Digital technologies and supply chain resilience: A resource-action-performance perspective. *Information Systems Frontiers*, 27(5), 2137-2158. <https://doi.org/10.1007/s10796-025-10595-1>

Xia, J., Li, H., & He, Z. (2023). The effect of blockchain technology on supply chain collaboration: A case study of lenovo. *Systems*, 11(6), 299.

<https://doi.org/10.3390/systems11060299>

Yang, D., Li, R., & Liu, S. (2025). Exploring the influence of cloud computing on supply chain performance: The mediating role of supply chain governance. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 20(2), 70. <https://doi.org/10.3390/jtaer20020070>

Yenugula, M., Sahoo, S., & Goswami, S. (2023). Cloud computing in supply chain management: Exploring the relationship. *Management Science Letters*, 13(3), 193-210.

<https://doi.org/10.5267/j.msl.2023.4.003>

Zhang, T., Jia, F., & Chen, L. (2025). Blockchain adoption in supply chains: implications for sustainability. *Production Planning & Control*, 36(5), 699-722.

<https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2296669>