



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)

ΨΗΦΙΑΚΗ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΚΑΙ
ΝΕΟΦΥΗΣ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗ
ΤΑ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ
ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



Τίτλος Διπλωματικής

*Πώς συνδέονται η Κυκλική Οικονομία (CE) και η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI).
Κατανόηση των ευκαιριών της τεχνητής νοημοσύνης για την Αντίστροφη
Εφοδιαστική Αλυσίδα (RSC) και επίλυση των προκλήσεων αυτής.*

ΠΕΡΑΧΩΡΙΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

[A.M.:3272021016, icsdm721016@icsd.aegean.gr]

Η Διπλωματική Εργασία παρουσιάστηκε ενώπιον του Διδακτικού Προσωπικού του
Πανεπιστημίου Αιγαίου & του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Σε Μερική Εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του μεταπτυχιακού
διπλώματος ειδίκευσης «Ψηφιακή Καινοτομία και Νεοφυής Επιχειρηματικότητα»

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ
ΕΠΙΚΥΡΩΝΕΙ ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ
ΠΕΡΑΧΩΡΙΤΗ Ν. ΙΩΑΝΝΗ

κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΔΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, Επιβλέπων
Καθηγητής Ψηφιακής Διακυβέρνησης, Διευθυντής Μεταπτυχιακού Προγράμματος
Ψηφιακής Καινοτομίας & Επιχειρηματικότητας
Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

κ. ΚΟΝΤΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ, Μέλος
Συνεργαζόμενος εξωτερικός Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

© 2023
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
Περαχωρίτης Ν. Ιωάννης

Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή περιέχει εννοιολογικό χαρακτήρα, δίνοντας έμφαση στη βιβλιογραφία από την επιχειρηματικότητα, την Κυκλική Οικονομία-CE και την Διαχείριση της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας-RSC ώστε να διερευνηθεί ο αντίκτυπος της Τεχνητής Νοημοσύνης-AI στις λειτουργίες της RSC. Αρχικά, εξετάστηκε η τρέχουσα ερευνητική βιβλιογραφία για την CE, εστιάζοντας στην RSC και τις βασικές λειτουργίες και καθήκοντά της, στη συνέχεια, παρατίθεται η βιβλιογραφία για τα επιχειρηματικά οικοσυστήματα και τον ρόλο της τεχνολογίας, ιδιαίτερα της τεχνητής νοημοσύνης, σε αυτό το οικοσύστημα. Έπειτα, παρουσιάζονται τα ποιοτικά αποτελέσματα της έρευνας και γίνεται αξιολόγηση για το πώς διάφορες μορφές AI είναι γνωστό ή πιθανό να επηρεάσουν τις λειτουργίες και τις εργασίες της RSC, με θετικό κυρίως αντίκτυπο. Στα τελευταία κεφάλαια, συζητούνται γενικά τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής έρευνας ταυτόχρονα με την ενίσχυση από τα ερωτήματα που παρατέθηκαν στο συνεντευξιζόμενο του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Ε.Φ.Ε.) Δημόκριτος, σε σχέση με τη διεξοδική μελέτη περίπτωσης για τη συμβολή των Drones αλλά και των τηλεπικοινωνιακών δικτύων 5^{ης} γενιάς σε συνδυασμό με την AI, στην RSC. Επίσης, αναλύονται οι επιπτώσεις αυτής της εργασίας στην πράξη, οι περιορισμοί αλλά και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Λέξεις - Κλειδιά: *Τεχνητή νοημοσύνη, Κυκλική Οικονομία, Διαχείριση Αντιστροφής Εφοδιαστικής Αλυσίδας, μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα, Δίκτυα 5^{ης} Γενιάς.*

Abstract

Thesis topic: *“How the Circular Economy (CE) and Artificial Intelligence (AI) are related. Understanding the opportunities of AI for the Reverse Supply Chain (RSC) and solving its challenges”.*

This master thesis contains conceptual character, emphasizing literature from entrepreneurship, Circular Economy-CE and Reverse Supply Chain Management-RSC to explore the impact of AI-AI on RSC operations. First, the current research literature on CE was reviewed, focusing on RSC and its key functions and tasks, then the literature on business ecosystems and the role of technology, especially AI, in this ecosystem was listed. Next, the qualitative results of the research are presented and an assessment is made of how various forms of AI are known or likely to impact the functions and tasks of the RSC, with a mostly positive impact. In the final chapters, the results of the literature survey are discussed in general terms at the same time as reinforced by the questions provided by the interviewer from the Institute of Information Technology and Telecommunications of the National Centre for Research and Natural Sciences (NCRN) Democritus, in relation to the in-depth case study on the contribution of Drones and also 5th generation telecommunication networks in combination with AI, to the RSC. The practical implications of this work, limitations and suggestions for future research are also discussed.

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), Circular Economy (CE), Reverse Supply Chain Management (RSCM), Drones, 5th Generation Networks.*

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Κοντό Γεράσιμο, για την υποστήριξη και τις διορατικές συζητήσεις κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού και την καθοδήγησή του στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, καθώς πάντα μας ωθούσε να γινόμαστε καλύτεροι.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον συνεντευξιαζόμενο Μακρόπουλο Ι. Γεώργιο Telecoms Engineer PhD-Research Associate του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Ε.Φ.Ε.) Δημόκριτος, για τη σημαντική συμβολή του στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή παρέχοντας πληροφορίες για την διεξοδική μελέτη περίπτωσης της συμβολής των Drones αλλά και των τηλεπικοινωνιακών δικτύων 5^{ης} γενιάς σε συνδυασμό με την AI, στην RSC.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω για την αμέριστη συμπαράσταση την οικογένεια και τους φίλους μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Ευχαριστίες.....	v
Περιεχόμενα.....	vi
Ευρετήριο εικόνων.....	x
Ευρετήριο πινάκων	xi
1 Εισαγωγή	12
1.1 Κίνητρα	14
1.2 Πλαίσιο.....	15
1.3 Στόχος.....	15
1.4 Ερευνητικά ερωτήματα	16
2 Θεωρία-Έννοιες	17
2.1 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας	19
2.2 Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	21
2.3 Κυκλική Οικονομία (CE).....	22
2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)	24
3 Η σημαντικότητα της Αντίστροφης Αλυσίδας Εφοδιασμού	26
3.1 Πηγές Αντίστροφης Αλυσίδας Εφοδιασμού	27
3.2 Η λειτουργία της διαδικασίας Αντίστροφης Εφοδιαστικής	28
3.3 Οι προκλήσεις της Αντίστροφης Εφοδιαστικής.....	30
3.4 Η Αντίστροφη Εφοδιαστική Μελλοντικά	30
4 Η χρήση της AI για την επίλυση των προκλήσεων των RL.....	32
4.1 Ο αντίκτυπος της AI στην RSC	33
4.1.1 AI στον σχεδιασμό δικτύων Αντίστροφης Εφοδιαστικής	34
4.1.2 AI στη συλλογή Αντίστροφης Εφοδιαστικής.....	35
4.1.3 AI στην αποθήκευση Αντίστροφης Εφοδιαστικής.....	36
4.1.4 AI στην επεξεργασία Αντίστροφης Εφοδιαστικής.....	36
4.2 Περιπτώσεις χρήσης για AI στην RSC	37
4.2.1 Διαχείριση Αντίστροφης Εφοδιαστικής	38
4.2.2 Διαχείριση Επιστροφών.....	39
4.2.3 Μεταπώληση Προϊόντων.....	40
4.2.4 Προϊόντα Ανακύκλωσης και Ανακατασκευής	41
4.3 Οφέλη από τη βελτίωση της Αντίστροφης Εφοδιαστικής με AI	41
4.3.1 Αξία και ικανοποίηση για τον πελάτη	42

4.3.2 Αξία για τους κατασκευαστές και λιανοπωλητές.....	43
4.3.3 Αξία για την κοινωνία και το περιβάλλον	43
5 Αποτελέσματα	45
5.1 Η AI προσφέρει βοήθεια στην ταχύτερη επίλυση σύνθετων προβλημάτων	45
5.2 Ξεκλείδωμα ευκαιριών με τη χρήση AI.....	49
5.3 Συμβολή AI στην CE και στα RL με την παρουσίαση Use cases.....	52
5.4 Ποιοτικά αποτελέσματα	70
5.4.1 Η μελέτη της χρησιμότητας των “Drones” στην Αλυσίδα Εφοδιασμού προς τα εμπρός και Αντίστροφα	70
5.4.2 Μοντέλα Drones	71
5.4.3 Τα Drones της Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	73
5.4.4 Τρόπος λειτουργίας συμβατικού Drone με ενσωμάτωση AI	74
5.4.5 Λειτουργία Drone με AI στις μεταφορές logistics	77
5.4.6 Μοντέλο Drone-Delivery using Autonomous Mobility (DDAM)	79
5.4.7 Σενάριο επιστροφών λιανικής με Drone	80
5.4.8 Σενάριο διαχείρισης βλαβών αυτοκινούμενων οχημάτων με συμμετοχή drone	81
5.4.9 Σενάρια χαρτογράφησης χώρων υγειονομικής ταφής-υδάτων και διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων σε σημεία συλλογής και ανακύκλωσης	82
5.4.10 Χρήση drone για τη συλλογή σκουπιδιών από χώρους υγειονομικής ταφής	84
5.4.11 Χρήση drone για τον καθαρισμό υδάτων	85
5.4.12 Η χρήση των Drones στις μέρες μας σε διάφορες χώρες	89
5.4.13 Συνέντευξη	92
6 Συζήτηση	100
6.1 Ποιοτικά αποτελέσματα	100
6.2 Μέθοδος	107
6.3 Συνέντευξη	107
6.4 Πηγές.....	111
6.5 Το θέμα σε ευρύτερο πλαίσιο	111
7 Συμπεράσματα.....	114
7.1 Ερευνητικά ερωτήματα	114
7.2 Μελλοντικές εργασίες.....	117
Βιβλιογραφία	119

Ευρετήριο συντομογραφιών

Συντομογραφία	Επεξήγηση	Μετάφραση
<i>SCM</i>	Supply Chain Management	Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας
<i>CE</i>	Circular Economy	Κυκλική Οικονομία
<i>RSC</i>	Revere Supply Chain	Εφοδιαστική Αλυσίδα
<i>AI</i>	Artificial Intelligence	Τεχνητή Νοημοσύνη
<i>CD</i>	Channels Distribution	Κέντρα Διανομής
<i>LMD</i>	Last Mile Delivery	Τελευταίο Μίλι Παράδοσης
<i>SC</i>	Supply Chain	Εφοδιαστική Αλυσίδα
<i>ML</i>	Machine Learning	Μηχανική Μάθηση
<i>AR</i>	Augmented Reality	Επαυξημένη Πραγματικότητα
<i>RFID</i>	Radio Frequency Identification	Αναγνώριση Ραδιοσυχνοτήτων
<i>VC</i>	Visual Computing	Υπολογιστική Όραση
<i>PA</i>	Predictive Analytics	Προγνωστική Ανάλυση
<i>DL</i>	Deep Learning	Βαθιά Μάθηση
<i>ELV</i>	End-of-Life Vehicles	Τέλος του Κύκλου Ζωής τους
<i>API</i>	Application Programmable Interface	Διεπαφή χρήστη
<i>DDAM</i>	Drone-Delivery using Autonomous Mobility	Συνδυαστική παράδοση με μη επανδρωμένα ιπτάμενα και επίγεια οχήματα
<i>Gbps</i>	Gigabits per second	Gigabits ανά δευτερόλεπτο
<i>URLLC</i>	Ultra Reliable Low Latency Communication	Εξαιρετικά αξιόπιστες επικοινωνίες χαμηλής καθυστέρησης

Συντομογραφία	Επεξήγηση	Μετάφραση
<i>eMBB</i>	enhanced Mobile Broadband	Ενισχυμένη κινητή Ευρυζωνικότητα
<i>OPEX</i>	Operational Expenditures	Λειτουργικές Δαπάνες
<i>NSA</i>	Non-Stand Alone	Συνύπαρξη 4G και 5G
<i>SA</i>	Stand Alone	Καθολική εφαρμογή 5G
<i>5G</i>	Fifth-Generation Technology Standard	Τεχνολογικό Πρότυπο Πέμπτης Γενιάς
<i>3PL</i>	Third Party Logistic	Τρίτοι πάροχοι μεταφορών και αποθήκευσης

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση εφοδιαστικής αλυσίδας.....	21
Εικόνα 2. Σχηματική απεικόνιση της RSC	21
Εικόνα 3. Εφοδιαστικό δίκτυο και αντίστροφα logistics.....	22
Εικόνα 4. Διάγραμμα πεταλούδας σε μια CE	24
Εικόνα 5. Διαδικασίες SC- Η πολυπλοκότητα των ροών προϊόντων και οι ευκαιρίες στην εφοδιαστική της RSC	27
Εικόνα 6. Προώθηση εφοδιαστικής αλυσίδας από την παραγωγή έως την τελική παράδοση και τον κύκλο ζωής του προϊόντος που αναδεικνύει πηγές αντίστροφης ροής.....	28
Εικόνα 7. Ανάκτηση αξίας από τη διαδικασία επιστροφών.....	29
Εικόνα 8. Ο ρόλος που διαδραματίζει η αναλυτική, η πρωτοβουλία ή η μηχανική AI σε ολόκληρη την RSC.....	33
Εικόνα 9. Αξία και ικανοποίηση που δημιουργείται για τον πελάτη	42
Εικόνα 10. Αξία που δημιουργείται για τους κατασκευαστές και λιανοπωλητές.....	43
Εικόνα 11. Ανάπτυξη αλγορίθμου για εφαρμογές Βαθιάς Μάθησης.....	47
Εικόνα 12.Στάδια ανάπτυξης αλγορίθμου τεχνητής νοημοσύνης σε μια γενική προσέγγιση.....	49
Εικόνα 13. Ανατομία ενός Drone	74
Εικόνα 14. Χρήση της AI για την αυτοματοποίηση των Drones	75
Εικόνα 15. Απεικόνιση του DDAM.....	80
Εικόνα 16. Πλαστικά θραύσματα διάφορων μεγεθών με έντονα χρώματα.....	87
Εικόνα 17. Συνήθη θαλάσσια απορρίμματα που απαντώνται στις μεγάλες λίμνες.....	87
Εικόνα 18. Δίχτυ/πετονιά, πολύχρωμο κουβάρι ευδιάκριτο στο φόντο του γιαλού. ...	88
Εικόνα 19. Ευδιάκριτα απορρίμματα σχοινί και ένα μεταλλικό κουτί μπίρας	88
Εικόνα 20. Μεταφορά LMD στην SC	116

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1. Εφαρμογές AI για την ευέλικτη διαχείριση οργανισμών και επιχειρήσεων	69
Πίνακας 2. Μοντέλα drone delivery	73
Πίνακας 3. Η χρήση των Drones ανά τον κόσμο	91
Πίνακας 4. SWOT ανάλυσης για τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη Drones στη SC, τα Logistics και την RSC.....	106
Πίνακας 5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στο μοντέλο Drone delivery	115

1

Εισαγωγή

Η Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management/SCM) έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια πιο έντονα στον επιχειρηματικό κόσμο, παρόλο που έχει τη βάση της εδώ και αρκετά χρόνια, ορμώμενη από τον στρατό και την ναυτιλία. Η SCM εμπεριέχει διάφορους συμμετέχοντες, όπως προμηθευτές, πελάτες, και άλλους ρόλους, οι οποίοι εμπλέκονται σε διάφορες δραστηριότητες, όπως η μεταφορά Α΄ υλών, αγαθών ή παροχή υπηρεσιών, από μια τοποθεσία σε μια άλλη [1]. Για να επιτευχθεί λοιπόν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά, η SCM είναι αναγκαία διαδικασία στον βιομηχανικό και επιχειρηματικό κόσμο.

Αν κοιτάξουμε από μια διαφορετική οπτική γωνία, πριν εφαρμοστεί πλήρως η SCM σε ένα σημαντικό μέρος του επιχειρηματικού κόσμου, η Κυκλική Οικονομία (Circular Economy/CE) αναδύεται ως εναλλακτική προοπτική. Παρότι υπάρχουν πολλές διατυπωμένες έννοιες της CE, είναι κοινώς αποδεκτό από τους ερευνητές ότι εμπεριέχει δραστηριότητες ελαχιστοποίησης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης [2], δηλαδή αυτό που είναι γνωστό ως απόβλητο στην παραδοσιακή γραμμική οικονομία θα πρέπει να γίνει εισροή σε μια άλλη βιομηχανική διαδικασία ή ως αναγεννητικός πόρος για τη φύση.

Έρευνες δείχνουν ότι τα οφέλη από την εφαρμογή ενός συστήματος CE θα μπορούσαν να είναι η αιτία για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα έως και 70%, και ως αποτέλεσμα θα είναι η δημιουργία ταυτόχρονα εκατομμυρίων θέσεων εργασίας [3]. Επίσης, από την εφαρμογή της CE επωφελούνται οργανισμοί και επιχειρήσεις καθώς αυτή παρέχει προστασία από την έλλειψη πόρων και γενικά όλο αυτό το σύστημα στηρίζεται στην εξαγωγή της μέγιστης τιμής εισροής σε οποιοδήποτε στάδιο του βιομηχανικού κύκλου ζωής. Κύρια λειτουργία της CE είναι η Αντίστροφη

Εφοδιαστική Αλυσίδα (Revere Supply Chain/RSC), καθώς αντιπροσωπεύει τη ροή αγαθών από τους καταναλωτές πίσω στους κατασκευαστές. Η διαδικασία αυτή θεωρείται ως η κινητήρια δύναμη μιας αλυσίδας εφοδιασμού κλειστού βρόχου [4], καθώς χωρίς την εφαρμογή RSC, τα προϊόντα θα καταλήξουν στο συνηθέστερο προορισμό που είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο η RSC θεωρείται ότι είναι ένα εξαιρετικά σημαντικό στοιχείο κατά τη δημιουργία ενός συστήματος κλειστού βρόχου.

Το κυβερνητικό, ακαδημαϊκό και πρακτικό ενδιαφέρον σε γενικές γραμμές για το θέμα της CE τελευταία, όπως ήταν αναμενόμενο, όλο και πιο πολύ αυξάνεται, εμπεριέχοντας και την RSC. Επιπλέον, εντοπίζονται ήδη διάφορες επιτυχημένες ιστορίες επιχειρηματιών που η συμβολή τους στην εκπαίδευση για την CE είναι ουσιαστική, καθώς και από έρευνες των Martin Calisto Friant, Walter J.V. Vermeulen, Roberta Salomone [5] οι οποίοι αναφέρονται σε νέες επιχειρήσεις με κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα ως «Κυκλικές Νεοσύστατες Επιχειρήσεις». Επίσης, ένα σημαντικό στοιχείο σε ό,τι αφορά στη CE, είναι η χρήση νέων τεχνολογιών, γεγονός που επηρεάζει το επιχειρηματικό οικοσύστημα καθώς αυτές αλλάζουν και αναπτύσσονται ραγδαία, παρουσιάζοντας συνεχώς νέες ευκαιρίες και προκλήσεις.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence/AI) είναι μια από τις πρόσφατα αναδυόμενες τεχνολογίες που έχει τεράστιες δυνατότητες και μπορεί να επηρεάσει τη CE. Ως εκ τούτου, η παρούσα διατριβή διερευνά τις συνέπειες της ενσωμάτωσης της AI στην CE και επικεντρώνεται στον ρόλο που η τελευταία διαδραματίζει. Καθώς ο απώτερος στόχος είναι η ανάκτηση αξίας μέσω της CE, για αυτό στην RSC τα αγαθά μετακινούνται από τον τελικό προορισμό τους, πίσω σε λιανοπωλητές, διανομείς ή κατασκευαστές.

Ένα άλλο τεχνολογικό εργαλείο που μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της SCM εν γένει, είναι η χρήση των drones. Ένα τρανταχτό παράδειγμα, μιας εταιρείας που κατέχει ηγετική θέση στον τομέα της SCM είναι η Amazon¹ και τα Κέντρα Διανομής της (Channels Distribution/CD). Η Amazon είναι πρωτοπόρος στη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών στο πλαίσιο της SCM και προσβλέπει ακόμα και στις παραδόσεις με μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα, Drones. Η εταιρεία ερευνών Skylark Services αναφέρει ότι καθημερινά 110 εκατομμύρια διαδικτυακές

¹ <https://www.amazon.com/>

παραγγελίες, με 100 εκατομμύρια από τα προϊόντα που παραγγέλλονται, ζυγίζουν κάτω από πέντε κιλά. Το στοιχείο αυτό υποδεικνύει τις τεράστιες οικονομικές δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει η παράδοση με Drones. Η χρήση αυτών των μη επανδρωμένων οχημάτων είναι μια ενδιαφέρουσα έννοια προς μελέτη, καθώς επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο παράδοσης προϊόντων και μπορεί να επηρεάσει την οικονομία και την αποτελεσματικότητα της SCM.

Ενώ γενικά υπάρχει μια πλήρης βιβλιογραφία και αρκετή γνώση για την RSC, λίγα είναι γνωστά για τα ζητήματα των επιστροφών προϊόντων με συνδυασμό AI και drone. Άρα ο σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να συζητήσει το θέμα της RSC στην SCM, και πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μιας υπηρεσίας παράδοσης με τα νέα πιο έξυπνα drones σε σχέση με την επιστροφή ενός προϊόντος.

Συνοψίζοντας, σε αυτή τη διατριβή αρχικά, θα ερευνηθεί η βιβλιογραφία σχετικά με την CE, με έμφαση στην RSC και τις βασικές λειτουργίες και τα καθήκοντά της. Έπειτα, θα συζητηθεί η βιβλιογραφία σχετικά με το επιχειρηματικό οικοσύστημα και τον ιδιαίτερο ρόλο της AI σε αυτό. Συνεχίζοντας, θα παρουσιαστούν τα ποιοτικά αποτελέσματα όπως και τα ερωτήματα που παρατέθηκαν στον συνεντευξιαζόμενο του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Ε.Φ.Ε.) Δημόκριτος, σε σχέση με την διεξοδική μελέτη περίπτωσης για την συμβολή των Drones και των τηλεπικοινωνιών 5^{ης} γενιάς σε συνδυασμό με την AI, στην RSC. Ολοκληρώνουμε, με μια γενική συζήτηση των ευρημάτων της έρευνας στην πράξη και τα περιθώρια για μελλοντική έρευνα.

1.1 Κίνητρα

Ορμώμενος από μια παλαιότερη έρευνα στο προπτυχιακό πρόγραμμα που ολοκλήρωσα πριν 15 έτη, που έφερε τον τίτλο «Reverse Logistics και Ανακύκλωση Αυτοκινήτων», θέλησα να ερευνήσω την εξέλιξη του αντικειμένου της RSC σε σχέση με τις νέες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί και πιο συγκεκριμένα με την AI. Αυτό ήταν το αρχικό κίνητρο και παρακάτω θα παραθέσω τη σημαντικότητα διάφορων λόγων για τη διεξαγωγή της έρευνας. Πρώτα από όλα η AI έχει ευρεία εφαρμογή στην RSC, ωστόσο επί του παρόντος δεν υφίσταται κάποια δομημένη ανάλυση ούτε

διαφαίνονται ο τρόπος με τον οποίο η AI παρέχει υποστήριξη σε βασικές εργασίες RSC και οι ευκαιρίες. Επιπροσθέτως, η AI αποκτά όλο και μεγαλύτερη θέση σε ευρύτερα ερευνητικά πεδία που συχνά θεωρούνται θεμελιώδη για την έρευνα στον τομέα της επιχειρηματικότητας, παρόλο που έχει λάβει λιγότερη προσοχή στη σύγχρονη έρευνα επιχειρηματικότητας μέχρι τις μέρες μας. Τέλος, η AI είναι ένα αναπτυσσόμενο πεδίο εφαρμογής που σχετίζεται με την αυτοματοποίηση διαδικασιών στην επιχειρηματικότητα, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανίας, της διαχείρισης των επιχειρήσεων και της καινοτομίας, επηρεάζοντας έτσι τη διαδικασία και τα αποτελέσματα της επιχειρηματικότητας ως προς την ευελιξία που προσφέρει με την εφαρμογή της σε διάφορα στάδια τις RSC.

1.2 Πλαίσιο

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή διεξάγεται στο πλαίσιο του Δι-ιδρυματικού προγράμματος, «Ψηφιακή Καινοτομία και Νεοφυής Επιχειρηματικότητα», του πανεπιστημίου Αιγαίου, τμήμα Σάμου, και του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η διατριβή αυτή είναι σημαντική καθώς είναι λιγότερες οι έρευνες που έχουν παρουσιάσει μια δομημένη συζήτηση για τη συσχέτιση της AI στις λειτουργίες και τις εργασίες RSC. Ανταποκρίνεται σε μια πρωτοβουλία για εκτενή έρευνα σε ότι αφορά στην AI και τις ευκαιρίες της για την CE και τονίζει τη σημασία των αναδυόμενων εφαρμογών και εξοπλισμών που έχουν ενσωματωμένη την AI. Επίσης, περιγράφονται οι οδοί για μελλοντική έρευνα και προτάσεις σχετικά με την εξέλιξη της AI στην RSC.

1.3 Στόχος

Οι τεχνολογίες παρέχουν σημαντική δύναμη, τρόπο ενδυνάμωσης της πληροφόρησης και παρέχουν ευελιξία στο επιχειρηματικό οικοσύστημα, καθώς έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τις επιχειρηματικές ευκαιρίες και διαδικασίες. Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή διερευνά την αναδυόμενη τεχνολογία της AI και τη σημαντική προσφορά της στην RSC στο πλαίσιο της CE. Εξετάζει βασικές λειτουργίες της RSC και περιγράφει τα επιχειρηματικά προβλήματα που βρίσκουν λύση μέσα από

την εφαρμογή της AI, και με ποιο τρόπο αυτή έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει αυτές τις λειτουργίες.

1.4 Ερευνητικά ερωτήματα

Σύμφωνα λοιπόν με το στόχο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, γεννιούνται κάποια ερευνητικά ερωτήματα τα οποία μας βοηθούν να εμβαθύνουμε στο θέμα και τα οποία είναι τα εξής:

- I. Τι είναι η αντίστροφη αλυσίδα εφοδιασμού και γιατί είναι σημαντική στην κυκλική οικονομία;
- II. Πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνητή νοημοσύνη για την επίλυση των προκλήσεων της αντίστροφης εφοδιαστικής;
- III. Ποια τα οφέλη από τη βελτίωση της αντίστροφης εφοδιαστικής με AI;
- IV. Με ποιους τρόπους προσθέτει αξία και ποιες οι ευκαιρίες χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης στη διαδικασία αντίστροφης εφοδιαστικής;
- V. Ποια η συνεισφορά που μπορεί να προσφέρει, ή ήδη προσφέρει, η τεχνητή νοημοσύνη σε καθεμία από τις τέσσερις λειτουργίες της αντίστροφης εφοδιαστικής (σχεδιασμός δικτύου, συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία);
- VI. Μπορεί η τεχνητή νοημοσύνη να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο ψηφιακό οικοσύστημα το οποίο περιλαμβάνει αντίστροφη εφοδιαστική;
- VII. Ποιο το μέλλον της αντίστροφης εφοδιαστικής;
- VIII. Πόσο εφικτές είναι οι νέες καινοτόμες λύσεις και τεχνολογίες μεταφορών για ένα αντίστροφο Τελευταίο Μίλι Παράδοσης (Last Mile Delivery/LMD);

2

Θεωρία-Έννοιες

Η CE και η AI αλληλοσυνδέονται με αρκετά διαφορετικούς τρόπους. Η μεν πρώτη, έχει σαν στόχο την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και προωθεί την αποδοτική χρήση των πόρων με τέτοιο τρόπο όπως παρατείνουντας τη διάρκεια ζωής των προϊόντων μέσω α) της ανακύκλωσης, β) της ανακατασκευής και γ) της επαναχρησιμοποίησης. Η δεύτερη, από την άλλη πλευρά, εστιάζει στο έργο και στην προσπάθεια ανάπτυξης έξυπνων μηχανών που έχουν την ικανότητα να εκτελούν εργασίες που συνήθως απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη. Με την εφαρμογή στην RSC, η AI έχει τη δυνατότητα να προσφέρει πολύτιμες ευκαιρίες για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών και την επίλυση των προκλήσεων που σχετίζονται με την CE. Ακολούθως θα αναφερθούν ορισμένα βασικά σημεία για την καλύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ της CE και της AI, ταυτόχρονα με τις ευκαιρίες και τις προκλήσεις που συνδέονται με την AI στην RSC.

Πρώτον, για τη λήψη αποφάσεων, με τα διάφορα συστήματα AI, απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο μεγάλος όγκος δεδομένων καθώς συλλέγονται σε όλο το φάσμα της αλυσίδας εφοδιασμού, τα οποία συμπεριλαμβάνουν τους κύκλους ζωής των προϊόντων, τις ανάγκες των πελατών και των τάσεων της αγοράς. Αποτέλεσμα της συγκεκριμένης προσέγγισης βάσει των δεδομένων είναι η καλύτερη λήψη αποφάσεων στην RSC, καθώς και ο εντοπισμός ευκαιριών για ανάκτηση προϊόντων, τη βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων και ακόμη η πρόβλεψη της ζήτησης για ανακυκλωμένα υλικά.

Δεύτερον, με τους αλγόριθμους που υποστηρίζονται από AI μπορούν να βελτιστοποιηθούν και να είναι πιο ευέλικτες οι λειτουργίες της RSC, ταυτόχρονα με την συμπερίληψη της συλλογής, της ταξινόμησης και της μεταφοράς προϊόντων. Έτσι,

με αποδοτικότερη δρομολόγηση και προγραμματισμό των δραστηριοτήτων συλλογής, η AI μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις κοστοβόρες μεταφορές, να ελαφρύνει την ατμόσφαιρα από τις εκπομπές άνθρακα και να βελτιώσει τη συνολική λειτουργική απόδοση.

Τρίτον, με την AI μπορεί να αυτοματοποιηθεί η επιθεώρηση και η διαλογή των επιστρεφόμενων ή ανακυκλωμένων προϊόντων. Αλγόριθμοι στα πεδία της υπολογιστικής όρασης και μηχανικής μάθησης έχουν τη δυνατότητα να αναλύσουν τις συνθήκες των προϊόντων, να εντοπίσουν ελαττώματα και να καθορίσουν τα κατάλληλα επόμενα βήματα, όπως 1^ο επισκευή, 2^ο ανακατασκευή ή 3^ο ανακύκλωση. Ως αποτέλεσμα αυτού του αυτοματισμού είναι η αύξηση της ακρίβειας ταξινόμησης και ελαχιστοποίηση της ανάγκης για χειρωνακτικό έργο.

Τέταρτον, με την τεχνολογία της AI υπάρχει η δυνατότητα για εξατομικευμένες προτάσεις προϊόντων, ώστε να δοθούν κίνητρα στο καταναλωτικό κοινό να συμμετάσχει στην CE παρέχοντάς τους ανατροφοδότηση σχετικά με βιώσιμες επιλογές προϊόντων. Αξιοποιώντας για παράδειγμα chatbots τα οποία λειτουργούν με AI, μηχανές συστάσεων ή εικονικούς βοηθούς, εφαρμογές με τις οποίες η εκάστοτε εταιρεία μπορεί να αλληλοεπιδράσει με τους πελάτες, εκπαιδεύοντάς τους σχετικά με τις δυνατότητες ανακύκλωσης, και ταυτόχρονα ενθαρρύνοντάς τους για υπεύθυνη κατανάλωση.

Πέμπτον, η AI μπορεί να βελτιώσει την παρακολούθηση, προάγοντας έτσι την προληπτική συντήρηση των προϊόντων σε ολόκληρο το φάσμα του κύκλου ζωής τους. Αναλύοντας τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μέσω συνδεδεμένων συσκευών, αισθητήρων και ιστορικών αρχείων, οι αλγόριθμοι AI έχουν την δυνατότητα να προβλέψουν εάν και πότε ένα προϊόν είναι πιθανό να αποτύχει, έτσι ώστε να είναι σε θέση να προγραμματίσουν την προληπτική συντήρηση ή και την επισκευή του. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η ανάγκη για πρόωρες αντικαταστάσεις, παρατείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής των προϊόντων και υποστηρίζοντας τις αρχές της CE.

Παρά το γεγονός αυτών των ευκαιριών, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που συνδέονται άρρηκτα με την ενσωμάτωση της AI στην RSC. Αυτές είναι οι εξής:

1. Ποιότητα και διαθεσιμότητα δεδομένων: Η AI απαιτεί υψηλή ποιότητα και ποικιλία στα σύνολα δεδομένων, ώστε να παρέχεται ακρίβεια προβλέψεων και συστάσεων. Για αυτό αποτελεί πρόκληση η διασφάλιση της διαθεσιμότητας και της αξιοπιστίας των σχετικών δεδομένων από διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη στην RSC.

2. **Απόρρητο και ασφάλεια:** Η εφαρμογή της AI περιλαμβάνει την διαχείριση ευαίσθητων δεδομένων. Οπότε, είναι ζωτικής σημασίας η διατήρηση του απορρήτου των δεδομένων και της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο έτσι ώστε να προστατεύονται οι πληροφορίες των πελατών, των εμπορικών απορρήτων και της πνευματικής ιδιοκτησίας. Ως εκ τούτου πρέπει να εφαρμοστούν κατάλληλα πλαίσια διακυβέρνησης δεδομένων και μέτρα ασφαλείας.
3. **Υιοθέτηση και εφαρμογή τεχνολογίας:** Ενσωματώνοντας την AI στις υπάρχουσες διαδικασίες RSC μπορεί να απαιτηθεί υψηλό κεφάλαιο επένδυσης και μετατροπή στην οργανωτική δομή. Για αυτό, θα πρέπει να αξιολογηθεί η ανάγκη, η σκοπιμότητα, η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας και η συμβατότητα των συστημάτων AI με την υπάρχουσα υποδομή της εκάστοτε εταιρείας.
4. **Δεοντολογική προσέγγιση:** Καθώς η AI εφαρμόζεται όλο και πιο συχνά και γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη στη λήψη αποφάσεων, είναι αναγκαία η διασφάλιση της δεοντολογικής χρήσης της AI στην RSC. Οι εταιρείες επίσης, είναι υποχρεωμένες να εξετάζουν ζητήματα που σχετίζονται με τη δικαιοσύνη, τη διαφάνεια, τη μεροληψία και τη λογοδοσία κατά την ανάπτυξη αλγορίθμων AI.

Είναι σημαντική λοιπόν η συνεργασία μεταξύ διαφόρων ενδιαφερόμενων μερών για την πλήρη αξιοποίηση των ευκαιριών και την αντιμετώπιση των προκλήσεων, όπως οι κυβερνήσεις, τα ερευνητικά ιδρύματα, οι επιχειρήσεις, τα πανεπιστήμια και οι καταναλωτές. Συνδυάζοντας λοιπόν τις αρχές της CE με τη δύναμη της AI, έχουμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε πιο βιώσιμες και αποτελεσματικές αλυσίδες εφοδιασμού, μειώνοντας παράλληλα τα απόβλητα και μεγιστοποιώντας τη χρήση των πόρων.

2.1 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η SCM αναφέρεται στον συντονισμό και την εποπτεία του συνόλου των δραστηριοτήτων που άπτονται της παραγωγής, των προμηθειών, της μετατροπής και διανομής αγαθών ή υπηρεσιών. Εμπεριέχει επίσης τον σχεδιασμό, την εκτέλεση, τον έλεγχο και την παρακολούθηση του καθολικού δικτύου της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

(Supply Chain/SC), από την εισροή των πρώτων υλών στην παραγωγή έως την παράδοση των τελικών προϊόντων στους πελάτες.

Η SCM εμπεριέχει τη διαχείριση διαφόρων διασυνδεδεμένων , συμπεριλαμβανομένων μεταξύ άλλων:

- i. των προμηθευτών,
- ii. των κατασκευαστών,
- iii. των διανομέων,
- iv. των λιανοπωλητών και
- v. των πελατών.

Ο βασικός στόχος είναι να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες είναι τα απαιτητά και είναι διαθέσιμα τη σωστή στιγμή, με την αναγκαία ποσότητα και στην ακριβή τοποθεσία, ελαχιστοποιώντας παράλληλα το κόστος αστοχιών και βελτιστοποιώντας τη συνολική απόδοση.

Η SCM είναι μια δημοφιλής και ταυτόχρονα καινοτόμος προσέγγιση για τη διοίκηση και διαχείριση των νέων βιομηχανιών, η οποία προέρχεται από τη μέθοδο παραγωγής Just-In-Time (JIT)², τα Logistics και τις αρχές της λιτής παραγωγής (lean production³) [6]. Πολλοί ακαδημαϊκοί ασχολήθηκαν και μελέτησαν την SCM, αλλά εντούτοις δεν έχει οριστεί επίσημα κάποιος κοινά αποδεκτός ορισμός. Έτσι μια διατύπωση για τη SCM που έχει προκύψει την ορίζει ως:

«Απόδοση βελτιωμένης οικονομικής αξίας και εξυπηρέτησης του πελάτη μέσα από συγχρονισμένη διαχείριση της ροής των φυσικών αγαθών και της σχετικής πληροφόρησης, από την παραγωγή ως την κατανάλωση [7], [8]».

Παρότι η λέξη «αλυσίδα» υπονοεί μια γραμμικότητα, στην πραγματικότητα δημιουργούνται πολύπλοκα πολυ-επίπεδα δίκτυα μέσα στα οποία διακινούνται προϊόντα, πληροφορίες και κεφάλαια. Στο παρακάτω σχήμα διακρίνεται μια απλοποιημένη απεικόνιση της εφοδιαστικής αλυσίδας με τις βασικότερες οντότητες που έχουν αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο [6].

² <https://www.investopedia.com/terms/j/jit.asp>

³ <https://www.lean.org/lexicon-terms/lean-production/>



Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση εφοδιαστικής αλυσίδας

Πηγή άντλησης: (www.corporatefinanceinstitute.com, 2020), Papakonstantopoulou_tml1614.pdf (unipi.gr)

2.2 Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα

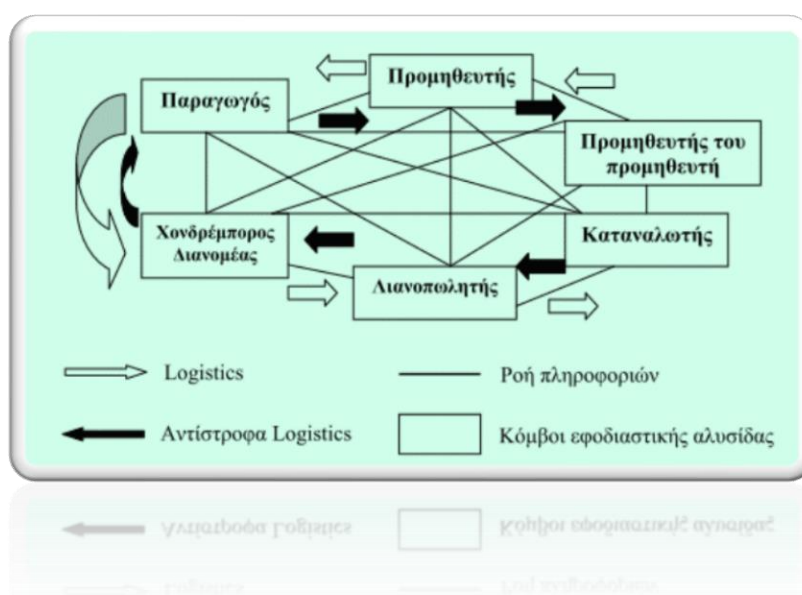
Ως RSC ορίζεται η αλυσίδα διαδικασιών και λειτουργιών που δημιουργείται με απώτερο στόχο την επιστροφή και αξιοποίηση υλικών και συσκευασιών στο τέλος του κύκλου ζωής τους, δηλαδή μετά από τη χρήση τους. Εμπεριέχει, τις δραστηριότητες που εκτελούνται όταν το προϊόν έχει φτάσει στο τέλος ζωής του και ακολουθεί πορεία προς τα πίσω από τον καταναλωτή στον κατασκευαστή ή γενικότερα προς κάποια μονάδα ανάκτησης χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών, υλικών ή και ακόμα την εκ νέου παραγωγή (ανακύκλωση), από τα οποία θα ανακτηθεί κάποια αξία από την επαναχρησιμοποίησή τους [9].

Εικόνα 2. Σχηματική απεικόνιση της RSC

Πηγή άντλησης:
Διαχειριστείτε την
αντίστροφη εφοδιαστική
σας μέσω ενός 3PL |
Εφοδιαστική E & TA
(rtdlogistics.com)



Στο παρακάτω σχήμα αποδίδεται η πολυπλοκότητα και οι αλληλεξαρτήσεις στο δίκτυο SC, ενώ ταυτόχρονα απεικονίζεται και η ροή της RSC. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα στάδια της RSC είναι πιθανό να περιλαμβάνονται πρόσθετες λειτουργίες ανάκτησης των προϊόντων, όπως συλλογή/διαλογή, ανακατασκευή, επεξεργασία και άλλες που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Επίσης, ένα σύστημα RSC παρουσιάζει ορισμένες φορές ιδιαίτερα αυξημένη αβεβαιότητα, γεγονός που καθιστά πιο περίπλοκη την οργάνωση και εκτέλεσή του [6].



Εικόνα 3. Εφοδιαστικό δίκτυο και αντίστροφα logistics

Πηγή άντλησης: Στειακάκης & Δριτσάκης 2005

2.3 Κυκλική Οικονομία (CE)

Ο ορισμός της CE που είναι πιο δημοφιλής [10] είναι αυτή του Ιδρύματος Ellen MacArthur (2012, σελ. 7), το οποίο ορίζει ότι η CE είναι «Ένα βιομηχανικό σύστημα που αποκαθιστά ή αναγεννάει από πρόθεση και σχεδιασμό. Αντικαθιστά την έννοια του «Τέλους του Κύκλου Ζωής» των προϊόντων, με την αποκατάσταση, στρέφεται προς τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εξαλείφει τη χρήση τοξικών χημικών ουσιών, οι οποίες εμποδίζουν την επαναχρησιμοποίηση, και έχει σαν στόχο την εξάλειψη των αποβλήτων μέσω του δυνατόν καλύτερου δυνατού σχεδιασμού Α' υλών, προϊόντων, συστημάτων και, στο πλαίσιο αυτό, επιχειρηματικών μοντέλων».

Η CE είναι σε θέση να αντιμετωπίζει την κλιματική αλλαγή και ένα μεγάλο όγκο προκλήσεων, όπως τα απόβλητα, η ρύπανση και η απώλεια βιοποικιλότητας,

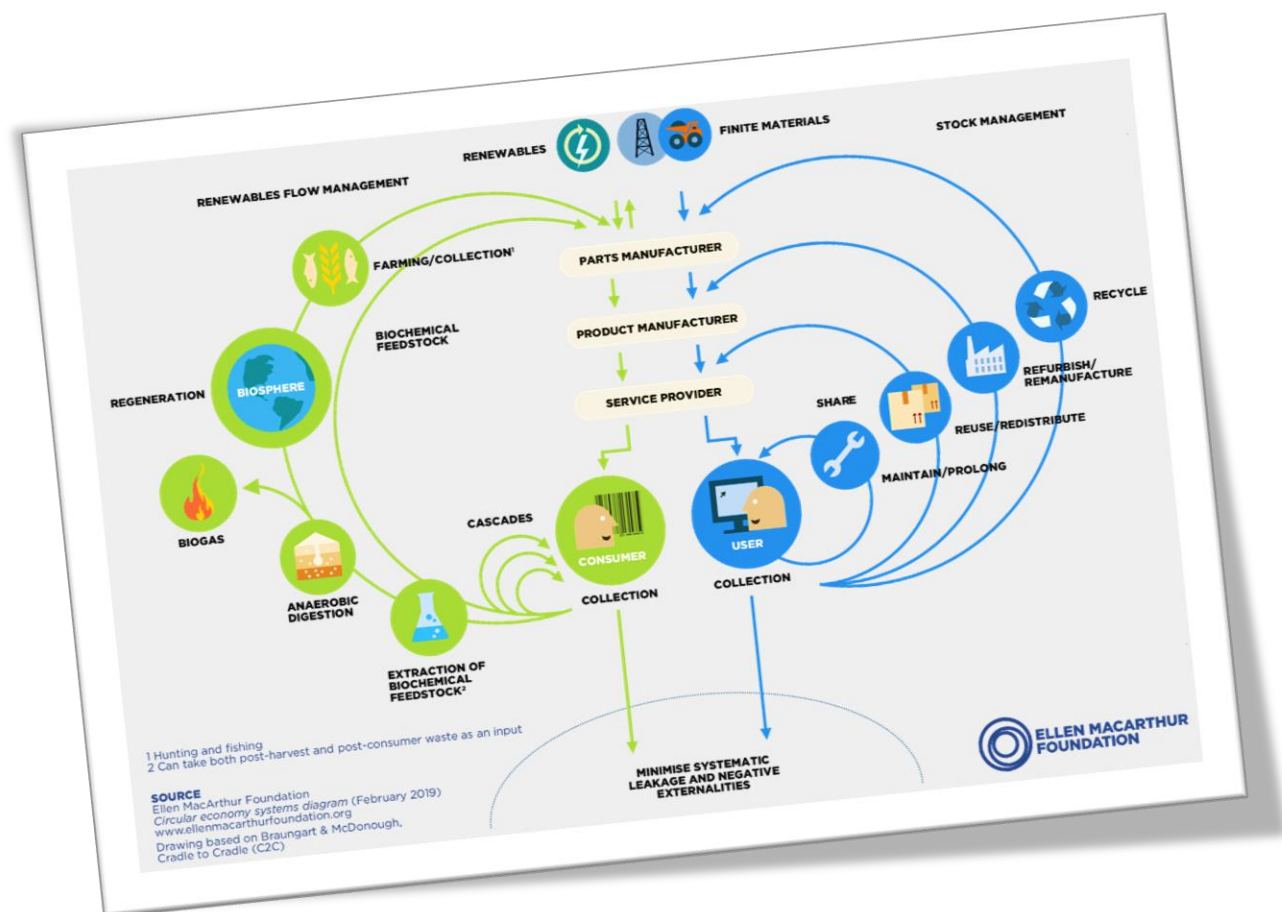
αποσυνδέοντας την οικονομική δραστηριότητα από την κατανάλωση πεπερασμένων πόρων. Οι βασικές αρχές της CE με γνώμονα τον σχεδιασμό είναι τρεις:

1. Ελαχιστοποίηση έως και εξάλειψη των αποβλήτων και της ρύπανσης
2. Κυκλοφορία κυκλικών προϊόντων και υλικών (στην υψηλότερη τιμή τους)
3. Αναγέννηση της φύσης

Στην οικονομία όπως είναι διαμορφωμένη στις μέρες μας, αντλούμε υλικά από τη Γη, παράγουμε προϊόντα από αυτά και εν τέλει απορρίπτονται ως απόβλητα, πράγμα που καθιστά την όλη διαδικασία γραμμική. Αντίθετα στην CE η παραγωγή των αποβλήτων εμποδίζεται εξ αρχής. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να μετατραπεί κάθε στοιχείο της διαδικασίας "παίρνω-φτιάχνω-απόβλητα" με το πώς διαχειριζόμαστε τους πόρους, πώς δημιουργούμε και χρησιμοποιούμε τα προϊόντα και τι κάνουμε με τα υλικά στο τέλος ζωής αυτών. Κατ' αυτόν τον τρόπο μόνο μπορούμε να δημιουργήσουμε μια δυνατή και αποτελεσματική CE που μπορεί να ωφελήσει όλους εντός των πλαισίων του πλανήτη μας.

Η CE επίσης, μας δίνει τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουμε από κοινού την α) κλιματική αλλαγή και β) την απώλεια βιοποικιλότητας, καλύπτοντας παράλληλα σημαντικές κοινωνικές ανάγκες. Επίσης, αυξάνεται η ευημερία, οι θέσεις εργασίας και η ανθεκτικότητα, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τα απόβλητα και τη ρύπανση [11].

Παρακάτω, παρατίθεται το διάγραμμα συστήματος CE, που είναι γνωστό ως διάγραμμα πεταλούδας, και δείχνει τη συνεχή ροή υλικών σε μια CE. Αυτό απαρτίζεται από δύο κύριους κύκλους, α) ο τεχνικός κύκλος και β) ο βιολογικός κύκλος. Στον πρώτο, τα παραγόμενα προϊόντα και τα υλικά παραμένουν σε κυκλοφορία μέσω διαδικασιών όπως 1) η επαναχρησιμοποίηση, 2) η επισκευή, 3) η ανακατασκευή και 4) η ανακύκλωση. Στον δεύτερο κύκλο, τα θρεπτικά συστατικά από τα βιοδιασπώμενα υλικά επανέρχονται στη Γη για την αναγέννηση της φύσης.



Εικόνα 4. Διάγραμμα πεταλούδας σε μια CE

Πηγή άντλησης: Στειακάκης & Δριτσάκης 2005

The Butterfly Diagram: Visualising the Circular Economy (ellenmacarthurfoundation.org)

2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)

Η AI είναι η μελέτη και η πρακτική της ανάπτυξης μηχανών ικανών να μιμούνται την ανθρώπινη νοημοσύνη [12]. Επιπλέον, έχει στοιχεία, που σχετίζονται με την Μηχανική Μάθηση (Machine Learning/ML) και την ικανότητα επεξεργασίας αδόμητων δεδομένων. Η πρώτη περιλαμβάνει υπολογιστικές διεργασίες που επιτρέπουν στην AI να μάθει από μόνη της. Για παράδειγμα, η ML επιτρέπει στην AI να βελτιώνει την απόδοσή της χωρίς να προγραμματίζεται ρητά [12]. Ένα δεύτερο βασικό στοιχείο της AI είναι η ικανότητά της να επεξεργάζεται μη δομημένα δεδομένα, όπως φυσική γλώσσα ή εικόνες. Η επεξεργασία εικόνας γνωστή και ως Υπολογιστική Όραση επιτρέπει στους υπολογιστές να αναγνωρίζουν μοτίβα και να εξάγουν πληροφορίες από pixel [13], [10].

Δεδομένου του πλήθους εφαρμογών AI που υπάρχουν σήμερα και της ταχέως εξελισσόμενης φύσης τους, οι επαγγελματίες χρειάζονται καθοδήγηση σχετικά με τις δυνατότητες διαφορετικών τύπων AI. Μια ιδέα χωρίζει την AI σε τέσσερις τύπους 1^ο μηχανική, 2^ο αναλυτική, 3^ο διαισθητική και 4^ο ενσυναίσθηση, και ο διαχωρισμός γίνεται με βάση την ικανότητά τους να εκτελούν διαφορετικούς τύπους εργασιών [14], [15].

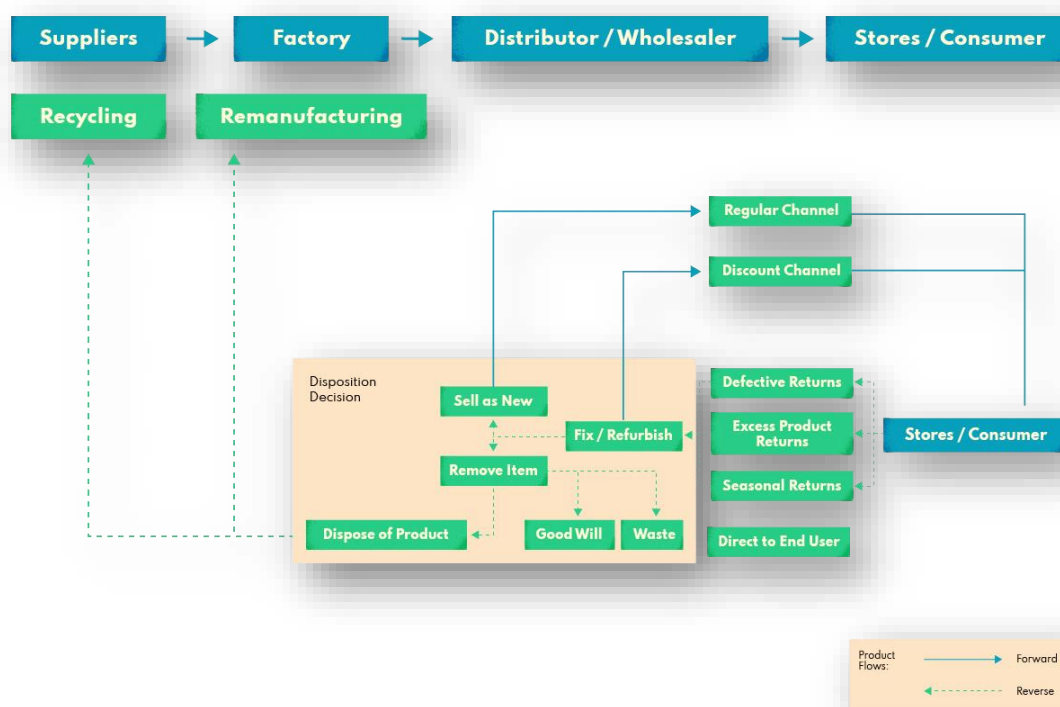
3

Η σημαντικότητα της Αντίστροφης Αλυσίδας Εφοδιασμού

Η SC συνήθως κινείται προς τα εμπρός, και ο πρώτος κρίκος σε αυτή την αλυσίδα είναι ο παραγωγός του προϊόντος και ο καταληκτικός, αυτός του πελάτη. Στην συνέχεια έπειτα από την αρχική του παραγωγή το προϊόν, διασχίζει διάφορα στάδια πριν φτάσει στον τελικό προορισμό του, όπως από χονδρεμπόρους, λιανοπωλητές, ναυτιλιακές εταιρείες και εταιρείες logistics. Όλη αυτή η αλυσίδα που περικλείει διάφορες διαδικασίες μπορεί να είναι μικρής ή μεγάλης κλίμακας, αλλά και οι δυο έχουν απώτερο σκοπό την παράδοση του προϊόντος στον πελάτη.

Στην RSC, διεξάγεται, η αντίθετη διαδικασία. Γιατί σε μια RSC, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο τα αγαθά κινούνται από τον καταληκτικό κρίκο που είναι συνήθως ο πελάτης, πίσω στον κατασκευαστή ή πιο σπάνια στο κατάστημα και τον χονδρέμπορο ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους [16]. Οι λόγοι επιστροφής, είναι συνήθως ζημιές έως και το τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Η διαδρομή της RSC είναι συνήθως πιο δύσκολη και αυτό οφείλεται στο γεγονός της απόστασης από τον κατασκευαστή, που την καθιστά πιο περίπλοκη ανάλογα με το εύρος της και τις εξαρτήσεις που συναντώνται στο δίκτυο. Επίσης η άγνοια πληροφοριών από τους πελάτες, που δεν έχουν πρόσβαση σε αυτές, καθιστά δύσκολο το έργο της επιστροφής, καθώς αντιμετωπίζονται περισσότερα εμπόδια στην αλυσίδα από κάτω προς τα επάνω [17].



Εικόνα 5. Διαδικασίες SC- Η πολυπλοκότητα των ροών προϊόντων και οι ευκαιρίες στην εφοδιαστική της RSC

Πηγή άντλησης: (A Guide to Reverse Logistics: How It Works, Types and Strategies | NetSuite)

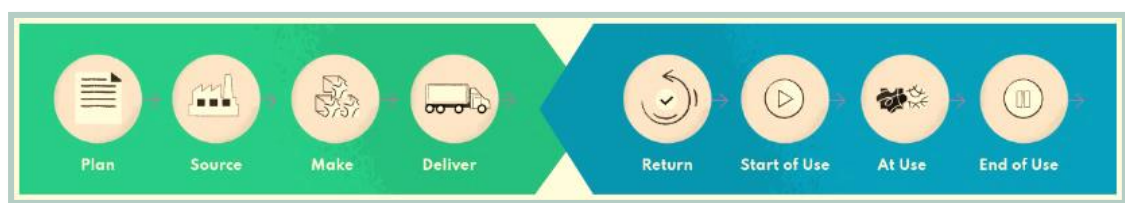
Οι εταιρείες στις μέρες μας δίνουν σαφώς περισσότερο βάρος στην RSC λόγω της μεγάλης προσοχής στη βιωσιμότητα. Με δεδομένο ότι κυριαρχεί το λιανικό ηλεκτρονικό εμπόριο, είναι αναγκαίο από τους πελάτες να είναι σε θέση να επιστρέψουν τα προϊόντα με ευκολότερο τρόπο και να έχουν τη σιγουριά ότι αυτά θα καταλήξουν στα κατάλληλα σημεία ανάλογα με την κατάστασή τους.

Τεχνολογίες, όπως η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality/AR), είναι πιθανόν να ελαχιστοποιήσουν τις επιστροφές από ηλεκτρονικές αγορές στο εγγύς μέλλον, αλλά το ποσοστό αυτό θα παραμείνει υψηλό καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι θα στραφούν στο ηλεκτρονικό εμπόριο. Σε αυτό το πρόβλημα δεν υπάρχει διαφυγή και ίσως η ΑΙ μπορέσει να δώσει λύση.

3.1 Πηγές Αντίστροφης Αλυσίδας Εφοδιασμού

Προτού εμβαθύνουμε λεπτομερώς στην AI, πρέπει να εξεταστούν τα κοινά κανάλια που απαιτούν διαδικασίες RSC. Οι πηγές της SC κλειστού βρόχου περιλαμβάνουν:

- ◇ Επιστροφές Προϊόντων
- ◇ Επιστροφές εγγυήσεων
- ◇ Προϊόντα τέλους ζωής (προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής τους και καθιστούν αδύνατη τη λήψη ενημερώσεων και υπηρεσιών από τους χρήστες) [17].



Εικόνα 6. Προώθηση εφοδιαστικής αλυσίδας από την παραγωγή έως την τελική παράδοση και τον κύκλο ζωής του προϊόντος που αναδεικνύει πηγές αντίστροφης ροής

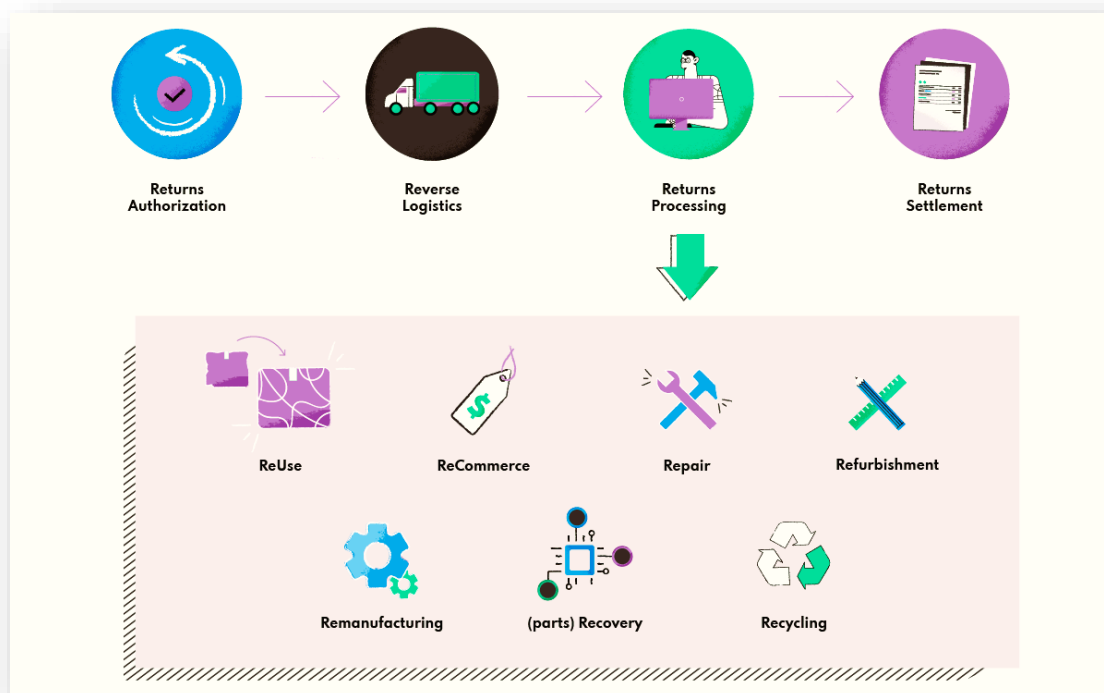
Πηγή άντλησης: AI στην αντίστροφη αλυσίδα εφοδιασμού. Επίλυση των προκλήσεων της αντίστροφης εφοδιαστικής (nexocode.com)

3.2 Η λειτουργία της διαδικασίας Αντίστροφης Εφοδιαστικής

Η διαδικασία της RSC μπορεί να διαφέρει ως προς το εύρος της σύμφωνα με την πολυπλοκότητα της SC και τις ιδιαιτερότητες των αγαθών. Παρατηρώντας λοιπόν μια συνοπτική πορεία του προϊόντος από κάτω προς τα επάνω για την αναμενόμενη επιστροφή στον κύκλο [18] και χωρίς να υπεισέλθουμε σε λεπτομέρειες, μπορούμε να χωρίσουμε τις διαδικασίες RSC σε πέντε βασικά στοιχεία:

- ◇ Συλλογή
- ◇ Μεταφορά
- ◇ Υποδοχή
- ◇ Επιθεώρηση
- ◇ Ταξινόμηση

Έπειτα από το στάδιο της ταξινόμησης, ο κατασκευαστής είναι δυνατόν να αποφασίσει τι να κάνει με αυτό που έλαβε. Σε περίπτωση που το προϊόν είναι απαλλαγμένο από ζημιές, ίσως να μπορεί μεταπωληθεί (reCommerce⁴), που είναι ο απλούστερος δρόμος. Είναι επίσης δυνατή η επισκευή ή ανακύκλωση για υλικά ή ανταλλακτικά. Κατόπιν αυτού, ο κύκλος προϊόντων κλείνει. Με τον τρόπο λοιπόν της επιστροφής δίνεται η δυνατότητα της βελτιστοποίησης της RSC, ελαχιστοποιούνται οι κοστοβόρες αποθηκεύσεις και διανομές με αποτέλεσμα την ικανοποίηση των πελατών μέσω διαφορετικών λειτουργιών της RSC που δημιουργούν ένα σύστημα κλειστού βρόχου, με σκοπό α) την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων, β) το επαναεμπόριο, γ) την επισκευή, δ) την αποκατάσταση ε) την ανακατασκευή, στ) την ανάκτηση εξαρτημάτων και ζ) την ανακύκλωση όπως παρουσιάζονται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 7. Ανάκτηση αξίας από τη διαδικασία επιστροφών

Πηγή άντλησης: AI στην αντίστροφη αλυσίδα εφοδιασμού. Επίλυση των προκλήσεων της αντίστροφης εφοδιαστικής (nexocode.com)

⁴ <https://www.shopify.com/retail/resale-programs>

3.3 Οι προκλήσεις της Αντίστροφης Εφοδιαστικής

Από την RSC δημιουργούνται και προκλήσεις οι οποίες μπορούν να αναλυθούν μέσω της καλής διαχείρισης και της εξελιγμένης τεχνολογίας. Στην SC, προς τα εμπρός τα στάδια που περνάει το προϊόν είναι πιο απλουστευμένα. Από την άλλη τα στάδια της RSC δημιουργούν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και πρέπει να διανυθεί η αλυσίδα αντίστροφα. Έτσι, στην RSC δημιουργούνται πρόσθετα προβλήματα κατά μήκος της διαδρομής.

Αρχικά το μεγαλύτερο θέμα είναι ότι οι πελάτες συχνά δεν είναι εξοικειωμένοι με την διαδικασία της επιστροφής και πρέπει να καταβληθεί μεγαλύτερη προσπάθεια για την προετοιμασία της επιστροφής του αντικειμένου. Αυτός είναι ένας λόγος που μπορεί να τους αποθαρρύνει και να τους κάνει να ξανασκεφτούν το ενδεχόμενο της επιστροφής και κατά κύριο λόγο αυτών που δεν κοστίζουν αρκετά χρήματα.

Ένα άλλο θέμα είναι ότι αυτή η διαδικασία της επιστροφής μπορεί να μην συμφέρει τους λιανοπωλητές-κατασκευαστές, καθώς δεν είναι τόσο κερδοφόρα όσο η διάθεση, με αποτέλεσμα να αποθαρρύνονται. Αυτό μπορεί να είναι το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας που διαχειριστικά δεν είναι καλά οργανωμένη και αυτοματοποιημένη. Για αυτό, προκειμένου να είναι αποτελεσματική και αποδοτική μια RSC, όλοι οι συμμετέχοντες πρέπει να διαχειρίζονται αποτελεσματικά το σύστημα παρακολούθησης και συνεχώς να βελτιστοποιούν την επικοινωνία τους μεταξύ των καναλιών και εν συνεχεία να λαμβάνουν τις σωστές αποφάσεις σχετικά με την τύχη του αντικειμένου.

3.4 Η Αντίστροφη Εφοδιαστική Μελλοντικά

Η RSC γνώρισε ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Τόσο οι πελάτες όσο και οι μονάδες ελέγχου απαιτούν μεγαλύτερη βιωσιμότητα και μέσω των βελτιστοποιημένων RSC έχουν σκοπό να το αντιμετωπίσουν. Οι νέοι κανόνες που αναδύονται σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, υποχρεώνουν έμπορους λιανικής και κατασκευαστές να συμμορφωθούν με τους κανονισμούς αυτούς, κλείνοντας τους κύκλους προϊόντων και εφαρμόζοντας τις αρχές της CE.

Η AI έχει τη δυνατότητα να διευκολύνει την επιστροφή των προϊόντων στον κύκλο, είτε για μεταπώληση είτε για ανακύκλωση. Ωστόσο, οι απώλειες εξακολουθούν

να συνδέονται αναγκαστικά με τις επιστροφές - για παράδειγμα, λόγω του κρατικού φόρου επί των πωλήσεων. Αυτός είναι ένας σοβαρός λόγος για τον οποίο πιστεύεται, πως κάποια μέρα, θα λυθεί εστιάζοντας στην πρόληψη. Επίσης, η AI μπορεί να συμβάλλει σε αυτήν την τάση, βοηθώντας τους λιανοπωλητές να κατανοήσουν τους πελάτες τους πιο ολοκληρωμένα αποτρέποντας αγορές που είναι ακατάλληλες. Αυτές οι αγορές οδηγούν σε χαμηλότερες αποδόσεις και αυξημένη δέσμευσή τους.

4

Η χρήση της AI για την επίλυση των προκλήσεων των RL

Η απαίτηση ενός μεγάλου όγκου ποιοτικών δεδομένων είναι η λύση του αποδοτικότερου και πιο βέλτιστου τρόπου επιστροφής των προϊόντων πίσω στην παραγωγική διαδικασία. Με τη βοήθεια της AI μπορεί να αποφευχθεί η χειροκίνητη επεξεργασία των δεδομένων πράγμα που είναι δαπανηρό, χρονοβόρο και απαιτεί πολυάριθμο ανθρώπινο παράγοντα. Σε καθημερινή βάση αυτά τα στοιχεία, δεδομένα που είναι επιρρεπή σε σφάλματα και δημιουργούν την ανάγκη για καθημερινή εργασία μπορούν να αποφευχθούν εν μέρει με τη χρήση της AI μέσω της αυτοματοποίησης αυτών των διαδικασιών. Βέβαια δεν αναφερόμαστε στην πλήρη αυτοματοποίηση καθώς είναι αναγκαία η ανθρώπινη εργασία, αλλά παρόλα αυτά ελαχιστοποιούνται οι χρόνοι αντίδρασης και τα κόστη της SC.

Τώρα σε ό,τι αφορά στην εύρεση των πληροφοριών των επιστρεφόμενων, τα συστήματα που διαθέτουν AI έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πληροφορίες σε όλα τα στάδια της αλυσίδας των επιστρεφόμενων καθώς μέσω της παρακολούθησης αντλούνται αυτόματα δεδομένα σε κάθε στάδιο της RSC ώστε να γίνεται πιο εύκολη η μετάβαση του προϊόντος στο δρόμο της επιστροφής προς τον απαιτούμενο τόπο προορισμού. Πολλές φορές τα επιστρεφόμενα μπορεί να μη διαθέτουν την απαιτούμενη αρχική σήμανση, καθώς και ορισμένα μέρη να έχουν αντικατασταθεί νέα ανταλλακτικά, αλλά λόγω της σωστής παρακολούθησης, υπάρχει η δυνατότητα παροχής των δεδομένων μέσω του εκάστοτε συστήματος.

Τέλος, να αναφερθεί ότι με τη χρήση της AI υπάρχει συνδρομή στη γνώση σχετικά με αδυναμίες των προϊόντων έτσι ώστε να αποσυμφορηθεί η RSC. Βασισμένη στα στατιστικά δεδομένα που αφορούν στις επιστροφές υπάρχει δυνατότητα να ελαχιστοποιηθούν έως και να εξαλειφθούν ζητήματα τα οποία έχουν να κάνουν με τα

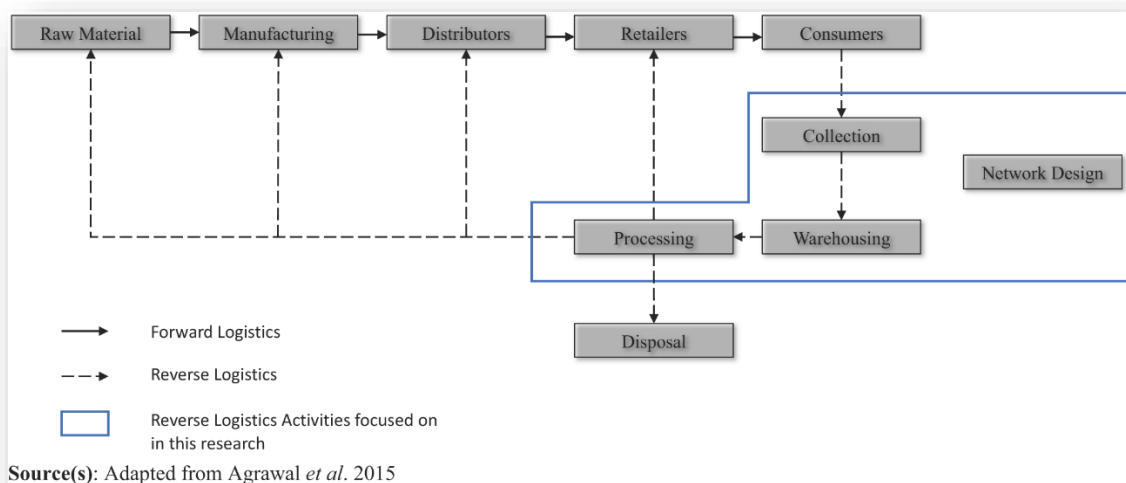
ποιοτικά σφάλματα και σαν αποτέλεσμα να μειωθεί η συχνότητα των επιστροφών μελλοντικά.

4.1 Ο αντίκτυπος της AI στην RSC

Στην παρούσα ενότητα θα αναλυθεί η συνεισφορά που παρέχει η AI σε κάθε μία από τις τέσσερις λειτουργίες ξεχωριστά της RSC:

- ◇ Σχεδιασμός δικτύου,
- ◇ Συλλογή,
- ◇ Αποθήκευση και
- ◇ Επεξεργασία.

Η έρευνα λοιπόν που σχετίζεται με τα κύρια καθήκοντα και τις αποφάσεις σε σχέση με κάθε λειτουργία και το ρόλο που κατέχει η αναλυτική, η πρωτοβουλία και η μηχανική τεχνητή νοημοσύνη σε όλο το φάσμα της RSC, παρουσιάζονται συνοπτικά στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.



Εικόνα 8. Ο ρόλος που διαδραματίζει η αναλυτική, η πρωτοβουλία ή η μηχανική AI σε ολόκληρη την RSC.

Πηγή άντλησης: Η κυκλική οικονομία συναντά την τεχνητή νοημοσύνη (AI): κατανόηση των ευκαιριών της AI για αντίστροφη εφοδιαστική | Σμαραγδένιο Insight (emerald.com)

4.1.1 AI στον σχεδιασμό δικτύων Αντίστροφης Εφοδιαστικής

Αρχικά ο σχεδιασμός της RSC είναι μείζονος σημασίας και έχει σημαντικές επιπτώσεις σε όλη την αποδοτικότητά της και σε σχέση με την συνθήκη κόστος-αποτελεσματικότητα. Η χρήση της AI παίζει σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις που σχετίζονται με τον τρόπο σχεδιασμού ενός δικτύου RSC. Με την χρήση επί παραδείγματι διαισθητικών εφαρμογών μπορεί να γίνει η ανάδειξη του καταλληλότερου παρόχου 3PL. Τα κριτήρια και οι αδυναμίες για την επιλογή των δυνητικών παρόχων τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν είναι διάφορα και περίπλοκα συμπεριλαμβανομένου 1) του επιπέδου εξειδίκευσης, 2) της ποιότητας, 3) της εξυπηρέτησης πελατών, 4) της τιμής, 5) των περιβαλλοντικών ζητημάτων και 6) της ευελιξίας. Η AI μπορεί να προσφέρει πιο αποτελεσματικές λύσεις στη λήψη αποφάσεων σε σχέση με τον ανθρώπινο παράγοντα όπου συχνά έχει υποκειμενική και μεροληπτική κρίση όταν έχει να διαλέξει μέσα από μία πληθώρα κριτηρίων. Επιπροσθέτως, υπάρχει δυνατότητα να γίνει αξιολόγηση ορισμένων εργασιών που πρέπει να ανατεθούν σε εξωτερικούς συνεργάτες, μέσω των διαισθητικών εφαρμογών AI, κατατάσσοντας έτσι τους εν δυνάμει προμηθευτές για την ανάθεση αυτών [19], [20].

Τα σημεία συλλογής είναι ένα άλλο βασικό θέμα όσον αφορά στον σχεδιασμό δικτύου, καθώς επίσης οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας και τα κέντρα διάθεσης, τα οποία οφείλουν την αποδοτικότητά τους στο πλήθος τους και κατά πόσο αυτά είναι οργανωμένα και ευέλικτα. Έτσι η αβεβαιότητα στα επίπεδα του εφοδιασμού, η ανάγκη για επιθεώρηση, διαλογή και διάφορες μελλοντικές δραστηριότητες εφοδιαστικής που αλληλεξαρτώνται, είναι οι κύριοι παράγοντες κατά το σχεδιασμό μιας RSC [21]. Με την εφαρμογή AI ερευνητές προσπαθούν να βρουν λύσεις σε αυτήν την πτυχή του σχεδιασμού των δικτύων και εφάρμοσαν μεθόδους AI για να βρουν την ιδανική δομή της υποδομής, τόσο σε μικρές αλλά και σε μεγάλες κλίμακες της RSC [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Κατ' αυτόν τον τρόπο βοηθήθηκαν επαγγελματίες στον επανασχεδιασμό των δικτύων της RSC από το μηδέν στο υπάρχον πλαίσιο. Τη χρήση αναλυτικών τεχνικών AI σε συνδυασμό με την Αναγνώριση Ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification/RFID) πρότειναν οι C.K.M. Lee, T.M. Chan [28], ώστε να συντονίσουν τις προμήθειες επιστρεφόμενων προϊόντων σε σχέση με τα σημεία συλλογής και τα κέντρα επιστροφής. Επιπλέον η ίδια τεχνική χρησιμοποιήθηκε για τον

εντοπισμό του βέλτιστου χρόνου διατήρησης για μικρού εύρους επιστροφές προϊόντων στα σημεία συλλογής πριν οργανωθούν σε μεγάλες αποστολές [23].

4.1.2 AI στη συλλογή Αντίστροφης Εφοδιαστικής

Η AI έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει αξία κατά τη δραστηριότητα της συλλογής και ταυτόχρονα να βοηθήσει στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων δρομολόγησης και τοποθεσίας στην RSC [29], [24]. Ένα μείζον θέμα είναι το σχετικό κόστος μεταφοράς το οποίο θα πρέπει να εξετάζεται από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Για αυτό η εφαρμογή αναλυτικής AI έχει τη δυνατότητα να υποδείξει τον αριθμό των σημείων συλλογής στα οποία θα πρέπει να μεταφέρονται τα επιστρεφόμενα που μπορούν να επαναπωληθούν στα συγκεκριμένα σημεία συλλογής και εκ νέου να γίνεται αξιολόγηση αυτών που πρέπει να μεταφερθούν σε νέα κέντρα συλλογής που μπορεί να γίνει η επαναπώλησή τους χωρίς πλεονάζουσες μεταφορές [24].

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα να εκτιμηθεί ο αριθμός των προϊόντων ή ανταλλακτικών που θα επιστραφούν κατά τη διάρκεια της συλλογής προσδιορίζοντας το βέλτιστο χρηματικό κίνητρο για τους καταναλωτές. Με αυτόν τον τρόπο συμβάλλουν στην ποσοτικοποίηση της ζήτησης για δραστηριότητες συλλογής, αυξάνοντας παράλληλα το κέρδος του παραγωγού.

Επίσης, ένα άλλο θέμα είναι η μεταφορά και η δρομολόγηση των εμπορευματοκιβωτίων, καθώς πρέπει να γίνει προσεκτικός και αναλυτικός σχεδιασμός επιστροφής τους στις εταιρείες. Με την αναλυτική AI υπάρχει δυνατότητα πιο άμεσης λύσης αυτών των περίπλοκων προβλημάτων με την εφαρμογή αλγορίθμου, με σκοπό τη μείωση του κόστους για τον παραγωγό [30].

Τέλος, η διαισθητική AI θα μπορούσε να έχει τη δυνατότητα υποστήριξης συλλογής με αυτόνομα οχήματα, με την χρυσή αισθητήρων, καμερών και ραντάρ συνδεδεμένων με έναν υπερυπολογιστή AI [31]. Έτσι με την ευρύτερη υιοθέτηση των αυτόνομων οχημάτων με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης για ιδιωτικές μεταφορές θα μπορούσαν να επεκταθούν σε βιομηχανικές εφαρμογές και πιο συγκεκριμένα στην RSC [32].

4.1.3 AI στην αποθήκευση Αντίστροφης Εφοδιαστικής

Στην RSC υπάρχει μία δυσκολία κατά τον υπολογισμό των ποσοτήτων επιστροφής σε σχέση με την SC προς τα εμπρός. Τα ποσοτικά δεδομένα επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως για παράδειγμα ο λόγος επιστροφής ή καταστροφής των αγαθών, ή των προϊόντων που είναι στο τέλος του κύκλου ζωής τους ή των υπεράριθμων αποθεμάτων. Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζει η ιδιότητα και η πυκνότητα του πληθυσμού, η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και τα κίνητρα συλλογής για αποθήκευση. Έτσι με την αναλυτική AI θα μπορούν να υπολογιστούν οι ποσότητες των επιστρεφόμενων αγαθών με αποτέλεσμα αυτό να βοηθήσει στην καλύτερη οργάνωση και την ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας των ποσοτήτων που είναι προς αποθήκευση βελτιώνοντας την υποστήριξη λήψης αποφάσεων σε σχέση με τη διαχείριση των αποθεμάτων [33], [34], [35].

Επίσης, στην διαδικασία αποθήκευσης είναι απαραίτητος ο έλεγχος και η διαλογή των αγαθών που επιστρέφονται εξαιτίας διαφορών στην κατάστασή τους. Από τη μία υπάρχουν ρομποτικά συστήματα που διαθέτουν AI και έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν ταυτόχρονα εργασίες διαλογής και επιθεωρήσεις, καθώς επίσης έχουν τη δυνατότητα να εκπαιδευτούν για την αναγνώριση νέων ροών αποβλήτων [36]. Από την άλλη μεριά τα "Cobots"⁵ ή αλλιώς συνεργατικά ρομπότ με δυνατότητες ML χρησιμοποιούνται ήδη σε πολλά συστήματα αποθήκευσης. Τα cobots έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν τον ανθρώπινο παράγοντα σε πληθώρα εργασιών, όπως για παράδειγμα τις συνθήκες του προϊόντος, τη διάγνωση βλαβών, την αναγνώριση συγκεκριμένων εξαρτημάτων, την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από τη δοκιμή εξοπλισμού κ.α. [37]. Τέλος, η AI μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ακριβή εντοπισμό της διάρκειας ζωής των ήδη χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών τα οποία μπορούν να προωθηθούν, ανάλογα τη δυνατότητά τους και την υπολειπόμενη διάρκεια ζωής τους, πίσω στην παραγωγή και την εφαρμογή τους σε νέα προϊόντα [38].

4.1.4 AI στην επεξεργασία Αντίστροφης Εφοδιαστικής

⁵ <https://www.cobots.gr/el/>, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cobot>

Οι επιστροφές των αγαθών εκτελούνται από διάφορους κλάδους της βιομηχανίας οπότε θα πρέπει να γίνεται ενδεδειγμένη διαχωρισμός και επεξεργασία ανάλογα με τα συστατικά των προϊόντων και την κατάσταση στην οποία βρίσκονται. Μετέπειτα θα πρέπει να γίνεται η λήψη αποφάσεων με βάση την πληθώρα ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων. Υπάρχουν πολλά προϊόντα τα οποία θα μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν σε διαφορετική κατάσταση από την αρχική για την οποία είχαν παραχθεί. Ένα παράδειγμα, τα μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων τα οποία βρίσκουν τώρα μια δεύτερη ζωή με διάφορες χρήσεις, όπως είναι: 1) η επαναχρησιμοποίηση σε άλλα οχήματα με μικρότερη διάρκεια ζωής και αρκετά χαμηλό κόστος αγοράς, 2) ως υλικά θραύσης κυμάτων, 3) ως προστατευτικοί προφυλακτήρες για πλοία, 4) ως υλικό οδοστρώσας και 5) ως καύσιμο για τσιμεντοκλιβάνους. Με την αναλυτική AI υπάρχει η δυνατότητα παράτασης ζωής των προϊόντων, με περισσότερες επιλογές επαναχρησιμοποίησης καθώς διατίθενται από την RSC προς τα πίσω. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα καλύτερης λήψης αποφάσεων, αξιολόγησης και ανακατεύθυνσης σύμφωνα με τα ποσοτικοποιημένα δεδομένα [39]. Ακόμα ένας τρόπος ο οποίος μπορεί να βοηθήσει στην παράταση ζωής των προϊόντων μέσω της AI είναι ταυτόχρονα ο καλύτερος σχεδιασμός της αποσυναρμολόγησης για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εξόρυξη ακέραιων και λειτουργικών ανταλλακτικών και με όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη διαδικασία [40], [41].

Για παράδειγμα, ο Yeh [42] αναφέρει πως επιτυγχάνεται αποτελεσματικότητα και ακρίβεια σε γραμμή αποσυναρμολόγησης με τη χρήση AI που βασίζεται στη ML. Λόγω της ML, οι χρόνοι επεξεργασίας των εξαρτημάτων ελαχιστοποιούνται κατά την επεξεργασία αποσυναρμολόγησης εξαιτίας μαθησιακού αποτελέσματος κατά τη διαδικασία αυτή. Σε ένα άλλο παράδειγμα, οι Kalayci και Gupta [43] με την AI λαμβάνουν υπόψη συγκεκριμένους στόχους αποσυναρμολόγησης, όπως η μείωση του αριθμού των σταδίων και του συνολικού χρόνου αδράνειας στους σταθμούς αποσυναρμολόγησης, με προτεραιότητα εκείνου του σταθμού που παίρνει μέρος η απομάκρυνση των επικίνδυνων εξαρτημάτων και εκείνου στην αποσυναρμολόγηση εξαρτημάτων υψηλής ζήτησης.

4.2 Περιπτώσεις χρήσης για AI στην RSC

Η AI είναι μια δυναμική περίπτωση που ωφελεί και θα βοηθήσει ακόμα περισσότερο την RSC με διάφορους τρόπους. Μια από τις δυσκολότερες διαδικασίες που περιλαμβάνει η RSC είναι η αξιολόγηση και η διαλογή των επιστροφών. Αυτή η αξιολόγηση όμως μπορεί να διαφέρει και είναι υποκειμενική από άτομα σε άτομα. Έτσι, επί παραδείγματι στην αγορά της ένδυσης διαφορετικοί εργαζόμενοι μπορεί να κρίνουν ο ένας ότι τα ρούχα είναι κατάλληλα να μεταπωληθούν ως καινούρια και ένας άλλος που μπορεί να θεωρεί ότι πρέπει να τα συνοδεύει έκπτωση, για πώληση σε πελάτες λιανικής. Οι απόψεις μπορεί να δίστανται καθώς σε ένα μεγάλο μέρος των εταιρειών εξακολουθούν να τα διαχειρίζονται με το χέρι. Οπότε θα μπορούσαμε να αναρωτηθούμε, τι θα γινόταν αν υπήρχε μια μηχανή που να εκτελούσε αυτή την αξιολόγηση, απαλλαγμένη από συναισθηματισμούς και αμερόληπτη χωρίς ίχνος κούρασης; Η AI έχει την δυνατότητα να κάνει χρήση των εργαλείων όπως η αναγνώριση εικόνας ώστε να αξιολογήσει υλικά με εκμετάλλευση των αλγόριθμων ML, να βελτιώσει την ταξινόμηση προϊόντων που μπορεί να είναι δύσκολο να κατανοήσει διαφορετικά [44]. Από ό,τι φαίνεται στο εγγύς μέλλον τα ρομπότ θα είναι εκείνα τα οποία θα χειρίζονται τα επιστρεφόμενα αντικείμενα, και θα τα βαθμολογούν με τη δυνατότητα της οπτικής αναγνώρισης, καθώς αυτά θα είναι άριστα εκπαιδευμένα, και στη συνέχεια θα κάνουν τη διαλογή.

4.2.1 Διαχείριση Αντίστροφης Εφοδιαστικής

Τα επιστρεφόμενα προϊόντα για να φτάσουν από τον πελάτη στον λιανοπωλητή ή τον κατασκευαστή θα διανύσουν ίσως μερικές φορές μια μεγάλη και περίπλοκη αλυσίδα λόγω απόστασης. Αυτό σημαίνει ότι όταν η RSC είναι λιγότερο οργανωμένη μπορεί να αποβεί κοστοβόρα, και σε κάθε περίπτωση τα μέλη της θα πρέπει να σχεδιάσουν αυτή τη διαδρομή με τον συντομότερο και πιο αποδοτικό τρόπο. Η εφαρμογή AI βοηθάει κατά μήκος της αλυσίδας ώστε να υπάρχει αλληλουχία, να μην διασπώνται οι κρίκοι μεταξύ τους και σαν αποτέλεσμα την προστασία των πληροφοριών. Όταν ο πελάτης αναφέρει την ανάγκη μιας επιστροφής, ένα τέτοιο σύστημα βρίσκει έναν αντίστοιχο πάροχο υπηρεσιών παράδοσης με βάση τα παρεχόμενα δεδομένα, όπως την τοποθεσία, τον προορισμό, τον τύπο, τις διαστάσεις και του βάρους μιας αποστολής. Έπειτα από αυτό μπορεί να καθοριστεί ο μεταφορέας, να υπολογιστεί η ταχύτερη και η οικονομικότερη διαδρομή, βασισμένο σε δεδομένα

πραγματικού χρόνου και ιστορικά στατιστικά δεδομένα όπως για παράδειγμα κίνηση, ζήτηση μεταφορέα, μέσος χρόνος απόκρισης του μεταφορέα, κ.α. Χάρη λοιπόν στην τεχνολογία AI, η διαδικασία προγραμματισμού παραλαβής στο σύνολο της αυτοματοποιείται. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι λιανοπωλητές δεν χρειάζεται να ενεργούν σαν μεσάζοντες.

Η προγνωστική ανάλυση (Predictive Analytics/PA) εμφανίζεται σε διάφορα στάδια της SCM. Οι λιανοπωλητές και οι εταιρείες logistics κάνουν επίσης χρήση PA στοιχείων για την εκτίμηση των αναγκών RSC. Τα ιστορικά στατιστικά δεδομένα, που σχετίζονται με επιστροφές, μπορούν να βελτιστοποιήσουν τον προγραμματισμό και να εκτιμήσουν καλύτερα τις ανάγκες προσωπικού και εξοπλισμού μέσα από ένα μοντέλο πρόβλεψης που είναι σε θέση να εξάγει μοτίβα. Αυτή η δυνατότητα βοηθάει σημαντικά σε περιόδους αιχμής και μεγάλου φόρτου εργασίας διαχειριζόμενοι τους πόρους με τον οικονομικότερο τρόπο.

Σύμφωνα με την Εθνική Ομοσπονδία Λιανικής στη Washington [45], οι επιστροφές κοστίζουν στους λιανοπωλητές 428\$ μόνο το 2020. Οι επιστροφές αδιαμφισβήτητα είναι κοστοβόρες, και αυτή είναι μια διαδικασία η οποία επηρεάζει αρνητικά τους λιανοπωλητές. Με την ενοποίηση των αποστολών - επιστροφών, μπορούν να ελαχιστοποιηθούν σημαντικά τα κόστη μεταφοράς. Έτσι η AI συμβάλλει υποστηρίζοντας την λήψη αποφάσεων σε αυτόν τον τομέα με προτάσεις, συνδυάζοντας 1^{ον} τα δεδομένα αποστολής: α) χαρακτηριστικά προϊόντων, β) σημεία παραλαβής γ) προορισμούς και 2^{ον} τις προσφορές των μεταφορέων για την εύρεση της πιο οικονομικής δρομολόγησης. Με τους αλγόριθμους ML δύναται να εκτιμηθεί η βέλτιστη οικονομικά διαδρομή για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Σίγουρα με την αφομοίωση της AI, οι εταιρείες μπορούν να βρουν λύσεις στα προβλήματά τους βασισμένες στα σωστά και ποιοτικά δεδομένα.

4.2.2 Διαχείριση Επιστροφών

Η AI είναι σημαντική στην διαχείριση επιστροφών καθώς μόλις ένα προϊόν παραδοθεί στην αποθήκη του εκάστοτε λιανοπωλητή, συμβάλλει στην ταξινόμηση, τοποθέτηση και την παρακολούθησή του. Με τη δυνατότητα της Υπολογιστικής Όρασης (Visual Computing/VC) και τη βοήθεια σαρωτών υποστηρίζει την αναγνώριση

χαρακτηριστικών, ώστε να εξαχθούν τα απαραίτητα δεδομένα από τις ετικέτες και τα έγγραφα που φέρουν τα προϊόντα, για την εύκολη ανίχνευση και ταυτοποίηση στο σύστημα. Έπειτα από αυτή τη διαδικασία ταυτοποίησης κάθε προϊόν είναι καθ' όλα έτοιμο να αποσταλεί, είτε με αυτόνομα οχήματα ή drones καθώς είναι σε θέση να εντοπιστεί ευκολότερα στο απόθεμα.

Η AI γίνεται ακόμα πιο χρήσιμη όταν το επιστρεφόμενο προϊόν έρχεται πίσω στην παραγωγική μονάδα, που εκεί καθορίζεται το μέλλον του. Διάφορα συστήματα ταξινόμησης που εφαρμόζονται στη βιομηχανία βασίζονται στην ML και έχουν την άνεση να κατηγοριοποιήσουν αυτόματα τα προϊόν χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που υφίστανται ήδη στο εκάστοτε σύστημα αλλά και αυτά που έχουν ήδη εξαχθεί με την VC. Ένας αλγόριθμος αναλύει τις πληροφορίες των εικόνων που έχουν ληφθεί από τα προϊόντα, έτσι ώστε να τακτοποιηθούν τυχόν ελαττώματα ή αν αυτά είναι απαλλαγμένα από κάποια ανταλλακτικά-εξαρτήματα. Έπειτα από αυτή τη διαδικασία γίνεται η ταξινόμηση και αποθήκευση όπως αντίστοιχα γίνεται και στα καταστήματα των λιανοπωλητών.

Η τεχνολογία της AI καθώς εξελίσσεται συνεχώς, καθίσταται ολοένα και πιο χρήσιμη και σε συνδυασμό με την RSC θα προλαμβάνει τα σφάλματα και τις επιστροφές πριν καν αγοραστούν τα προϊόντα και ελαχιστοποιώντας, για να μην πούμε εξαλείφοντας, σημαντικά την πιθανότητα των επιστροφών. Για να υλοποιηθεί αυτό θα πρέπει οι λιανέμποροι να εφαρμόσουν σημαντικούς μηχανισμούς βασισμένους σε AI, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να εξαχθούν λεπτομερή δεδομένα των καταναλωτών με ταυτόχρονη αναγνώριση του ιστορικού συμπεριφοράς τους εκπαιδώντας τους αλγόριθμους του συστήματος με κάθε αγορά που κάνει συγκεκριμένο target group. Ο συνδυασμός της AR ίσως είναι ένα χαρακτηριστικό που κάνει τη διαδικασία ακόμα πιο ισχυρή. Αρκετά brands, όπως για παράδειγμα ο οίκος Gucci, η Nike και η L'Oreal, έχουν ήδη εφαρμόσει μια καινοτόμα υπηρεσία «Τα εικονικά δοκιμαστήρια», που με αυτόν τον τρόπο επιλέγουν πιο συνειδητά εξατομικευμένα προϊόντα.

4.2.3 Μεταπώληση Προϊόντων

Οι λιανοπωλητές και οι κατασκευαστές μέσα από το σύστημα ταξινόμησης έχουν τη δυνατότητα να αυτοματοποιήσουν την προεπιλογή των προϊόντων που είναι

έτοιμα για μεταπώληση. Ένας σχετικός αλγόριθμος μπορεί να κάνει πρόγνωση της εκτίμησης της πιθανής πώλησης ενός προϊόντος την ίδια περίοδο ταυτόχρονα, σε μια αγορά με διαφορετικά χαρακτηριστικά αγοραστών (π.χ. κουλτούρα, ανάγκες κ.α.). Κατανοώντας αυτά τα δεδομένα ο εκάστοτε έμπορος λιανικής μπορεί να λάβει τις απαραίτητες αποφάσεις για την προώθηση των προϊόντων του αλλά και της τιμής που θα λάβουν. Αυτές οι κινήσεις αλλά και η δυναμική τιμολόγηση βοηθούν τις εταιρείες να αυξήσουν τις πωλήσεις τους και να αποφύγουν το υψηλό stock.

4.2.4 Προϊόντα Ανακύκλωσης και Ανακατασκευής

Τα προϊόντα εάν είναι ελαττωματικά ή λείπουν εξαρτήματα δεν δύνανται να μεταπωληθούν και για αυτό οι έμποροι λιανικής οφείλουν να βρουν άλλους τρόπους για την ολοκλήρωσή της. Αρχική επιλογή είναι να επιστρέψουν τα αντικείμενα στον κατασκευαστή για ανακατασκευή. Συστήματα βασισμένα σε AI διευκολύνουν την παρακολούθηση και την εξαγωγή όλων των σχετικών πληροφοριών με το προϊόν, που αυτές περιλαμβάνουν α) τεχνικές προδιαγραφές, β) σειριακό αριθμό, γ) αιτία επιστροφής, δ) περιγραφή ζημιάς και άλλα πολλά. Οι παρεχόμενες πληροφορίες χρησιμοποιούνται για την απλούστευση της όλης διαδικασίας και την επιστροφή του προϊόντος στην πρότερη κατάσταση με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Η Προγνωστική Ανάλυση (Predictive Analytics/PA) προσφέρει επίσης τη δυνατότητα να ανακαλύψουν τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους ανακύκλωσης συνδυάζοντας πληροφορίες σχετικά με το κόστος του υλικού και τη ζήτησή του.

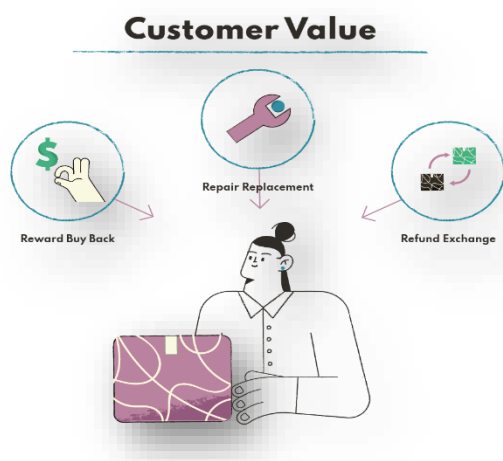
4.3 Οφέλη από τη βελτίωση της Αντίστροφης Εφοδιαστικής με AI

Η βελτίωση της RSC με AI μπορεί να προσφέρει αρκετά σημαντικά οφέλη στις επιχειρήσεις και στη συνολική SC. Η RSC αναφέρεται στη διαδικασία διαχείρισης επιστροφών προϊόντων, επισκευών, ανακατασκευής και ανακύκλωσης. Με την εφαρμογή της AI σε αυτή τη διαδικασία, οι εταιρείες μπορούν να αναπροσαρμόσουν τις λειτουργίες, να ελαχιστοποιήσουν το κόστος, να ενισχύσουν την ικανοποίηση των πελατών και να είναι ευέλικτες στη λήψη αποφάσεων.

Συνολικά, η βελτίωση της RSC με AI έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε μια πιο αποτελεσματική, οικονομικά αποδοτική και πελατοκεντρική SC, από την οποία θα ωφεληθούν κυρίως οι επιχειρήσεις ταυτόχρονα με τους καταναλωτές. Επίσης, μπορεί να συμβάλλει στις προσπάθειες βιωσιμότητας ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα και το αποτύπωμα άνθρακα και ενισχύοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την καλύτερη χρήση των πόρων. Ακολούθως αναφέρονται λεπτομερώς ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα που προσδίδουν αξία.

4.3.1 Αξία και ικανοποίηση για τον πελάτη

Η εμπειρία χρήστη είναι ένα πολύτιμος δείκτης που αναζητούν οι πελάτες όταν αγοράζουν ένα προϊόν. Οποιαδήποτε δυσανεμία από την εμπειρία του χρήστη του προϊόντος, λόγω κάποιου ελαττώματος στο προϊόν, θα χρειαστεί πολύ μεγαλύτερη προσπάθεια από μέρους της εκάστοτε εταιρείας ώστε να τους δώσει το ερέθισμα να θέλουν να επιστρέψουν. Για την αποφυγή αυτής της περίπτωσης, οι εταιρείες πρέπει να έχουν ως βασικό στόχο τη διασφάλιση της ικανοποίησης των πελατών σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των εξατομικευμένων προσφορών αγαθών και της βέλτιστης διαχείρισης επιστροφών. Οι πελάτες θα πρέπει με κάθε τρόπο να παραμένουν ευχαριστημένοι ακόμα και από μια άστοχη αποστολή και οι επιχειρήσεις θα πρέπει να βασίζονται στην πολιτική τους στην ευέλικτη επιστροφή χρήματων ή και την ανταλλαγή προϊόντων σε περιπτώσεις δυσανεμίας, αλλά ακόμα και στην επισκευή, την αντικατάσταση αλλά και τις διάφορες ευκαιρίες μέσα από προγράμματα ανταμοιβής-αγοράς.



Εικόνα 9. Αξία και ικανοποίηση που δημιουργείται για τον πελάτη

Πηγή άντλησης:

<https://nexocode.com/images/customer-objectives-for-reverse-logistics.webp>

4.3.2 Αξία για τους κατασκευαστές και λιανοπωλητές

Οι επιστροφές είναι κοστοβόρες για τους λιανοπωλητές και τους κατασκευαστές. Βελτιστοποιώντας RSC με AI, οι εταιρείες μπορούν να παρέχουν καλύτερη και σημαντικότερη εμπειρία και ικανοποίηση των πελατών αλλά με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται κόστος που σχετίζεται με την διαχείριση των επιστροφών και αυτή των αποθεμάτων. Μια έρευνα της Gartner [46] εκτιμά ότι οι λύσεις που βασίζονται στην AI μπορούν να βοηθήσουν τους οργανισμούς και επιχειρήσεις να μειώσουν σημαντικά τα έξοδα της SCM και των logistics έως και 30%.

Η παρακολούθηση και «Ιχνηλάτηση» των προϊόντων κατά την κίνησή τους μέσα στην RSC, παρέχει στις επιχειρήσεις, κατά τη διάρκεια αλλά και έπειτα από καιρό, μια πληθώρα πολύτιμων δεδομένων που τις κάνει πιο ευέλικτες. Αυτός ο όγκος δεδομένων μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί ως προς τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των μελλοντικών επιστροφών. Μπορεί επίσης, να γίνει εντοπισμός σφαλμάτων κατά τη διαδικασία και με την αποφυγή τους να εξοικονομηθεί κόστος στην παρακολούθηση προϊόντων που επιστρέφονται συχνότερα. Με την λεπτομερή παρακολούθηση, την αυτοματοποίηση διαφόρων διαδικασιών και την εισαγωγή καινοτόμων εφαρμογών, οι εταιρείες εξοικονομούν χρόνο και χρήμα

παρέχοντας στους πελάτες τους μια καλύτερη εμπειρία στο σύνολο, και με αυτό τον τρόπο παραμένουν ικανοποιημένες και οι δυο πλευρές.



Εικόνα 10. Αξία που δημιουργείται για τους κατασκευαστές και λιανοπωλητές

Πηγή άντλησης:

<https://nexocode.com/images/value-of-reverse-logistics-for-manufacturers-and-retailers.webp>

4.3.3 Αξία για την κοινωνία και το περιβάλλον

Με την αύξηση του ηλεκτρονικού εμπορίου, ταυτόχρονα αυξάνεται η ανάγκη για μια πιο βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον SCM. Η ελαχιστοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα είναι στις μέρες μια από τις βασικότερες προτεραιότητες των επιχειρήσεων παγκοσμίως. Η RSC συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των αποβλήτων μέσω α) της επαναχρησιμοποίησης, β) της ανακύκλωσης και γ) της επισκευής προϊόντων αντί της απόρριψής τους. Με τη μείωση μεγάλου μέρους των απορριμμάτων που εξάγονται από τις επιχειρήσεις δημιουργείται θετικός αντίκτυπος στο περιβάλλον και στο κοινωνικό σύνολο. Πολλές φορές έπειτα από την επιστροφή προϊόντων σε κατασκευαστές ή λιανοπωλητές, η συνηθέστερη κατάληξή τους είναι αυτή των χώρων υγειονομικής ταφής. Με αυτή την κίνηση καταλαμβάνεται πολύτιμος χώρος και απελευθερώνονται επιβλαβείς τοξίνες στο περιβάλλον.

Επιπροσθέτως, οι μεταφορές αυτών των προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος ζωής τους, πίσω στα σημεία προέλευσής τους, συμβάλλουν αρχικά στην μόλυνση του περιβάλλοντος και συνάμα στην επιβάρυνση της κλιματικής αλλαγής από τα καυσαέρια που εκπέμπονται κατά τη μεταφορά. Η AI μπορεί να συνδράμει ώστε οι επιχειρήσεις να αποφύγουν αυτά τα ζητήματα μέσω της ανακύκλωσης ή της επαναχρησιμοποίησης των επιστρεφόμενων αντικειμένων αντί της κατευθείαν αποστολής τους στους χώρους υγειονομικής ταφής. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένας από του σημαντικότερους στόχους ο οποίος μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανακύκλωσης των υλικών αντί για την παραγωγή παρθένων πόρων, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα και το κόστος. Επιχειρήσεις που είναι βασισμένες σε ένα σταθερό σχέδιο RSC μπορούν να συγκαταλέγονται σε αυτές που συμβάλλουν στην ανάπτυξη μιας πιο βιώσιμης και κυκλικής οικονομίας αλλά και στη διατήρηση του πλανήτη μας μελλοντικά.



5 Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κύρια αποτελέσματα της παρούσας διατριβής. Οργανώνεται σε τέσσερεις κύριες ενότητες, πρώτα, αναφέρεται η συμβολή της AI για την επίλυση κάποιων σύνθετων προβλημάτων που προκύπτουν αλλά και τις ευκαιρίες που απελευθερώνονται μέσω αυτής της τεχνολογίας. Δεύτερον, παρατίθενται κάποιες περιπτώσεις χρήσης, σε ένα συνοπτικό πίνακα, με γνώμονα τη συμβολή της AI στην CE και την RSC. Αυτές αφορούν πρακτικές εφαρμογές λύσεων μέσω της χρήσης AI, για την αντιμετώπιση προβλημάτων-επιπτώσεων σε διάφορους εμπορικούς και βιομηχανικούς τομείς. Τέλος, παρουσιάζονται τα ποιοτικά αποτελέσματα όπως και τα ερωτήματα που παρατέθηκαν στο συνεντευξιαζόμενο του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Ε.Φ.Ε.) Δημόκριτος, σε σχέση με την διεξοδική μελέτη περίπτωσης για την συμβολή των Drones αλλά και των τηλεπικοινωνιακών δικτύων 5^{ης} γενιάς σε συνδυασμό με την AI, στην RSC.

5.1 Η AI προσφέρει βοήθεια στην ταχύτερη επίλυση σύνθετων προβλημάτων

Η τεχνητή νοημοσύνη σαν μια τεχνολογία από γνωστικές λειτουργίες όπως η συλλογιστική και η μάθηση, παρόμοιες με τις ανθρώπινες, βοηθούν στην επίλυση διάφορων προβλημάτων μέσω ενός αλγορίθμου, ακολουθώντας συνήθως τη διαδικασία 1) συλλογής δεδομένων, 2) σχεδιασμού δεδομένων, 3) ανάπτυξης αλγορίθμου και 4) βελτίωσης του αλγορίθμου, ώστε να παραχθεί, αν όχι το τέλειο, αλλά το επιθυμητό αποτέλεσμα [47].

Στο πρώτο στάδιο συλλέγονται τα αναγκαία δεδομένα, και γίνεται ενδελεχής καταγραφή εικόνων και μεταδεδομένων (metadata⁶) που προκύπτουν. Στο επόμενο στάδιο τα δεδομένα μετασχηματίζονται σε τέτοια μορφή που είναι κατανοητή από μηχανήματα και κατ' επέκταση αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος.

Για την ανάπτυξη της AI χρειάζονται σύνολα βασικών στοιχείων και ειδικοί για τη δημιουργία αλγορίθμων καθώς δεν είναι εύκολη η έξοδος του αλγορίθμου σε αποτελέσματα που έχουν νόημα για τον άνθρωπο, αν πρωτύτερα δεν γίνει προετοιμασία των δεδομένων με τα οποία το σύστημα θα εκπαιδευτεί και η σχετική μετάφραση αυτών των δεδομένων σε γλώσσα μηχανής.

Ένα άλλο θέμα είναι η διαθεσιμότητα επαρκών και ποιοτικών δεδομένων για την εκπαίδευση του αλγορίθμου και όχι η χρήση μη σωστά επεξεργασμένων δεδομένων τα λεγόμενα 'σκουπίδια' καθώς τα αποτελέσματα που θα προκύψουν σε μια τέτοια περίπτωση δεν θα έχουν το σωστό αποτέλεσμα οδηγώντας σε παρερμηνεία και απόκλιση από τον αρχικό στόχο.

Επιπλέον, η υποδομή της AI, κυρίως οι βάσεις δεδομένων που έχουν να κάνουν με το απόρρητο και την ασφάλεια των δεδομένων μπορεί και οφείλουν να περιορίσουν τη χρήση και την πρόσβαση από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Βάσει αυτού, οι επιχειρήσεις θα πρέπει να εντρυφήσουν στην κουλτούρα της τεχνητής νοημοσύνης, εφαρμόζοντας ψηφιακές διαδικασίες και μετασχηματισμό, την καταλληλότερη επεξεργαστική ισχύ για τη διαχείριση όλων των εισερχόμενων δεδομένων, και ως αποτέλεσμα να παραχθεί αξία. Κατ' αυτόν τον τρόπο, θα προκύπτει η δυνατότητα για την αξιοποίηση μεγάλου όγκου διαφορετικών και πολύπλοκων δεδομένων, καθώς επίσης με την επαγωγική συλλογιστική και την αναγνώριση προτύπων, δημιουργούνται συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών τμημάτων ενός δικτύου ή συνόλου δεδομένων και αποδίδονται λύσεις που ξεπερνούν την ανθρώπινη ικανότητα και ταχύτητα.

Τώρα σε ό,τι αφορά στις εφαρμογές AI έχουν δημιουργηθεί αρκετές ανάγκες σε διαφορετικούς κλάδους, όπως για παράδειγμα η αναγνώριση προσώπου για το ξεκλείδωμα των smartphones, τα τηλεφωνικά robot βοηθοί, το vision picking⁷ στη διαχείριση παραγγελιών και στην αυτόματη ενημέρωση του αποθέματος όπως και στην

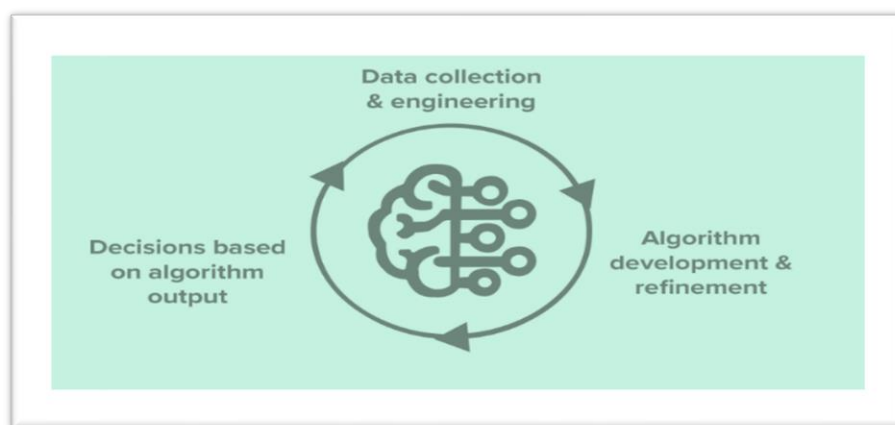
⁶ <https://atlan.com/what-is-metadata/>

⁷ <https://scw-mag.com/news/vision-picking/>

καταγραφή-απογραφή με τη χρήση drone, μέχρι και αλγόριθμους που βοηθούν τους λιανοπωλητές να αποκτήσουν καλύτερη εικόνα του πελάτη και εξατομίκευση του μάρκετινγκ.

Με την πάροδο του χρόνου θα αναπτύσσονται όλο και περισσότερες εφαρμογές AI σε ποικίλους κλάδους και για αυτό θα υπάρχει η ανάγκη εξεύρεσης ευέλικτων λύσεων που την εμπεριέχουν, οι οποίες θα είναι πιο προσιτές στο ευρύτερο κοινό. Εάν λοιπόν οι επιχειρήσεις και οργανισμοί με κυκλικές στρατηγικές αξιοποιούν τις δυνατότητες της AI, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στον καλύτερο σχεδιασμό και στη γρήγορη και επιτυχή εφαρμογή λύσεων κυκλικής οικονομίας.

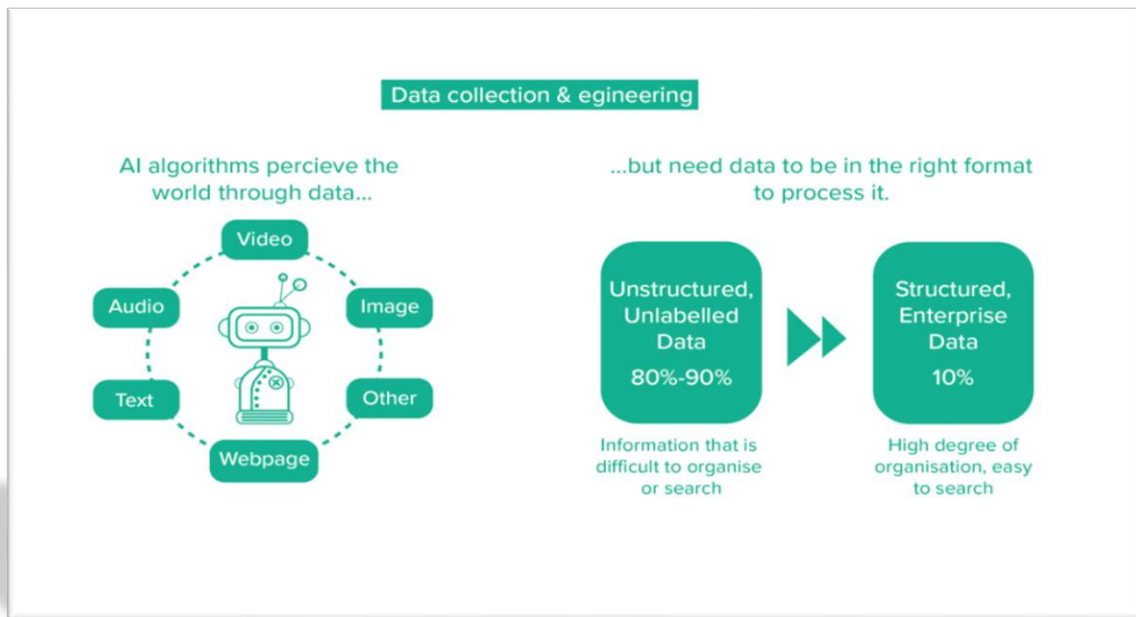
Για κάθε χρήση της AI αναπτύσσονται διαφορετικοί αλγόριθμοι μαθημένοι και εκπαιδευμένοι βασιζόμενοι σε συγκεκριμένα μοντέλα. Για την βελτίωση του αλγορίθμου γίνεται μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία, εκπαιδεύοντάς τον αρχικά με ένα σύνολο δεδομένων έως ότου μπορέσει να επεκτείνει τη μάθησή του σε νέα και άγνωστα δεδομένα, και να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές εφαρμογές, όπως ο προσδιορισμός της οπτικής αναγνώρισης συγκεκριμένου αντικειμένου. [48]. Στο σχήμα που παρατίθεται παρακάτω, παρουσιάζεται η ανάπτυξη αλγορίθμων για εφαρμογές Βαθιάς Μάθησης (Deep Learning/DL).



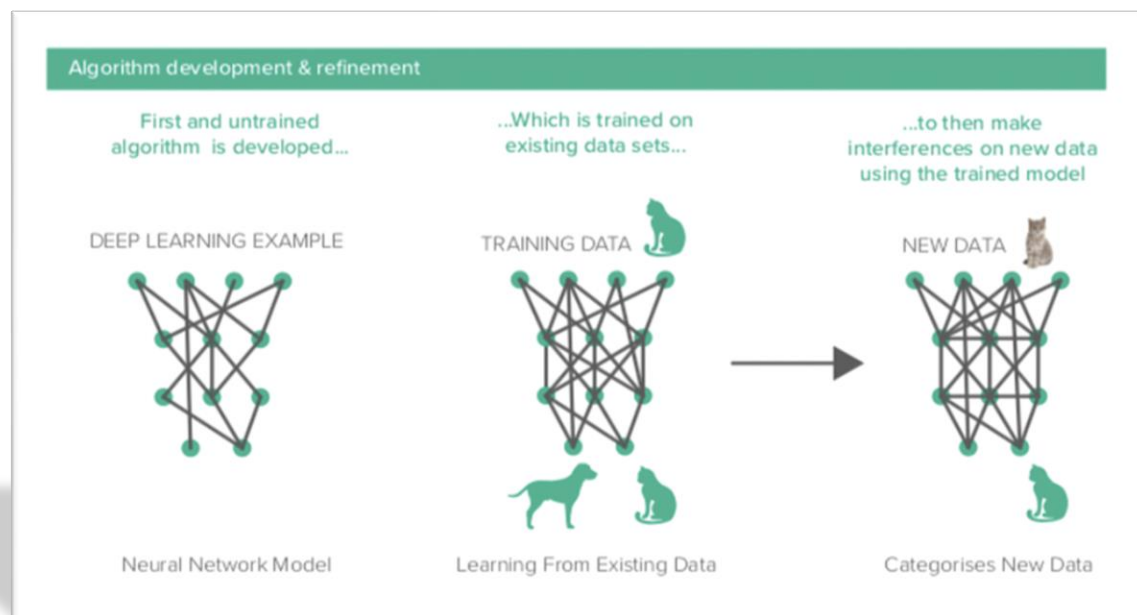
Εικόνα 11. Ανάπτυξη αλγορίθμου για εφαρμογές Βαθιάς Μάθησης

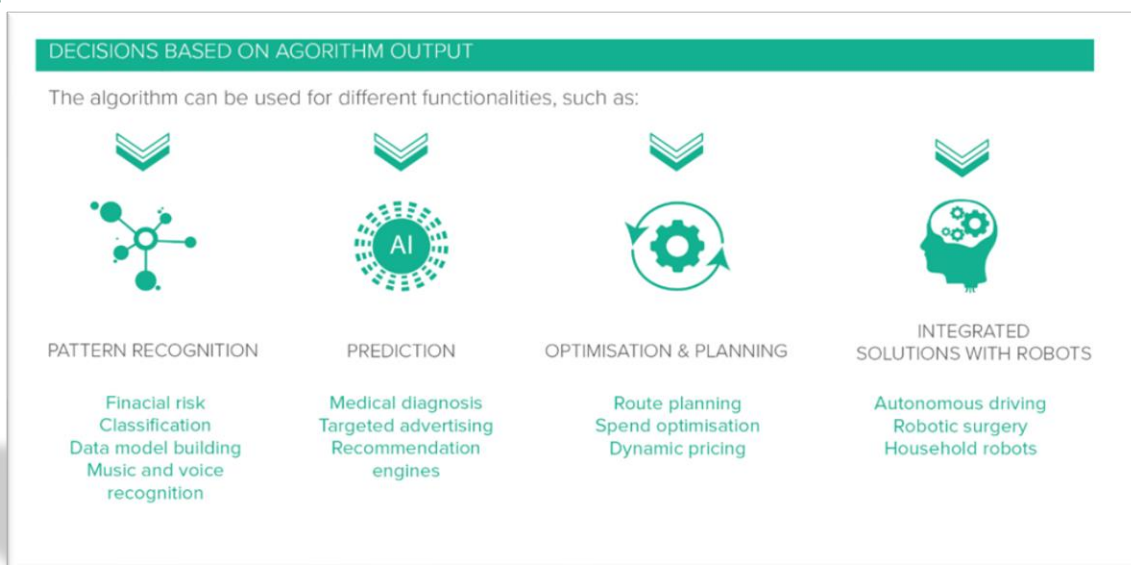
Πηγή άντλησης: Πηγή άντλησης: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>

1



2





Εικόνα 12.Στάδια ανάπτυξης αλγορίθμου τεχνητής νοημοσύνης σε μια γενική προσέγγιση

Πηγή άντλησης:<https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>

5.2 Ξεκλείδωμα ευκαιριών με τη χρήση AI

Η AI έχει τη δυνατότητα να επεκταθεί σε πολλούς τομείς, αναπτύσσοντας, βοηθώντας και ωθώντας επιχειρήσεις και οργανισμούς στην υιοθέτηση της κουλτούρας της κυκλικής οικονομίας με ταχύτερη ανάπτυξη από ό,τι θα ήταν δυνατό χωρίς αυτή. Επίσης, αναπτύσσονται νέα καινοτόμα κυκλικά προϊόντα που η μελέτη κατασκευής τους τα κάνει να είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό τους, αν όχι 100%, πιο ανακυκλώσιμα (recyclable) και επαναχρησιμοποιήσιμα (reusable) [47]. Οι τεχνολογίες της AI έχουν τη δυνατότητα να ξεκλειδώσουν ευκαιρίες κυκλικής οικονομίας αρκετά δυναμικές σε αρκετούς κλάδους, αν όχι σε όλους:

- I. Σχεδιασμός κυκλικών προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών
- II. Λειτουργία κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων
- III. Βελτιστοποίηση των υποδομών για τη διασφάλιση κυκλικών ροών προϊόντων και υλικών.

Η διαδικασία της κυκλικότητας επιβάλλει να λαμβάνονται υπόψη όσο πιο πολλά χαρακτηριστικά γίνεται για το σχεδιασμό εξαρτημάτων και υλικών των προϊόντων, όπως α) η αποσυναρμολόγηση, β) τα περιθώρια αναβάθμισης και γ) το ανακυκλωμένο περιεχόμενο [47]. Η ασταμάτητη ανατροφοδότηση που με αυτόν τον τρόπο οι σχεδιαστές επιθεωρούν και βελτιώνουν τις προτάσεις σχεδιασμού που δημιουργούνται από την AI θα μπορούσε να ωθήσει τα αποτελέσματα σε καλύτερο σχεδιασμό σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Συχνά ο σχεδιασμός νέων υλικών μπορεί να οδηγήσει στην αντικατάσταση επιβλαβών χημικών ουσιών και υλικών, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας του ανθρώπου. Για τη δημιουργία ενός νέου υλικού οι επιστήμονες απαιτείται να αξιολογήσουν έναν μεγάλο όγκο δεδομένων συναφή με τη δομή και τις ιδιότητές του, πράγμα που η AI θα το έπραττε γρηγορότερα. Επίσης, εκπαιδεύοντας έναν αλγόριθμο η AI θα μπορούσε δυνητικά να εφαρμοστεί για την πρόβλεψη της τοξικότητας χημικών ουσιών ή υλικών.

Τώρα σε ό,τι αφορά, στην ανάπτυξη επιτυχημένων και κερδοφόρων κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων είναι αναγκαία η οργάνωση επιχειρηματικών λειτουργιών όπως για παράδειγμα κάθε είδους παραγωγή και traceability⁸, η δυναμική τιμολόγηση και οι πωλήσεις, το μάρκετινγκ, το customer service πριν και μετά την πώληση, οι οικονομικές υπηρεσίες, τα logistics και reverse logistics σύμφωνα με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Αυτό θα περιλαμβάνει την εισαγωγή νέων επιχειρηματικών προτάσεων, με αποτέλεσμα την ανταγωνιστικότητα των κυκλικών προϊόντων έναντι των γραμμικών. Πιο συγκεκριμένα για να λειτουργήσει η RSC και η ανακατασκευή απαιτείται πρώτα η επίλυση διάφορων σημαντικών προβλημάτων, επί παραδείγματι η κυμαινόμενη ζήτηση/προσφορά μεταχειρισμένων προϊόντων και εξαρτημάτων, καθώς και η εξαιρετικά διαφορετική κατάσταση των επιστρεφόμενων εξαρτημάτων.

Τα δεδομένα λοιπόν που πρέπει να λάβει υπόψιν της η κάθε επιχείρηση στον επόμενο κύκλο χρήσης για τα επιστρεφόμενα προϊόντα (όπως η επαναχρησιμοποίηση, η ανάκτηση εξαρτημάτων για ανακατασκευή ή ανακύκλωση), είναι η δυνατότητα συλλογής μεγάλου όγκου δεδομένων, η κατάσταση του προϊόντος, ένα δυνατό αναλυτικό μοντέλο βασισμένο σε AI, καθώς και η τρέχουσα κατάσταση της αγοράς.

⁸ <https://en.wikipedia.org/wiki/Traceability>

Εκτός από κάποιες ειδικές περιπτώσεις χρήσης της AI στις βιομηχανίες και εμπορικές επιχειρήσεις που μελετιούνται στο παρόν έγγραφο, η AI θα μπορούσε, για παράδειγμα, να βοηθήσει τους επιστήμονες και τους σχεδιαστές υλικών να εξεύρουν λύσεις για μεγαλύτερο ποσοστό για τις πλαστικές συσκευασίες, μείζον πρόβλημα στον πλανήτη μας, και να γίνει ένας επαναπροσδιορισμός και επανασχεδιασμός για τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών τους, όταν αυτά φτάνουν στο τέλος ζωής τους. Για να μπορέσει λοιπόν η AI να προσφέρει λύσεις, δεν απαιτούνται μόνο τα τέσσερα βήματα που προαναφέρθηκαν, αλλά πρέπει να καταστεί σαφές ποια είναι η αιτία του πραγματικού προβλήματος και τι ακριβώς χρειαζόμαστε την AI να μας λύσει.

Παρά το γεγονός που η εφαρμογή της AI για την CE δεν είναι μοναδική, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις που με την στοχευμένη έρευνα και τον ενδεδειγμένο σχεδιασμό μπορούν να αντιμετωπιστούν προκειμένου να επεκταθεί και να αξιοποιηθεί πλήρως η δυναμικότητά της.

5.3 Συμβολή AI στην CE και στα RL με την παρουσίαση Use cases

Για να διερευνηθεί ο ρόλος της AI στη μετάβαση σε μια CE, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τις τρέχουσες και μελλοντικές δυνατότητες της AI και πώς αυτές οι δυνατότητες μπορούν να αξιοποιηθούν για να βοηθήσουν στον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη βελτιστοποίηση των κυκλικών οικοσυστημάτων. Κατόπιν αυτού, θα είναι εφικτό να εφαρμοστεί σε διάφορους κλάδους της οικονομίας και ειδικότερα σε αυτόν της RSC. Παρακάτω παρατίθενται ένας συνοπτικός πίνακας διαφόρων εφαρμογών της AI για την λύση διαχειριστικών προβλημάτων ή την βελτιστοποίηση διαδικασιών σε οργανισμούς και επιχειρήσεις.

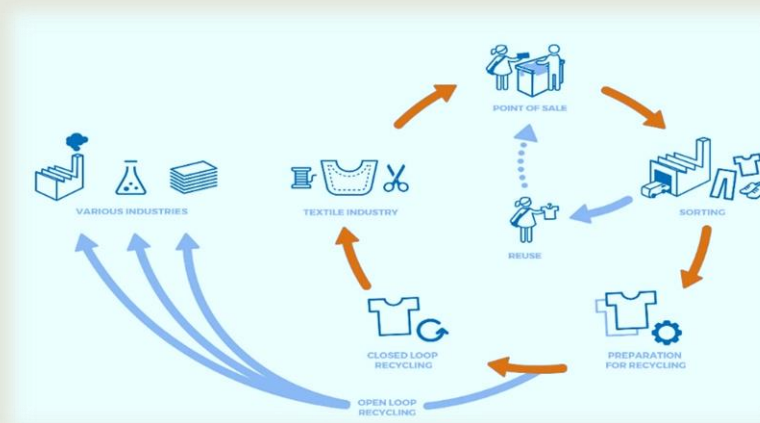
Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
1. Εκπομπές CO ² ξεπερνούν αυτές ολόκληρου του στόλου των αυτοκινήτων των ΗΠΑ. Περίπου 85% των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων των ΗΠΑ καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, 70 κιλά/άτομο κάθε έτος. Παρόλο που τα περισσότερα προωθούνται για ανακύκλωση, μόλις μόνο το 2% των προϊόντων ένδυσης εισέρχεται σε δευτερογενή αγορά" [47].	Μια υπηρεσία δίνει τη εύκολη λύση στους καταναλωτές για την απαλλαγή τους από αχρησιμοποίητα πράγματα, με οικονομικό κίνητρο. Αυτή η ιδέα αυξάνει την ευαισθητοποίηση, προσδίδει αξία στα αχρησιμοποίητα ρούχα και ενθαρρύνει επίσης τους καταναλωτές να πουλήσουν πίσω αντικείμενα που δεν χρειάζονται ή δεν θέλουν πλέον, ώστε να μπορούν να επανακυκλοφορήσουν και να λάβουν ξανά αξία. Αυτό το μοντέλο ενισχύει την επαναχρησιμοποίηση των ενδυμάτων δίνοντάς τους μια δεύτερη ζωή.	Αυτό το μοντέλο διαχείρισης χρησιμοποιεί αλγορίθμους AI για την τιμολόγηση τόσο των προϊόντων που αγοράζονται από τους καταναλωτές όσο και των προϊόντων που πωλούνται στις δευτερογενείς αγορές. Το backend της υπηρεσίας χρησιμοποιεί ML για να εξασφαλίσει μια συνεπή ταξινόμηση όλων αυτών που θα μεταπωληθούν. Επιπλέον, η συμβολή της AI έγκειται στο να βελτιώσει τη στρατηγική πωλήσεων της εκάστοτε επιχείρησης μέσω	Οι λιανοπωλητές, αυξάνουν τη ροή εσόδων τους καθώς βελτιώνουν και την καταναλωτική πίστη. Ο αλγόριθμος τεχνητής νοημοσύνης βοηθά ώστε να καθαρίζονται ανταγωνιστικές τιμές για τον πωλητή, ενώ παράλληλα προσφέρει για την εκάστοτε εταιρεία ένα καλό περιθώριο κέρδους στην αγορά μεταχειρισμένων προϊόντων.

Προβλήματα & επιπτώσεις**Συμβολή στην CE****Χρήση AI****Ενδεικτικά οφέλη**

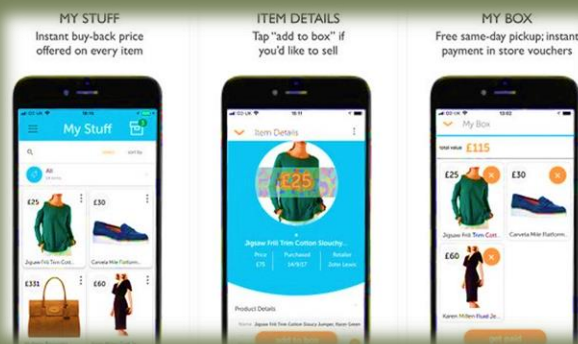
συνεχών πειραματισμών και γρήγορων
βρόχων ανατροφοδότησης.

Το μέλλον της βιώσιμης μόδας - Διαδικασία κύκλου I:CO

Πηγή άντλησης: <https://medium.com/scouting-for-green/slow-is-the-new-fast-meet-the-future-of-sustainable-fashion-c5d621e85470>

Μοντέλο ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων I:CO

Πηγή άντλησης: Fast Fashion's Sustainability Promises Undermined by Waste – Siyi Mi (wordpress.com)

Εφαρμογή που αγοράζει πίσω τα ανεπιθύμητα ρούχα σας για να τροφοδοτήσει την CE

Πηγή άντλησης: <https://www.forbes.com/sites/brookeroberstislam/2019/12/16/the-app-buying-back-your-unwanted-clothes-to-fuel-the-circular-economy/>

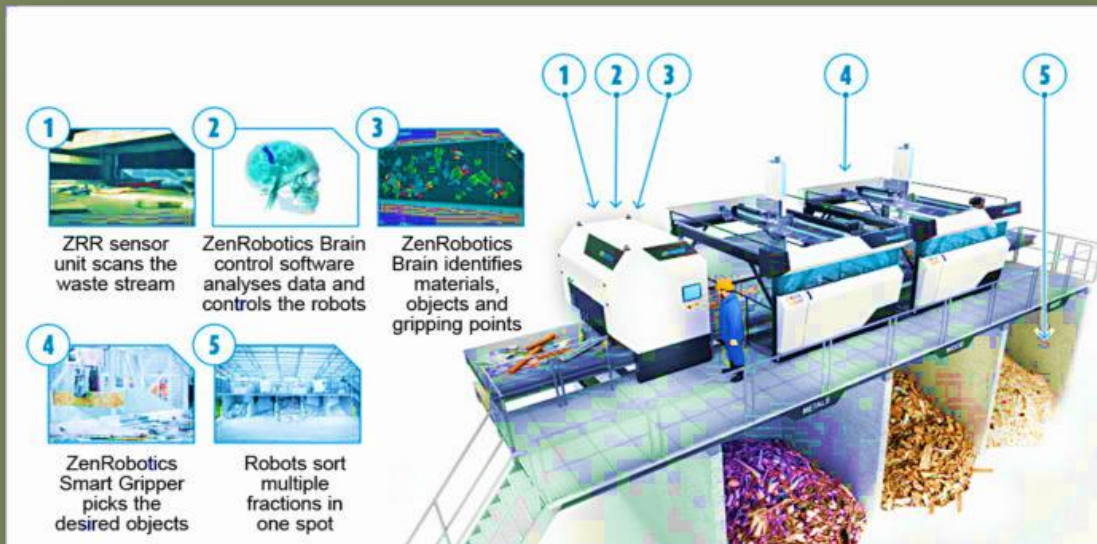
Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
2. Διαλογή & επεξεργασία αποβλήτων [47].	Με τη χρήση ενός μοντέλου ρομποτικής τεχνολογίας επιτρέπεται μεγαλύτερη ευελιξία στη διαλογή αποβλήτων. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στους χειριστές να αντιδρούν γρήγορα στις αλλαγές σε ένα μεγάλο ρεύμα αποβλήτων και αυξάνοντας το ποσοστό ανάκτησης και την καθαρότητα των δευτερογενών υλικών.	Η παρακολούθηση των αποβλήτων διεξάγεται μέσω καμερών και αισθητήρων. Ένα λογισμικό AI, που ονομάζεται ZenBrain, αναλύει τα δεδομένα των αισθητήρων, δημιουργώντας μια ακριβή ανάλυση της ροής αποβλήτων “real time”. Ως αποτέλεσμα, τα ρομπότ βαρέως τύπου λαμβάνουν αυτόνομες αποφάσεις (επί παραδείγματι, εργάζονται με κάμερες και αισθητήρες, την εισαγωγή εικόνων των οποίων επιτρέπει στην AI να ελέγχει έξυπνα τη διαλογή αποβλήτων) για το ποια αντικείμενα πρέπει να συλλεχθούν, διαχωρίζοντας τα απόβλητα γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια [49].	Με την AI δημιουργείται αξία στην υλοποίηση κυκλικών ροών υλικών και στην ενίσχυση της αξιοποίησης των υλικών και των προϊόντων, με τη διαλογή ροών μικτών υλικών μέσω τεχνικών οπτικής αναγνώρισης. Η ακρίβεια στην ανάκτηση αγγίζει το 98% της διαλογής μεγάλου όγκου υλικών (π.χ. πλαστικές συσκευασίες έως οικοδομικά απόβλητα). Αποτέλεσμα, η βελτίωση γενικά της αποδοτικότητας αλλά και της διαλογής απορριμμάτων. Επίσης, αυξάνει την αξία που μπορεί να δημιουργηθεί από τις ροές υλικών μέσω βελτιωμένων ποσοστών ανάκτησης και της συνολικής ποιότητας των αποτελεσμάτων, επιλύοντας πραγματικά επιχειρηματικά προβλήματα.

Προβλήματα & επιπτώσεις

Συμβολή στην CE

Χρήση AI

Ενδεικτικά οφέλη



Ρομποτικό σύστημα διαλογής απορριμμάτων από τη ZenRobotics

Πηγή άντλησης: AI In e-Waste Management: Dig Gold And Burn The Shit! (electronicsforu.com)

Video:

AMP Robotics' Portfolio of Automated Sorting Solutions - YouTube,
https://www.youtube.com/watch?v=MfPxAsk8_oQ

Οπτικοποίηση αποβλήτων



Πηγή άντλησης: Artificial intelligence for recycling: AMP Robotics (ellenmacarthurfoundation.org)

Διαλογή με ρομποτικούς βραχίονες



Πηγή άντλησης: Recycleye raises £3.5M seed funding - RECYCLING magazin (recycling magazine.com)

Προβλήματα & επιπτώσεις



Συμβολή στην CE

Ρομπότ ταξινόμησης UniSortUnibot

Πηγή άντλησης: <https://hub-4.com/news/steinert-presents-unisort-unibot-sorting-robot-for-highest-purities>

Χρήση AI



Ενδεικτικά οφέλη

Βραχίονες με τεχνολογία αισθητήρων για ακριβή ταξινόμηση βάσει AI

Πηγή άντλησης: STEINERT presents UniSort Unibot sorting robot for highest purities|Hub-4

3. Τροφικά απόβλητα, διαλογή & διαχωρισμός (*Σημείωση: στις αναδυόμενες οικονομίες, 40% των απωλειών παρατηρείται μετά τη συγκομιδή/μεταποίηση, ενώ στις βιομηχανικές οικονομίες 40% και άνω των απωλειών συμβαίνει κατά τη λιανική πώληση και από τους καταναλωτές [47].

Τεχνικές λύσεις βελτιστοποιούν τη χρήση των πόρων που απαιτούνται για την παραγωγή τροφίμων, επιτυγχάνοντας παράλληλα την απαιτούμενη ποιότητα του προϊόντος και διασφαλίζοντας την ασφάλεια των τροφίμων.

Διάφορες τεχνολογίες ανιχνεύουν την ποιότητα των τροφίμων, βοηθώντας στην ανακατεύθυνση των προϊόντων που δεν κρίνονται κατάλληλα για άμεση πώληση στους καταναλωτές, προτείνοντάς τα για χρήση σε άλλα προϊόντα διατροφής, αποτρέποντας έτσι την καταστροφή τους.

Αυτές οι τεχνολογίες βασίζονται σε αισθητήρες αξιολογώντας αυτόνομα τα προϊόντα τροφίμων με βάση διάφορα κριτήρια, όπως το στάδιο της διαδικασίας ωρίμανσης. Οι αλγόριθμοι AI βοηθούν στον εντοπισμό, την ανάλυση και την ταξινόμηση των προϊόντων ανάλογα με τις χρήσεις. Άλλοι αλγόριθμοι διασφαλίζουν ότι κατά την επεξεργασία τα προϊόντα κόβονται σε κατάλληλα κομμάτια, ανεξάρτητα από το αρχικό σχήμα και μέγεθος, μειώνοντας έτσι τα συνολικά απόβλητα. Η μείωση των αποβλήτων γίνεται στο στάδιο επεξεργασίας

Η μείωση των απωλειών και των αποβλήτων τροφίμων στο μισό είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί το σύστημα τροφίμων εντός των περιβαλλοντικών ορίων. Η μείωση της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων στο μισό θα μπορούσε, αν επιτευχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις έως και 16%.

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
		τροφίμων και συμβάλλουν στην αξιοποίηση των προϊόντων που μπορεί να μην είναι κατάλληλα για άμεση πώληση στους καταναλωτές [50].	
4. Απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων και μη ασφαλή πρόσθετα [47].	Μοντέλο παροχής υποκατάστατων φυτικής προέλευσης. Έτσι, οι άνθρωποι θα μπορούν να βασίζονται λιγότερο στις ζωικές πρωτεΐνες, οι οποίες απαιτούν πολύ περισσότερους φυσικούς πόρους, (π.χ. έδαφος και νερό), για να αναπτυχθούν από ό,τι τα αντίστοιχα φυτικά προϊόντα, χωρίς να χρειάζεται να αλλάξουν τις διατροφικές τους συνήθειες.	Ο αλγόριθμος ML που χρησιμοποιείται σε αυτό το μοντέλο εντοπίζει νέα τρόφιμα φυτικής προέλευσης και συνθέτει συνταγές τροφίμων ανιχνεύοντας μοτίβα σε μοριακό επίπεδο και αναλύοντας μόρια γεύσης. Εν συνεχεία, οι επιστήμονες τροφίμων ελέγχουν και δοκιμάζουν τις φόρμουλες, ώστε να παράσχουν ανατροφοδότηση στον αλγόριθμο για να διασφαλίσουν ότι το τελικό προϊόν είναι πανομοιότυπο σε όλα τα χαρακτηριστικά με το αρχικό. Επίσης, μελετάται από τους επιστήμονες η αξιολόγηση σκοπιμότητας της παραγωγής του αλγορίθμου όσον αφορά στην οικονομία και τη διαθεσιμότητα.	Βελτιώνεται η σχέση κόστους και αποτελεσματικότητας του R&D, με ταχύτερο εντοπισμό, δοκιμή και επανάληψη νέων πηγών τροφίμων και συνδυασμούς συστατικών. Υγιεινότερα και νοστιμότερα τρόφιμα φυτικής προέλευσης, ικανοποιώντας παράλληλα τις διατροφικές προτιμήσεις των καταναλωτών και αποφυγή υψηλών τιμών. Με την ελαχιστοποίηση ζωικών και γαλακτοκομικών προϊόντων, η παγκόσμια χρήση γεωργικών εκτάσεων θα μπορούσε να μειωθεί κατά περισσότερο από 75%, και χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο κόσμος δεν θα τρέφεται επαρκώς.

Προβλήματα & επιπτώσεις

Συμβολή στην CE

Χρήση AI

Ενδεικτικά οφέλη

AI και κυκλική οικονομία για τα τρόφιμα

Σχεδιασμός για αποφυγή απορριμμάτων τροφίμων όπου είναι εφικτό, κατά την αποθήκευση και τη διανομή χρησιμοποιώντας AI για αυτοματοποιημένη και αντικειμενική επιθεώρηση, διαλογή και επεξεργασία νωπών τροφίμων. Χρήση της AI για χαρτογράφηση και βελτιστοποίηση παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων σύμφωνα με την προέλευση, επεξεργασία και χρήση τοπικών συστατικών, όπου χρειάζεται.

Καλύτερη αντιστοίχιση της ζήτησης και της προσφοράς αυξάνοντας την τοπική παραγωγή και μεταποίηση, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα στα κανάλια λιανικής μέσω δυναμικής τιμολόγησης και πρόβλεψης ζήτησης με δυνατότητα AI και αξιοποιώντας τα υποπροϊόντα τροφίμων στο σημείο κατασκευής χρησιμοποιώντας εργαλεία AI και έξυπνο υλικό στις κουζίνες.

Δημιουργία ψηφιακής πλατφόρμας και αγορές που συνδέουν τους παραγωγούς υποπροϊόντων τροφίμων με τους χρήστες, δημιουργώντας ευκαιρίες να μετατραπούν οι ροές αποβλήτων σε ροές εσόδων.

Αξιοποίηση των υποπροϊόντων τροφίμων χρησιμοποιώντας AI για την ανάλυση της περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά και τη μόλυνση από μικρορύπανση των οργανικών υλικών και την ταξινόμησή τους ανάλογα με τις πιθανές χρήσεις.

Ενεργοποίηση αναγεννητικής γεωργίας χρησιμοποιώντας λύσεις AI για τη συμβολή στην εφαρμογή πιο αποτελεσματικών πρακτικών αναγεννητικής γεωργίας, όπως η χρήση οργανικού κομπόστ, η αμειψισπορά και οι διαφορετικές καλλιέργειες.

Βελτιστοποίηση των συνταγών και των διαδικασιών παραγωγής τροφίμων χρησιμοποιώντας AI για βοήθεια στην προμήθεια συστατικών που έχουν αναπτυχθεί με αναγέννηση και είναι ασφαλή στον κύκλο εφοδιασμού.

Πηγή άντλησης: <https://ellenmacarthurfoundation.org/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
5. Ο χρόνος ανίχνευσης πολύπλοκων βλαβών σε ηλεκτρονικά προϊόντα τσιπ [47].	Με ένα τεχνολογικό προϊόν υπάρχει η δυνατότητα να μειωθούν τα απόβλητα στη διαδικασία κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για ηλεκτρονικά προϊόντα.	Με την χρησιμοποίηση μη επαναληπτικής ML και προηγμένη ανάλυση σε πολλαπλές πηγές δεδομένων για τον υπολογισμό βέλτιστων σχεδίων για ολοκληρωμένα κυκλώματα, λαμβάνοντας υπόψη τη βελτιστοποίηση της απόδοσης, του κύκλου και της συντήρησης.	Με βάση τις πληροφορίες και την προηγμένη ανάλυση δεδομένων που παρέχονται από τα τεχνολογικά προϊόντα μειώθηκαν το κόστος των επαναλήψεων του σχεδιασμού και των δοκιμών. Δύο πιλοτικές εφαρμογές απέδειξαν ότι μπορούν να μειωθούν οι διαδικασίες σχεδιασμού ημιαγωγών από αρκετά χρόνια σε μερικές εβδομάδες. Αυτό θα είχε μεγάλο αντίκτυπο στα χρονοδιαγράμματα και στο κόστος του πυριτίου.
6. Μείωση ποσοτήτων και ποιότητας των υλικών που ανακτώνται από την ανακύκλωση ηλεκτρονικών ειδών [47].	Έπειτα από τον κύκλο πρώτης χρήσης, αρκετές συσκευές ή τα εξαρτήματά τους μπορούν να επανέλθουν σε οικονομική χρήση, υποστηριζόμενα από τις κατάλληλες λύσεις επισκευής ή ανακατασκευής.	Γίνεται αξιολόγηση της αισθητικής κατάστασης των ηλεκτρονικών συσκευών, η οποία είναι καθοριστική για την αποδοχή μιας μεταχειρισμένης συσκευής από τους καταναλωτές. Η ML που εμπεριέχεται στα τεχνολογικά προϊόντα βοηθά στη διαφοροποίηση μεταξύ των χαρακτηριστικών μιας συσκευής τηλεφώνου (π.χ. ένα λογότυπο ή ένα πλήκτρο) και τι μπορεί να αποτελεί "ανωμαλία" (π.χ. μια εκδορά ή ένα σπάσιμο), οδηγώντας σε πιο συνεπή, αξιόπιστη και ακριβή	Αυξάνεται 1) η αντικειμενικότητα, 2) η συνέπεια, 3) η αξιοπιστία, 4) η ταχύτητα και η ακρίβεια της διαδικασίας ταξινόμησης, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος ανά μονάδα. Με αυτό τον τρόπο οι χονδρέμποροι μπορούν να έχουν μεγαλύτερο βαθμό εμπιστοσύνης στις μεταχειρισμένες συσκευές και τα εξαρτήματα, γεγονός που υποστηρίζει τα

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
		ταξινόμηση των χρησιμοποιημένων συσκευών.	μοντέλα επαναχρησιμοποίησης όπως και τη μεταπώληση μεταχειρισμένων.

AI και κυκλική οικονομία για τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης

Αύξηση της συλλογής ηλεκτρονικών απορριμμάτων και αξιοποίηση μετά τη χρήση μέσω έξυπνης επιθεώρησης, αξιολόγησης και ταξινόμησης χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικές συσκευές για τον προσδιορισμό της αγοραίας αξίας τους, ένα σημαντικό και αναγκαίο στάδιο για τον επόμενο κύκλο χρήσης.

Υποστήριξη, βελτιστοποίηση και επιτάχυνση του σχεδιασμού κυκλικών υλικών, εξαρτημάτων και προϊόντων χρησιμοποιώντας την τεχνολογία AI για τη δημιουργία πολλαπλών παραλλαγών σχεδίασης, μαθαίνοντας γρήγορα από προηγούμενες επαναλήψεις.

Επέκταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος μέσω της πρόσβασης σε επιχειρηματικά μοντέλα της επισκευής, αποκατάστασης και ανακατασκευής. Η επίτευξη διευκολύνεται από την έξυπνη συντήρηση με δυνατότητα AI και τη δυναμική τιμολόγηση.

Χρησιμοποίηση εργαλείων AI για την παρακολούθηση και προσαρμογή της παραγωγής για βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων και την απόδοση. Επίσης, όπου είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται ανακυκλωμένα υλικά και ανακατασκευασμένα εξαρτήματα.

Πηγή άντλησης: <https://ellenmacarthurfoundation.org/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
7. Διαλογή και ταξινόμηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων [47].	Τεχνολογικό προϊόν δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να εξάγουν την πλήρη αξία από τα μικτά ηλεκτρονικά απόβλητα με δύο τρόπους. Αρχικά, με τη συμβολή στη μείωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων βελτιώνοντας τα συνολικά ποσοστά ανακύκλωσης και ανακατασκευής. Έπειτα, γίνεται ακριβής αξιολόγηση και αξιοποίηση προσδιορίζοντας αν η κατάσταση ενός προϊόντος είναι καταλληλότερο για ανακατασκευή ή ανακύκλωση.	Συστήματα διαλογής εξοπλισμένα με αισθητήρες και κάμερες, που διαμέσου της οπτικής αναγνώρισης και της εποπτευόμενης ML μπορούν να ταξινομήσουν τον τύπο, και αν είναι αντιληπτό την κατάσταση, των ηλεκτρονικών αποβλήτων σε πολύ μικρού μεγέθους επίπεδο. Επί του παρόντος, για την εκπαίδευση των αλγορίθμων AI απαιτείται η χειροκίνητη επισήμανση εικόνων.	Το μηχάνημα διαλογής παρέχει 1) ασφαλέστερη, 2) ταχύτερη και 3) ποιοτικότερη διαλογή των ηλεκτρονικών αποβλήτων, αντικαθιστώντας μια κυρίως χειροκίνητη διαδικασία. Επιτυγχάνεται αύξηση του ποσοστού λήψης και της ποιότητας της διαλογής παρέχοντας επιπλέον έσοδα μέσω της πώλησης ανταλλακτικών και υλικών.
8. Αναγνώριση/αξιολόγηση, χαλκού σε διαφορετικές μεταλλικές συνθέσεις απορριμμάτων με παραλαβές από διαφορετικούς προμηθευτές [51].	Αναγνώριση μέσω εφαρμογής συγκεκριμένων αλγορίθμων ML τον προσδιορισμό του ποσοστού χαλκού στους διαφορετικούς σωρούς απορριμμάτων από διαφορετικούς προμηθευτές.	Προ εκπαίδευση φωτογραφικού υλικού με επεξεργασία. Αυτοματοποίηση με επαλήθευση των ομαδικών φωτογραφιών γιατί ο μη αυτόματος έλεγχος είναι χρονοβόρος. Μοντέλο αναγνώρισης για τα αντικείμενα κάθε φωτογραφίας (καλώδια, σωλήνες κ.λπ.). Βελτιστοποίηση σε δεύτερο επίπεδο της λειτουργίας με βάση τα	Δοκιμή για το σύνολο όλων των εικόνων, με ανάλυση των δυνατοτήτων προσαρμογής κάθε εικόνας σε κάθε μία από τις άλλες τάξεις. Επιτυχία μιας μέσης απόκλισης 0,6 έως 0,8%, η οποία είναι εξαιρετικά καλή για την αναγνώριση μέσω οπτικοποίησης και λήψης της πιο ατόφιας ύλης χαλκού.

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
		αποτελέσματα που λαμβάνονται από την εργασία της όρασης του υπολογιστή. Τέλος, δοκιμές όλων των διαθέσιμων ομάδων χρησιμοποιώντας επιπλέον φωτογραφίες, οι οποίες δεν συνδέονται με το περιεχόμενο χαλκού.	
9. Απόβλητα Οχημάτων [52].	Ελαχιστοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων αποβλήτων οχημάτων. Με τη βοήθεια της AI, μεγάλο ποσοστό ανακύκλωσης (επαναδημιουργία Ά ύλης). Η βιομηχανία ανακύκλωσης οχημάτων βρίσκει τρόπους να ανακτήσει περισσότερα χρησιμοποιήσιμα μέρη οχημάτων (μεταχειρισμένα ανταλλακτικά) στο Τέλος του Κύκλου Ζωής τους (End-of-Life Vehicles/ELV) ⁹ .	Οι εταιρείες ανακύκλωσης εξαρτημάτων μπορούν να βασίζονται στις 360 μοίρες της λύσης AI [52] για να εντοπίζουν αμέσως τα μέρη του αυτοκινήτου που δεν φέρουν ζημιές. Αυτό εξαλείφει την εικασία να βασιζόμαστε σε φωτογραφίες που ενδέχεται να μην δείχνουν όλες τις λεπτομέρειες του αυτοκινήτου όταν γίνονται αγορές εξ αποστάσεως.	Ακριβής εκτίμηση της κατάστασης, με το εργαλείο AI που εντοπίζει ακόμη και μικρές αισθητικές ζημιές. Αποτελεσματική διαχείριση αποθεμάτων, με τα ανταλλακτικά αυτοκινήτων που σώζονται αναγνωρίζονται και επισημαίνονται, επιτρέποντας στην επιχείρηση να δει αμέσως τι είναι διαθέσιμο και πού βρίσκεται όταν έρχεται ένα αίτημα για ανταλλακτικό. Αυτόματη αντιστοίχιση για ταχείες πωλήσεις, με τα εξαρτήματα που προσδιορίζονται από το AI μπορούν να αντιστοιχιστούν με τη λίστα των εξαρτημάτων που απαιτούνται για

⁹ https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/end-life-vehicles_en#overview

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
10. Μη επιβίωση εξαρτημάτων αυτοκινήτων στη διάρκεια ζωής του οχήματος - η φθορά, η διάβρωση και πολλά άλλα στοιχεία δυσκολεύουν την ταυτοποίησή τους. Εάν ένας αριθμός εξαρτημάτων δεν είναι αναγνώσιμος, δεν θα εισαχθεί στο σύστημα με δυνατότητα την επαναχρησιμοποίηση και	Στη Γερμανία διεξάγεται μια διαδικασία για την αναγνώριση και την καταγραφή χρησιμοποιημένων εξαρτημάτων αυτοκινήτων που σε άλλη περίπτωση θα κατέληγαν σε χώρο υγειονομικής ταφής. Επί του παρόντος, έχουν καταγράψει και καταλογογραφήσει με επιτυχία 1400 διαφορετικά μέρη με ποσοστό αναγνώρισης 98,9% [53].	Με τη χρήση δυο υπολογιστών AI για την επεξεργασία δεδομένων από εξειδικευμένα συστήματα όρασης και φυσικών δεδομένων σχετικά με το εξάρτημα, συλλέγονται δεδομένα που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για να προσδώσουν έναν αριθμό εξαρτήματος και την αντιστοίχιση του με μια λίστα σχετικών οχημάτων.  AI και στερεοφωνική όραση  Τεχνητή Νοημοσύνη στα Συστήματα Όρασης	επισκευές αυτοκινήτων. Περισσότερη ανακύκλωση και ελαχιστοποίηση αποβλήτων, με AI να εντοπίζει τα χρησιμοποιήσιμα εξαρτήματα και να τα αντιστοιχίζει με εκείνους που τα χρειάζονται, αυξάνοντας τη χρήση του ELV για μεγαλύτερη κερδοφορία. Λόγω έλλειψης δυνατότητας ταυτοποίησης 70.000 εξαρτημάτων, η ανάκτηση του 98,9% αυτών των εξαρτημάτων θα απέφερε πάνω από 69.000 μέρη που μπορούν να ανακυκλωθούν [53]. Σύμφωνα με το Ίδρυμα Sullivan, περίπου 12 εκατομμύρια οχήματα προορίζονται για ανακύκλωση κάθε χρόνο στις ΗΠΑ. Αυτό σημαίνει ότι περίπου 12 εκατομμύρια εκκινητές, εναλλάκτες ή εξαρτήματα φρένων θα μπορούσαν να αγοραστούν σαν μεταχειρισμένα και να εφαρμοστούν σε ένα άλλο όχημα μειώνοντας τα απόβλητα, την παραγωγή

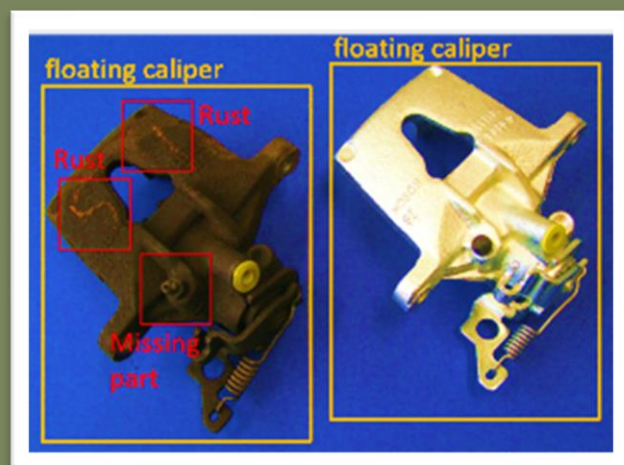
Προβλήματα & επιπτώσεις

έτσι θα οδηγηθεί σε
διάλυση [53].

Συμβολή στην CE**Χρήση AI****Ενδεικτικά οφέλη**

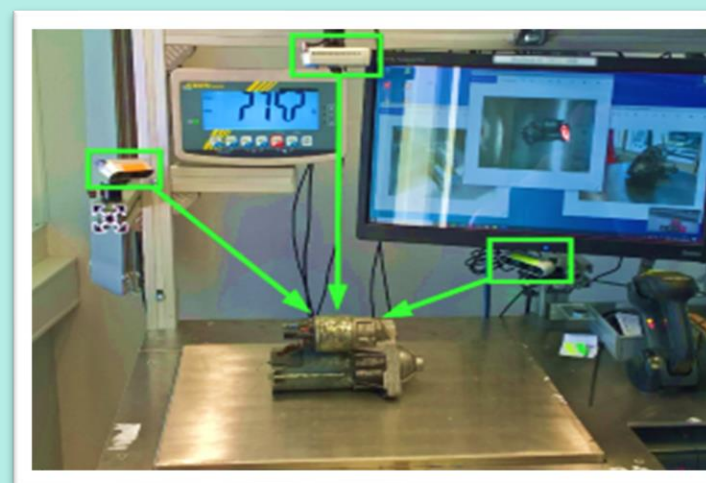
νέων εξαρτημάτων και ωφελώντας την
τοπική προμήθεια.

Σύγκριση μιας νέας δαγκάνας αυτοκινήτου με μια χρησιμοποιημένη δαγκάνα. Η VC (ή αλλιώς μηχανική όραση) μπορεί να δυσκολεύεται να εντοπίσει βασικά χαρακτηριστικά στο χρησιμοποιημένο μέρος. Μεγεθυμένη εικόνα μικρογραφίας που χρησιμοποιείται από έργο EIBA.



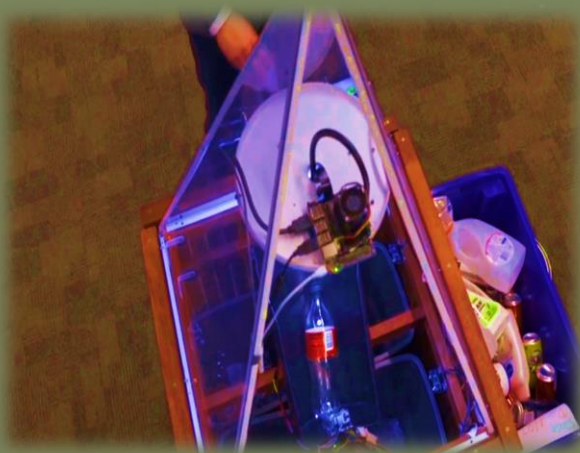
Πηγή άντλησης: <https://innovative-produktkreislaeufe.de/en/Projects/EIBA.html>

Οι στερεοφωνικές κάμερες εντοπίζουν ένα άγνωστο μοντέλο κινητήρα εκκίνησης / ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Μεγεθυμένη εικόνα μικρογραφίας που χρησιμοποιείται από την EIBA



Πηγή άντλησης: <https://innovative-produktkreislaeufe.de/en/Projects/EIBA.html>

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
11. Εντοπισμός και τη διαλογή των αποβλήτων ανακύκλωσης (σε επίπεδο κάδου) [54].	Καινοτόμοι κάδοι ανακύκλωσης μπορούν να τριπλασιάσουν τον αριθμό των θέσεων εργασίας που δημιουργούνται στη βιομηχανία ανάκτησης αποβλήτων, ενθαρρύνοντας την παραγωγή ανακυκλωμένων υλικών υψηλής ποιότητας και την ανάπτυξη νέων αγορών.	Συνδυάζονται οι τελευταίες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένου του IoT (Internet of Things) ¹⁰ , με τη χρήση διαφορετικών αισθητήρων για τον υπολογισμό του βάρους, της ύλης, των υλικών. Επίσης, χρησιμοποιείται η τελευταία τεχνολογία AI [54].	Παρουσία έξυπνων κάδων σε εμπορικά κέντρα, σχολεία, κινηματογράφους, επιχειρήσεις και αεροδρόμια. Η απόρριψη είναι εύκολη και η διαλογή ακόμα πιο εύκολη, κίνητρο για μεγαλύτερη ανακύκλωση καθώς δεν μπερδεύει -επιβαρύνει τους χρήστες.



Recycle-bot που χρησιμοποιεί AI κάνει αυτόματα τη διαλογή των σκουπιδιών

Πηγή άντλησης: <https://eu.usatoday.com/videos/tech/2022/09/14/recycle-bin-uses-artificial-intelligence-sort-plastic-glass-more/10371968002/>

Video: Recycle bin uses artificial intelligence to sort | USA TODAY - YouTube

¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
Περαχωρίτης Ιωάννης

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
12. Δυνατότητα ταχείας και συστηματικής ανάπτυξης, παραγωγής και δοκιμής νέων συνδυασμών κραμάτων [47].	Στόχος η δημιουργία νέων μετάλλων το ίδιο αποδοτικών και αποτελεσματικά, τα οποία είναι σχεδιασμένα με γνώμονα τις αρχές της CE, μη τοξικά, για να χρησιμοποιούνται, να επαναχρησιμοποιούνται, να έχουν μεγαλύτερες περιόδους χρήσης, πράγμα που θα μπορούσε να γίνει με τη χρήση μεθόδων παρασκευής και επεξεργασίας πρόσθετων που ελαχιστοποιούν τα απόβλητα. Επίσης, οι βελτιωμένες ιδιότητες των υλικών μπορούν έμμεσα να μειώσουν τη χρήση πόρων μέσω βελτιωμένης απόδοσης του προϊόντος.	Χρήση αλγόριθμων AI για τη συστηματική ανάλυση πολυάριθμων δεδομένων σχετικά με υπάρχοντα υλικά και τις ιδιότητές τους για το σχεδιασμό και τη δοκιμή νέων συνθέσεων κραμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με την καταγραφή λεπτομερειών των χημικών, φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων αυτών, και έτσι οι αλγόριθμοι μπορούν να χαρτογραφήσουν βασικές τάσεις στη δομή, τη διαδικασία και τις ιδιότητες για τη βελτίωση του σχεδιασμού κραμάτων χρησιμοποιώντας βρόχους ταχείας ανάδρασης.	Ανάπτυξη κραμάτων που μπορούν να προωθηθούν με υψηλή αξία στην οικονομία, υποστηρίζοντας την καινοτομία προϊόντων και τεχνολογίας (π.χ. κράματα που μετατρέπουν την αποκρυπτόμενη θερμότητα σε ηλεκτρική ενέργεια), καθώς επίσης τις δυνατότητες αύξησης των επιδόσεων και την παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Η επιταχυνόμενη μεταλλουργία προωθεί τον μειωμένο χρόνο διάθεσης στην αγορά. Επιπροσθέτως, έμφαση στα φιλικά προς το περιβάλλον κράματα σε πρώιμο στάδιο σχεδιασμού, με συνδυασμό την ανάλυση του κύκλου ζωής, θα συμβάλλει στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στη μετάβαση σε τεχνολογίες με χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα.

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
13. Διαδικασία επιστροφών εμπορικών επιχειρήσεων και e-commerce.	Η Ikea οδηγείται σε μεγάλο ποσοστό ώστε να είναι μια «κυκλική επιχείρηση» [55] που τα προϊόντα παραμένουν στην αλυσίδα εφοδιασμού για όσο το δυνατόν περισσότερο προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την αξία τους και να ελαχιστοποιήσουν τα απόβλητα (στόχος κατασκευαστών συσκευών κουζίνας, επίπλων και οικιακών αξεσουάρ) [56]. Η εταιρεία έχει εισαχθεί στην αλυσίδα και κατευθύνεται προς τη σωστή κατεύθυνση με την τεχνολογία βελτιστοποίησης επιστροφών, κάθε μέρα και περισσότερο.	Υποστηρίζεται από ανάλυση δεδομένων και μηχανική μάθηση, που μπορεί να μειωθεί το κόστος που σχετίζεται με την επεξεργασία των επιστροφών [57]. Δυνατότητα πρόβλεψης της καλύτερης τοποθεσίας για τις μονάδες που επιστρέφονται. Αυτή η απόφαση στη συνέχεια διαβιβάζεται στην αποθήκη και στο κατάστημα σε πραγματικό χρόνο, ώστε το προσωπικό να μπορεί να καθορίσει ποια είναι η πιο πρακτική και αποτελεσματική διαχείριση του προϊόντος.	Εξάλειψη μεγάλου μέρους των αποβλήτων που δημιουργούνται στην RSC, καθώς επίσης ελαχιστοποίηση των εκπομπών άνθρακα που απελευθερώνονται [57]. Βέβαια όλα αυτά είναι σε αρχικό στάδιο, αλλά εξοικονομούνται χρήματα [57], τα απόβλητα μειώνονται και οι εμπειρίες της Ikea πιθανότατα θα καθορίσουν τον βαθμό στον οποίο θα χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία βελτιστοποίησης επιστροφών για μεγάλο μέρος του εμπορικού κόσμου.

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
14. Χρόνος κύκλου επιστροφής και αντικατάστασης.	Η διαδικασία είναι από μόνη της αρκετά φιλική προς το περιβάλλον. Τα drones καθώς λειτουργούν κυρίως με μπαταρία μπορούν να αντικαταστήσουν τα αναποτελεσματικά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται σήμερα στη διαδικασία παράδοσης και επιστροφής. Επιπλέον, μέσα από την χρήση των drones θα μπορέσει να αποδεσμευτεί προσωπικό ώστε να εκπαιδευτεί και να αξιοποιηθεί σε άλλα επαγγελματικά πεδία αντί να οδηγεί υλικά από και προς τα μέρη παραδόσεων [58].	Η AI καθιστά τα drones, πιο αυτόνομα και έξυπνα. Εξοπλισμένα με AI μπορούν πλέον να πλοηγηθούν σε πολύπλοκα περιβάλλοντα, να αποφύγουν εμπόδια και να λάβουν αποφάσεις μόνα τους. Αυτό σημαίνει ότι τα drones μπορούν πλέον να επιχειρούν σε περιοχές που προηγουμένως ήταν απρόσιτες, όπως αστικές περιοχές με υψηλή κυκλοφορία και περιορισμένο εναέριο χώρο. Οι αλγόριθμοι AI μπορούν να αναλύσουν δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως καιρικές συνθήκες, μοτίβα κυκλοφορίας και χρονοδιαγράμματα παράδοσης, για να καθορίσουν την πιο αποτελεσματική διαδρομή για ένα drone. Σχετικά με τις δύο τελευταίες δυνατότητες, αυτό μπορεί να επιτευχθεί ιδανικά με τον συγκερασμό της τεχνητής νοημοσύνης με τα δίκτυα 5^{ης} Γενιάς, αξιοποιώντας	Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της AI στην εφοδιαστική που βασίζεται σε drone είναι η δυνατότητα βελτιστοποίησης των διαδρομών παράδοσης και τα επίπεδα προτεραιότητας. Επίσης η κίνηση των drones σε όλη την πόλη δεν θα περιορίζεται από την κυκλοφορία και είναι σαφώς έως καθόλου ρυπογόνα από τα φορτηγά που πηγαίνουν από τόπο σε τόπο. Αυτή η εφαρμογή της εμπρός και RS θα μειώσει σημαντικά τις εκπομπές [58], καθώς λιγότερα οχήματα υπηρεσίας θα πρέπει να βρίσκονται στον δρόμο. Αυτό όχι μόνο εξοικονομεί χρόνο και ενέργεια, αλλά μειώνει επίσης το κόστος παράδοσης. Βελτιωμένη εμπειρία πελάτη: η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών επιτρέπει μια πιο απρόσκοπτη και αποτελεσματική διαδικασία επιστροφών για τους πελάτες. Τα drone παρέχουν μια δυνατότητα για

Προβλήματα & επιπτώσεις	Συμβολή στην CE 	Χρήση AI	Ενδεικτικά οφέλη
		την δυνατότητα που αυτά προσφέρουν για πρόσβαση σε πληροφορίες και παραμέτρους του δικτύου (αν ένας σταθμός βάσης εξυπηρετεί πολλούς χρήστες ή αν η ποιότητα του δικτύου δεν είναι επαρκής).	παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο εξασφαλίζοντας διαφάνεια κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Αυτή η βελτιωμένη εμπειρία μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη ικανοποίηση και πιστότητα των πελατών.

Πίνακας 1. Εφαρμογές AI για την ευέλικτη διαχείριση οργανισμών και επιχειρήσεων

5.4 Ποιοτικά αποτελέσματα

Οι νεοφυείς τεχνολογίες μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV)¹¹ αποτελούν το επίκεντρο στην παγκόσμια αγορά λόγω ενός πολλά υποσχόμενου φάσματος εφαρμογών. Τα drones που φέρουν την τεχνολογία της AI, αναμένεται να έχουν τον σημαντικότερο αντίκτυπό τους στην SCM εν γένει και πιο συγκεκριμένα στην RSC και τα συστήματα εφοδιαστικής σε αστικές πόλεις και προάστια, κατόπιν άρσης των κανονισμών για εμπορικούς σκοπούς. Σε αυτήν την ενότητα των αποτελεσμάτων θα παρατεθούν κάποιες γενικές πληροφορίες σχετικά με τη χρησιμότητα των Drones στην SCM και στη RSC, τα μοντέλα που διατίθενται για αυτούς τους σκοπούς στην αγορά και ο τρόπος λειτουργίας τους με ενσωματωμένη την τεχνολογία AI. Μετά από τα εισαγωγικά, θα αναλυθεί ένα προτεινόμενο υβριδικό μοντέλο παράδοσης Drone-Delivery using Autonomous Mobility (DDAM). Έπειτα, θα παρατεθούν κάποια σενάρια χρήσης στην RSC όπως, 1^ο επιστροφές λιανικής, 2^ο διαχείριση βλαβών αυτοκινήτων με συμμετοχή drone, 3^ο χαρτογράφηση χώρων υγειονομικής ταφής-υδάτων και διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων σε σημεία συλλογής και ανακύκλωσης, 4^ο τρόπος συλλογής σκουπιδιών από χώρους υγειονομικής ταφής και 5^ο καθαρισμός των υδάτων. Τα ευρήματα παρουσιάζουν τα σημαντικά σημεία, την αυξημένη δυνατότητα μείωσης του αποτυπώματος άνθρακα, του κόστους παράδοσης και του χρόνου σε σύγκριση με την παράδοση και επιστροφή με φορτηγά. Αυτή η έρευνα βασίζεται στο μοντέλο βιωσιμότητας που υποδηλώνει ότι η τεχνολογία drone μπορεί να προσφέρει λύσεις στις τρέχουσες επιχειρησιακές προκλήσεις στις αστικές πόλεις παγκοσμίως. Τέλος, συζητούνται ζωτικοί παράγοντες σε σχέση με τις παραπάνω περιπτώσεις και τη συμβολή των Drones ταυτόχρονα με τις τηλεπικοινωνίες 5^{ης} γενιάς σε συνδυασμό με την AI, στην RSC.

5.4.1 Η μελέτη της χρησιμότητας των “Drones” στην Αλυσίδα Εφοδιασμού προς τα εμπρός και Αντίστροφα

Τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί η χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV) ή drones, αλλιώς, οχήματα που μπορούν να πραγματοποιούν συνεχή

¹¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle

πτήση χωρίς πιλότο επί του σκάφους. Αυτά χρησιμοποιούνται σε αρκετές περιπτώσεις όπως, διαφόρων ειδών εκδηλώσεις, κινηματογράφηση, διαχείριση αποβλήτων, στον αστυνομικό κλάδο για συνοριακές περιπολίες, επίβλεψη κυκλοφορίας και ασφάλειας λιμένων, ατμοσφαιρική και εδαφική ανάλυση, παρακολούθηση καλλιεργειών και τέλος κυρίως στον εμπορικό τομέα. Για αυτό η SC αλλά και αντίστροφα οι επιστροφές προς τα πίσω, για κάθε λόγο, έχουν καταστεί ο βασικός παράγοντας για την επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στην αγορά. Η Amazon είναι μια εταιρεία που κατέχει ηγετική θέση στον τομέα της διαχείρισης της SC, καθώς επίσης πρωτοπόρος στη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών στον συγκεκριμένο κλάδο, όπως οι παραδόσεις με drones, οι οποίες μπορούν να εκτελεστούν σε ημερήσια βάση ή και ακόμα σε ωριαία. Επιπλέον, η εταιρεία ερευνών Skylark Services παρουσίασε ότι καθημερινά πραγματοποιούνται 110 εκατομμύρια διαδικτυακές παραγγελίες με 100 εκατομμύρια από τα προϊόντα που παραγγέλλονται τα οποία θα έχουν βάρος λιγότερο από πέντε κιλά, υποδηλώνοντας έτσι ότι υπάρχει δυνατότητα μεγάλου όγκου για παραδόσεις και με drone [59]. Βέβαια, οι καινοτόμες παραδόσεις με drones είναι πιο γνωστές, σε σχέση με το ζήτημα των επιστροφών προϊόντων μέσω drone ή όπως αλλιώς είναι γνωστό ως RS στην SC. Σκοπός λοιπόν αυτού του κεφαλαίου είναι να συζητηθεί το θέμα της RS στην SC, παρουσιάζοντας αρχικά τον τρόπο λειτουργίας των drones, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τις αδυναμίες αλλά και την δυνατότητα εξέλιξης μιας υπηρεσίας παράδοσης με drone σε σχέση με την επιστροφή ενός προϊόντος, αλλά και τη χρησιμότητα στην CE, μέσα από τη εμβάθυνση περιπτώσεων χρήσης.

5.4.2 Μοντέλα Drones

Η ποικιλία των Drones είναι μεγάλη καθώς έχουν αναπτυχθεί αρκετά για διαφορετικές χρήσεις. Αυτά βέβαια χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Μια αυτών που διαθέτουν τηλεχειριστήριο, όπως συμβαίνει με τα εμπορικά ιπτάμενα drones και μια αυτών που είναι αυτόνομα και μπορούν να κινηθούν και στο νερό, με αισθητήρες που τα εμποδίζουν να συγκρουστούν με άλλα σκάφη.

DRONE



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

DRONE DELIVERY CANADA [60]

- ◇ Παραδόσεις εμπορευμάτων με drones στον Καναδά βασιζόμενο στο μοντέλο drone all-in-one και Flyte.
- ◇ Αποθήκευση εμπορευμάτων στο εσωτερικό τους.
- ◇ Η πλατφόρμα παράδοσης drones με έμφαση στην υγιεινολογική περίθαλψη.
- ◇ Παραδόσεις εμβολίων Covid-19 σε δυσπρόσιτες περιοχές.



MATTERNET [61]

- ◇ Έδρα ΗΠΑ
- ◇ Παραδόσεις ιατρικών προμηθειών
- ◇ Ωφέλιμο φορτίο μέχρι 2kg
- ◇ Πραγματοποιεί πτήση 20χλμ
- ◇ Συνεργασίες με οργανισμούς και εταιρείες των ΗΠΑ και της Ελβετίας
- ◇ Σημαντική συνεργασία με το υπουργείο Υγείας του Άμπου Ντάμπι για την εφαρμογή ενός συστήματος παράδοσης με drone ιατρικού εξοπλισμού σε νοσοκομεία και κλινικές υγείας 2017



DHL PARCELCOPTER [62]

- ◇ Κάλυψη μίας απόστασης 65 χιλιομέτρων, πηγαίνοντας και γυρνώντας από τον προορισμό του Χωρητικότητας 4 κιλών
- ◇ Τελική ταχύτητα τα 130 χλμ/ώρα
- ◇ Υπεροχή στη δυνατότητά του να πετάζει κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες, όπως οι θυελλώδεις άνεμοι και ο βροχερός καιρός

DRONE	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	<u>ALIBABA DELIVERY DRONE</u> [63] ◇ Εταιρεία λιανικής πώλησης στην Κίνα ξεκίνησε το 2015 ◇ Διανομή σε λιγότερο από δέκα λεπτά ◇ Μεταφορά ≈ 4 κιλών 2018 ◇ Πρόσφατα δημιούργησε τον δικό της στόλο με delivery drones για την παράδοση προϊόντων σε κάποιες περιοχές της Σαγκάης ◇ Η Κίνα κατέχει μία από τις μεγαλύτερες αγορές delivery drones ◇ Τα delivery drones που δραστηριοποιούνται στις αγορές της Κίνας έχουν τη δυνατότητα για μεταφορά ωφέλιμου φορτίου περισσότερο των 100kg
	<u>SPRIGHT DELIVERY DRONE</u> [64] ◇ θυγατρική της Air Methods, με έδρα τις ΗΠΑ ◇ Εταιρεία ιατρικών υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης αεροπορικών μεταφορών ◇ Τμήμα delivery drone παράδοσης ιατρικού εξοπλισμού για νοσοκομεία και κλινικές ◇ Αυτονομία 110 km, ◇ Αποστολή 6kg ωφέλιμου φορτίου ◇ Ταχύτητα έως και 100 km/h

Πίνακας 2. Μοντέλα drone delivery

Πηγή άντλησης: 1) <https://dronedeliverycanada.com/>, 2) <https://mtr.net/>, 3) <https://inmotion.dhl/en/dr1/article/successful-trial-integration-of-dhl-parcelcopter-into-logistics-chain>, 4) <https://www.popsoci.com/china-drone-deliveries/>, 5) <https://sprightuas.com/technology/>

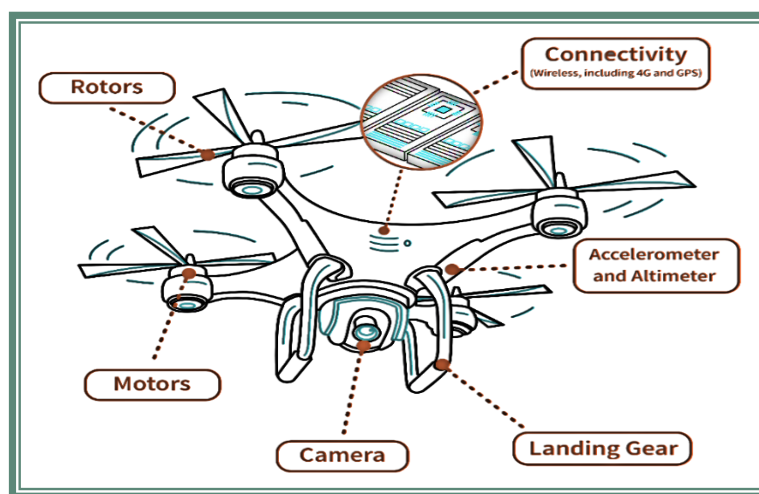
5.4.3 Τα Drones της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η τεχνολογία logistics drone είναι η πιο πρόσφατη μέθοδος παράδοσης που χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία μεταφορών και logistics. Τα ειδικά drones μπορούν

να χρησιμοποιηθούν για δραστηριότητες εφοδιαστικής καθώς ένας τρόπος είναι η μεταφορά εμπορευμάτων χωρίς οδηγό. Η παλαιότερη τεχνολογία drone βρήκε τα drones να χρησιμοποιούνται για στρατιωτικές δραστηριότητες. Ωστόσο, οι εξελίξεις στην τεχνολογία τους τα οδήγησε στο να χρησιμοποιούνται σε δραστηριότητες logistics για εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης και λιανικής. Επίσης, ένα παράδειγμα, τα drones χρησιμοποιούνται στις αλυσίδες εφοδιασμού ως 1) μέθοδος παράδοσης στο τελευταίο μίλι, 2) παρακολούθησης αποθεμάτων και 3) παρακολούθησης αποθήκης [65]. Ο εφοδιασμός με drone είναι γρήγορη παράδοση με μεταφορά υψηλής ακρίβειας και χαμηλού κόστους. Για τα drones δεν υπάρχει κόστος εργασίας, που να σχετίζεται με αυτά, καθώς είναι μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, κατάλληλα για αστικές περιοχές με μεγαλύτερη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Με την άνοδο του ηλεκτρονικού εμπορίου, οι έμποροι λιανικής στρέφονται στα τεχνολογικά συστήματα παράδοσης με drone [65].

5.4.4 Τρόπος λειτουργίας συμβατικού Drone με ενσωμάτωση AI

Η λειτουργία ενός απλού μη επανδρωμένου εναέριου οχήματος UAV έχει προσαρτημένους ανιχνευτές ακτινοβολίας, κάμερες και συσκευές GPS. Κατά την εκτέλεση πτήσης, οι μετρήσεις ακτινοβολίας ταυτόχρονα με άλλες σχετικές πληροφορίες συγχρονίζονται με την ακριβή θέση GPS και αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο στον αντίστοιχο επίγειο σταθμό και αποθηκεύονται επί του σκάφους [66].

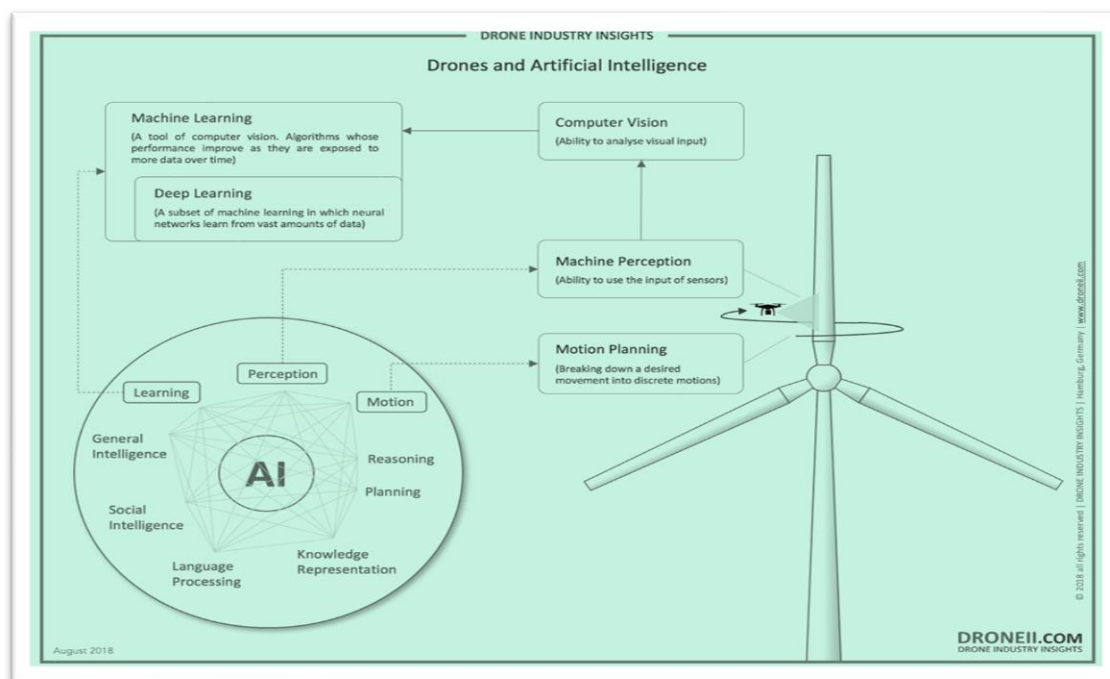


Εικόνα 13. Ανατομία ενός Drone

Πηγή άντλησης: <https://www.ctia.org/news/up-up-and-away-how-do-drones-work>

Έπειτα από την προσγείωση, ανακτώνται όλα τα λεπτομερή δεδομένα, πράγμα που σημαίνει ότι οι φωτογραφικές/γεωγραφικές πληροφορίες αναπροσαρμόζονται μαζί με τα διορθωμένα δεδομένα των μετρήσεων ακτινοβολίας [66]. Οι φωτογραφίες από δορυφόρους και οι μετρήσεις δεδομένων ακτινοβολίας που αναλύθηκαν τίθενται στη συνέχεια στη διάθεση των υπευθύνων λήψης αποφάσεων για περαιτέρω δράση.

Από την άλλη πλευρά το λειτουργικό σύστημα σε ένα drone με AI έχει σχεδιαστεί για να παρέχει την απαραίτητη υποδομή λογισμικού για τον έλεγχο των εξαρτημάτων υλικού του drone, τη διαχείριση δεδομένων και την εκτέλεση έξυπνων αλγορίθμων. Χρησιμεύει ως το υποκείμενο σύστημα που επιτρέπει στο drone να εκτελεί τα διάφορα καθήκοντά του και να λαμβάνει αυτόνομες αποφάσεις με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνει. Ακολουθούν, ορισμένα βασικά στοιχεία και λειτουργίες που βρίσκονται συνήθως στο λειτουργικό σύστημα ενός drone με ενσωματωμένη τεχνολογία AI:



Εικόνα 14. Χρήση της AI για την αυτοματοποίηση των Drones

Πηγή άντλησης: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/07/the-power-of-artificial-intelligence-in-drones/>

1. Πυρήνας: Είναι ο πυρήνας του λειτουργικού συστήματος και χειρίζεται αλληλεπιδράσεις υλικού χαμηλού επιπέδου, όπως ένα πρόγραμμα οδήγησης συσκευών, διαχείριση μνήμης και προγραμματισμό διαφόρων διαδικασιών.
2. Έλεγχος πτήσης: Στο λειτουργικό σύστημα εμπεριέχεται ένα λογισμικό ελέγχου πτήσης υπεύθυνο για τη σταθερότητα και τους ελιγμούς του drone στον αέρα. Αλληλεπιδρά με αισθητήρες, όπως επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και GPS, για να προσδιορίσει τη θέση, το υψόμετρο και τον προσανατολισμό του drone.
3. Ενσωμάτωση αισθητήρων: Drones εξοπλισμένα με AI συχνά ενσωματώνουν διάφορους αισθητήρες, όπως κάμερες, LiDAR¹², αισθητήρες υπερήχων κ.α.π. Το λειτουργικό σύστημα κάνει πιο εύκολη την ενσωμάτωση αυτών των αισθητήρων και παρέχει τις απαραίτητες διεπαφές για την πρόσβαση και την επεξεργασία δεδομένων αισθητήρων.
4. Επικοινωνία: Από το λειτουργικό σύστημα επιτρέπεται η επικοινωνία μεταξύ του drone και περιφερικών συσκευών ή συστημάτων. Μπορεί να περιλαμβάνει πρωτόκολλα όπως Wi-Fi, Bluetooth ή συνδεσιμότητα με κινητή τηλεφωνία, με αποτέλεσμα την ανταλλαγή δεδομένων, τη λήψη εντολών ή τη μετάδοση πληροφοριών τηλεμετρίας.
5. Επεξεργασία δεδομένων: Drones με AI απαιτούν εξαιρετικά υψηλή υπολογιστική ισχύ για την επεξεργασία δεδομένων, την εκτέλεση εργασιών VC και την εκτέλεση αλγορίθμων ML. Το λειτουργικό σύστημα παρέχει το απαραίτητο πλαίσιο για την αποτελεσματική εκτέλεση αυτών των λειτουργιών.
6. Πλαίσια AI: Το λειτουργικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει προεγκατεστημένα πλαίσια ή βιβλιοθήκες AI για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης αλγορίθμων AI στο drone. Αυτά τα πλαίσια επιτρέπουν εργασίες όπως ανίχνευση αντικειμένων, σχεδιασμό διαδρομής, λήψη αποφάσεων, ακόμη και αυτόνομη πλοήγηση.
7. Αυτόνομια και λήψη αποφάσεων: Με δυνατότητες AI, το λειτουργικό σύστημα μπορεί να επιτρέψει την αυτόνομη λήψη αποφάσεων με βάση την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και αλγόριθμους ML. Αυτό επιτρέπει στο drone να προσαρμόζεται στο περιβάλλον, να κάνει ενημερωμένες επιλογές και να ανταποκρίνεται στις συνθήκες που μεταβάλλονται ή τους στόχους της αποστολής.

¹² Τι είναι ένα drone LiDAR και είναι χρήσιμο; - Ιστολόγιο (diohe.com)

8. Διεπαφή χρήστη (Application Programmable Interface/API): Το λειτουργικό σύστημα περιλαμβάνει συχνά μια διεπαφή χρήστη που επιτρέπει στους χειριστές ή τους προγραμματιστές να αλληλεπιδρούν με το drone, να διαμορφώνουν μέχρι και να αλλάζουν ρυθμίσεις, να παρακολουθούν τις λεπτομερείς παραμέτρους πτήσης και να οπτικοποιούν τα δεδομένα που συλλέγονται.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιείται σε ένα drone με AI μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον κατασκευαστή, τον σκοπό και την πολυπλοκότητα του drone. Διαφορετικές πλατφόρμες και πλαίσια, όπως το PX4¹³, το ArduPilot¹⁴ ή προσαρμοσμένες λύσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκπλήρωση των απαιτήσεων των δυνατοτήτων AI του drone.

5.4.5 Λειτουργία Drone με AI στις μεταφορές logistics

Ένα drone με AI στις μεταφορές logistics λειτουργεί αξιοποιώντας αλγόριθμους [67] και δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης για να βελτιώσει την πλοήγηση, τη λήψη αποφάσεων και τη συνολική απόδοση στη μεταφορά αγαθών. Ακολουθεί μια γενική επισκόπηση του τρόπου λειτουργίας ενός drone με AI στη μεταφορά logistics:

Σχεδιασμός διαδρομής: Οι αλγόριθμοι AI αναλύουν πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, τα μοτίβα κυκλοφορίας και τα χρονοδιαγράμματα παράδοσης για να καθορίσουν πια θα είναι η αποτελεσματικότερη διαδρομή για το drone. Αυτό βοηθά στη βελτιστοποίηση των χρόνων παράδοσης και στη μείωση του καυσίμου που καταναλώνεται.

Ανίχνευση και αποφυγή αντικειμένων: Τα drones που είναι εξοπλισμένα με AI χρησιμοποιούν τεχνικές VC για να ανιχνεύσουν και να εντοπίσουν εμπόδια, όπως κτηριακές εγκαταστάσεις, δέντρα ή άλλα αεροσκάφη, κατά την πορεία πτήσης τους. Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν στο drone να προσαρμόζει αυτόνομα την πορεία του και να αποφεύγει πιθανές συγκρούσεις [68].

¹³ <https://px4.io/>

¹⁴ <https://ardupilot.org/>

Έξυπνη πλοήγηση: Τα drones που λειτουργούν με AI μπορούν να πλοηγηθούν σε πολύπλοκα περιβάλλοντα αξιοποιώντας προηγμένους αλγόριθμους που επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από πολλούς αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένου του GPS, των καμερών και του lidar. Αυτό επιτρέπει στο drone να τοποθετηθεί με ακρίβεια και να διατηρήσει σταθερή πτήση ακόμη και σε δύσκολες συνθήκες.

Διαχείριση ωφέλιμου φορτίου: Οι αλγόριθμοι AI βοηθούν στη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας ωφέλιμου φορτίου του drone λαμβάνοντας υπόψη 1) το βάρος, 2) το μέγεθος και 3) την ευθραυστότητα των μεταφερόμενων αγαθών. Αναλύοντας αυτές τις πληροφορίες, το drone μπορεί να διασφαλίσει ότι μεταφέρει το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο, διατηρώντας παράλληλα τη σταθερότητα και την ασφάλεια της πτήσης.

Προσαρμοστική λήψη αποφάσεων: Τα drones που είναι εξοπλισμένα με AI μπορούν να λαμβάνουν αυτόνομες αποφάσεις με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και ανάλυση κατάστασης [67]. Για παράδειγμα, εάν οι καιρικές συνθήκες αλλάξουν κατά τη διάρκεια μιας πτήσης, το drone μπορεί να τροποποιήσει τη διαδρομή του ή να προσγειωθεί με ασφάλεια για να αποφύγει πιθανούς κινδύνους.

Παρακολούθηση και συντήρηση: Οι αλγόριθμοι AI επιτρέπουν στα drones να παρακολουθούν συνεχώς τη δική τους απόδοση και να εντοπίζουν τυχόν ανωμαλίες ή ζητήματα. Αυτό βοηθά στη διασφάλιση της υγείας του drone, στον εντοπισμό πιθανών βλαβών νωρίτερα, προλαμβάνοντας κακοτοπιές, και στον προγραμματισμό συντήρησης ή επισκευών όταν είναι απαραίτητο.

Ανάλυση και βελτιστοποίηση δεδομένων: Τα drones που λειτουργούν με AI μπορούν να συλλέγουν και να αναλύουν μεγάλο όγκο δεδομένων κατά τη διάρκεια των λειτουργιών τους, όπως οι χρόνοι παράδοσης, η κατανάλωση καυσίμου και οι μετρήσεις απόδοσης. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό μοτίβων, τη βελτιστοποίηση μελλοντικών διαδρομών και της συνολικής αποτελεσματικότητας στη διαδικασία μεταφοράς στη εφοδιαστική.

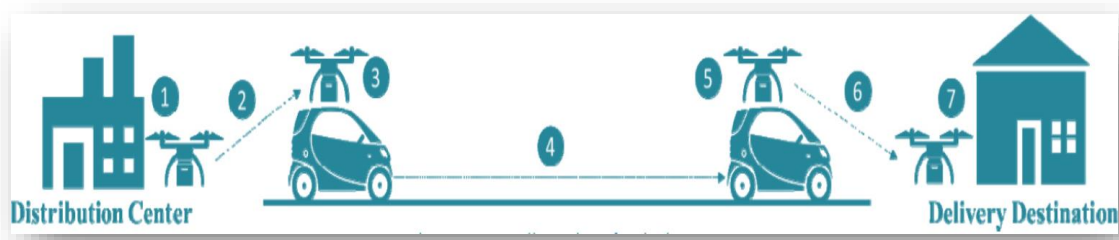
Με την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στα drones, η μεταφορά logistics μπορεί να επωφεληθεί από αυξημένη ταχύτητα, μειωμένο κόστος, αυξημένη ασφάλεια και βελτιωμένη ακρίβεια παράδοσης. Αυτά τα drones που λειτουργούν με AI έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στον κλάδο της εφοδιαστικής, επιτρέποντας ταχύτερη και πιο αποτελεσματική παράδοση αγαθών.

5.4.6 Μοντέλο Drone-Delivery using Autonomous Mobility (DDAM)

Τον τελευταίο καιρό είναι έντονη η συζήτηση για το μέλλον των μεταφορών και σχετικά με καινοτόμες εφαρμογές όπως αυτή των αυτόνομων drones με AI, για τη διεξαγωγή ευέλικτων και πιο αποτελεσματικών παραδόσεων κατ' οίκον σε αστικές ή ακόμα και ημιαστικές περιοχές [69]. Ένα τέτοιο πιλοτικό πρόγραμμα εφάρμοσαν μεγάλες εταιρείες του λιανικού εμπορίου όπως η Amazon και η 7-Eleven. Οι λιανέμποροι στην προσπάθειά τους να γίνουν πιο ευέλικτοι υιοθετούν τέτοιου είδους καινοτομίες με πλεονεκτήματα όπως η ταχύτερη προσέγγιση στα σημεία παραδόσεων σε σχέση με τα φορτηγά, το χαμηλότερο κόστος μεταφοράς ανά χιλιόμετρο, η αποφυγή συμφόρησης και όλα αυτά με τη δυνατότητα λειτουργίας τους χωρίς πιλότο [70]. Βέβαια υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί όπως η δυνατότητα εκτέλεσης μεγάλων αποστάσεων, το βάρος και το μέγεθος των δεμάτων, αλλά και το νομικό πλαίσιο το οποίο δεν είναι ξεκαθαρισμένο και δεν επαρκεί προκειμένου να καλύψει τέτοιου είδους χρήση των drones [71]. Επίσης, υπάρχει μια έντονη ανησυχία για την εφαρμογή παραδόσεων με drone λόγω ασφάλειας και προστασίας των ευρωπαϊκών πόλεων [72].

Διάφορες έρευνες τελευταία, παρουσιάζουν υβριδικά μοντέλα μη επανδρωμένων αεροσκαφών να συνδυάζονται με άλλους τρόπους παράδοσης. Ένας εξ αυτών ο οποίος συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των drones με εκείνα των φορτηγών, τα οποία εργάζονται ταυτόχρονα για να παράξουν αποτελεσματικότερο έργο μεταφοράς, είναι αυτή η καινοτόμα ιδέα που καλείται Drone-Delivery using Autonomous Mobility (DDAM) [73]. Στο παρακάτω σχήμα έχουμε την απεικόνιση βήμα προς βήμα αυτής της διαδικασίας:

1. Παραλαμβάνεται το αντίστοιχο μεταφερόμενο προϊόν, από το drone, από το αντίστοιχο κέντρο διανομής.
2. Το drone εκτελεί πτήση ως το αυτόνομο όχημα και το drone συνδέεται στην οροφή του.
3. Εν συνεχεία, το αυτοκινούμενο όχημα οδηγεί και όταν είναι σε κοντινή απόσταση, το drone αποσυνδέεται και εκτελεί πτήση προς τον προορισμό παράδοσης.
4. Τελικό στάδιο ο απεγκλωβισμός και η παράδοση του πακέτου [73].



Εικόνα 15. Απεικόνιση του DDAM.

Πηγή άντλησης: Yoo και Chankon (2018)

Κατ' αυτόν τον τρόπο προγραμματίζεται και η παραλαβή των επιστροφών, μια βέβαια πιο περιπλοκή διαδικασία καθώς τα επιστρεφόμενα αγαθά θα πρέπει να φέρουν την αντίστοιχη σήμανση ώστε να αξιολογήσει το drone την κατεύθυνση σε συγκεκριμένο σημείο διαλογής ή πίσω στο κατάστημα. Τα δέματα αυτά αναφέρονται ως αυτοκινούμενα [74]. Τα drones μπορούν να χαρακτηριστούν από το σχεδιασμό τους ως γρήγορα κινούμενα οχήματα με βάση τον δρόμο (ως αυτόνομα οχήματα παράδοσης, ADV) αλλά και σαν λιγότερο ταχύτερα κινούμενα οχήματα σύμφωνα με το πεζοδρόμιο.

Σε αρκετά έργα δοκιμάζεται η έννοια των μικρών, επίγειων μη επανδρωμένων αεροσκαφών με δυνατότητες όπως η συνεκμετάλλευση στις δημόσιες μεταφορές ως το βασικό πλεονέκτημα των επίγειων drones, αλλά από την άλλη μεριά οι λύσεις για την αυτόματη επιβίβαση-εκφόρτωση μειονεκτούν. Τέλος, η γενική ασφάλεια και η προστασία των μεταφερόμενων εξακολουθεί να είναι ένα ζήτημα.

5.4.7 Σενάριο επιστροφών λιανικής με Drone

Τα τελευταία χρόνια σύμφωνα με έρευνα της Διεθνούς Ένωσης Ταχυδρομείων, οι Έλληνες καταναλωτές, και όχι μόνο, αύξησαν τις ηλεκτρονικές τους αγορές κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 σε 50%, ενώ το 23% δήλωσαν ότι τις αύξησαν σημαντικά σε σχέση με προγενέστερα [75]. Βέβαια αυτές οι αγορές ορισμένες φορές είναι επίφοβες καθώς δεν μπορείς να διασφαλίσεις ότι το προϊόν θα είναι αυτό που πραγματικά θέλεις ή θα έχει διαφορετικό χρώμα από αυτό που έχει παραγγείλει ή

διαφορετικό μοντέλο. Το ερώτημα που τίθεται είναι, «ποιο το σχέδιο αντίδρασης;» Και εδώ έρχεται η Amazon να δώσει απαντήσεις καθώς έχει προχωρήσει αρκετά στην αυτονόητη ενέργεια των επιστροφών με τη χρήση των τεχνολογικά έξυπνων drones. Ο πελάτης σε αυτή την περίπτωση έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή Amazon στο smartphone του για να αποστείλει την εντολή επιστροφής προϊόντος. Σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, η εφαρμογή θα ανταποκρινόταν στο αίτημα και θα έδινε εντολή στον πελάτη να τοποθετήσει το λανθασμένο προϊόν πίσω στο ίδιο κουτί με το οποίο είχε παραδοθεί με το αρχικό drone και να το τοποθετήσει σε μια υποδεικνυόμενη θέση στον χώρο. Σε περίπτωση που ένα drone βρισκόταν ήδη στην περιοχή και εκτελούσε παραδόσεις, θα του προωθούσε ειδοποίηση για να παραλάβει την παραγγελία επιστροφής προϊόντος κατά την επιστροφή του στους συγκεκριμένους αποθηκευτικούς χώρους της Amazon. Σε περίπτωση βέβαια που δεν υπήρχε drone σε μια καθορισμένη ακτίνα, θα αποστέλλονταν ένα νέο για να παραλάβει το πακέτο και να το επιστρέψει στην Amazon. Μόλις το πακέτο με το προϊόν έφτανε στην αποθήκη θα υποβάλλονταν σε έλεγχο και άμεσα ο πελάτης θα λάμβανε ειδοποίηση παραλαβής και κατ' επέκταση επιστροφή χρημάτων [76]. Όλη αυτή η διαδικασία είναι σίγουρα ένα σημαντικό επίτευγμα να παραλαμβάνεται ένα προϊόν τόσο γρήγορα και να μπορεί να επιστραφεί τόσο άμεσα. Μέσα από όλα αυτά δημιουργούνται νέα ερωτήματα αλλά και ζητήματα κατά πόσο οι καταναλωτές μπορούν να ανταποκριθούν στη διεξαγωγή αυτού του είδους της πολιτικής και της διαδικασίας επιστροφής. Ποια η διαδικασία αντιμετώπισης των καιρικών φαινομένων; Τέλος, αν το σύστημα πλοήγησης του δορυφόρου ή άλλες υπηρεσίες δεν λειτουργούν σωστά, τι γίνεται σε αυτή την περίπτωση;

5.4.8 Σενάριο διαχείρισης βλαβών αυτοκινούμενων οχημάτων με συμμετοχή drone

Πολλές φορές μας τυχαίνει μια βλάβη κατά την οδήγηση, επί παραδείγματι σκασμένο ελαστικό, πρόβλημα στην μπαταρία ή ελλείψει καυσίμου, και η οδική βοήθεια καθυστερεί ή δεν έχει πρόσβαση στο μέρος που είμαστε. Τι γίνεται αν ένας πελάτης σταματήσει στην άκρη του δρόμου λόγω των γεγονότων αυτών; Για αυτό

υπάρχει η δυνατότητα χρήσης της εφαρμογής AAA Roadside Assistance¹⁵ στο smartphone του για να επισημάνει το είδος του προβλήματος [77]. Ακολούθως, drone θα ενημερωθεί για να αποσταλεί από ένα κέντρο επισκευής, με τη βοήθεια χρήσης της υπηρεσίας εντοπισμού θέσης του τηλεφώνου του πελάτη για να καθορίσει τον τόπο προορισμού. Λαμβάνοντας το αίτημα, το drone θα φέρει μαζί του τα απαραίτητα εργαλεία σύμφωνα με τη βλάβη που έχει δηλωθεί και με τη βοήθεια ενός ηχείου που είναι προσαρτημένο στο αεροσκάφος θα μεταδώσει οδηγίες βήμα προς βήμα στον πελάτη για να ολοκληρώσει την επισκευή από μόνος του. Ανάλογα με φύση του προβλήματος, (ένα νέο ελαστικό, μια μπαταρία, μια ποσότητα καυσίμου ή γενικά άλλου είδους υγρά) μπορούν να προσαρτηθούν στο αντίστοιχο drone [76]. Η Οδική Βοήθεια της AAA έχει τη δυνατότητα να μειώσει τον χρόνο εξυπηρέτησης στο μισό και οι πελάτες θα μπορούσαν να επιστρέψουν στον δρόμο άμεσα. Επιπλέον, η αυτονομία αυτού του είδους επιφέρει ελαφρύνσεις σε ό,τι αφορά στις ασφαλιστικές εισφορές, το συνταξιοδοτικό και άλλα παρόμοια έξοδα, σε σχέση με την εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα. Έπειτα από όλα αυτά βέβαια γεννιούνται και νέα ερωτήματα. Στην περίπτωση αυτή παραμένει το ίδιο ερώτημα του τι γίνεται αν παραδοθεί λάθος προϊόν ή αν ο καταναλωτής δώσει λανθασμένη διεύθυνση. Επίσης, τι μέλλει γενέσθαι αν το drone παρουσιάσει βλάβη και ο πελάτης συνεχίσει να παραμένει αβοήθητος.

5.4.9 Σενάρια χαρτογράφησης χώρων υγειονομικής ταφής-υδάτων και διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων σε σημεία συλλογής και ανακύκλωσης

Με τον υπερπληθυσμό στον πλανήτη μας αυξάνονται και τα στερεά απόβλητα. Σαν αποτέλεσμα κάθε έτος παράγονται από τον κόσμο κατά μέσο όρο $\approx 2,01$ δισεκατομμύρια τόνοι αστικών στερεών αποβλήτων και προβλέπεται να αυξηθεί έως και 70% φτάνοντας τα 3,4 δισεκατομμύρια τόνους έως και το 2050 [66]. Η εφαρμογή πτήσεων με drones σε χώρους υγειονομικής ταφής βοηθά στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων μόλυνσης από επιβλαβή απόβλητα, συντρίμια και τοξικά υλικά. Οι χώροι αυτού του είδους είναι τεχνητοί λάκκοι, οι οποίοι γεμίζονται από στερεά απόβλητα, συμπιέζονται και καλύπτονται για τελική διάθεση, οι οποίοι είναι ειδικά σχεδιασμένοι για να συντελείται όσο το δυνατόν περισσότερο αναερόβια βιοαποδόμηση¹⁶ του

¹⁵ <https://roadside.aaa.com/>

¹⁶ <https://apothesis.lib.teicrete.gr/bitstream/handle/11713/949/Tselepidakis.pdf>

οργανικού κλάσματος¹⁷ των αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου¹⁸ παρακολουθώντας την κατάσταση οξυγόνου και την περιεκτικότητα σε υγρασία. Η κακή διαχείριση των αποβλήτων είναι σε θέση να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας σε μεγάλο ποσοστό ανθρώπινου πληθυσμού και να φτάσει έως και τη θανάτωσή τους λόγω της έκθεσης σε τοξικές ουσίες [66].

Μια έρευνα που μετρά λίγα χρόνια, της Ένωσης Στερεών Αποβλήτων της Βόρειας Αμερικής (SWANA)¹⁹, αποδεικνύει την απώλεια 53 εργαζόμενων τουλάχιστον, εν ώρα εργασίας το 2019 στις ανεπτυγμένες χώρες όπως ΗΠΑ και Καναδάς [66]. Σημαντικότερα βέβαια θα είναι τα προβλήματα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου τα μέτρα ασφαλείας θα είναι φτωχότερα. Τα κυριότερα ζητήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι οι εργαζόμενοι στα εργοτάξια είναι τα εξής [66]: 1^ο Έκθεση σε επιβλαβείς χημικές/βιολογικές ουσίες π.χ. α) αιχμηρά αντικείμενα όπως σπασμένα γυαλιά, καρφιά, μέταλλα, θραύσματα ξύλου, β) βιομηχανικά και οικιακά χημικά προϊόντα όπως λάδι κινητήρων, υδράργυρος, διαλύτες και μπαταρίες, γ) βιολογικοί κίνδυνοι όπως τρόφιμα σε σήψη, παθογόνα που προκαλούν ασθένειες και περιττώματα ζώων. 2^ο Αυτοκινούμενα οχήματα και ακατάλληλα scrap²⁰ π.χ. α) κίνδυνος ατυχημάτων εργαζομένων από βαριές μάζες υλικών που ζυγίζουν τόνους, β) θανατηφόροι τραυματισμοί στους εργαζόμενους). 3^ο Αναπνευστικές και αερομεταφερόμενες ασθένειες (έκθεση σε σκόνη και αναθυμιάσεις που προκαλούνται προβλήματα υγείας, όπως άσθμα και Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)²¹.

Με την χρήση drones στις χωματερές έχουν δοθεί λύσεις σε αρκετά προβλήματα στα άτομα που εργάζονται σε τέτοιους χώρους. Επίσης, με τα drones υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής 3D μοντέλων υγειονομικής ταφής υψηλής ανάλυσης, τα οποία ενισχύουν την παρακολούθηση του τρόπου με τον οποίο ένας χώρος υγειονομικής ταφής μεταλλάσσεται με την πάροδο του χρόνου, εξοικονομώντας έτσι όχι μόνο την ομάδα διαχείρισης των αποβλήτων για την αποφυγή δυνητικά επικίνδυνων και δαπανηρών ζητημάτων, αλλά και τα πάγια έξοδα της [78].

¹⁷ http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher8_4.html

¹⁸ <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%BF>

¹⁹ <https://swana.org/about>

²⁰ <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%80>

²¹ Χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια - Βικιπαίδεια (wikipedia.org)

Νέες δυνατότητες έχουν ανοίξει από τη χρήση των drones στη βιομηχανία διαχείρισης απορριμμάτων και έχουν αποδειχθεί ότι είναι οι πιο οικονομικές, πρακτικές, αποτελεσματικές και ακριβείς συσκευές. Επιπρόσθετα, δίνει τη δυνατότητα στους εργαζόμενους να επιτηρούν τα σημεία συλλογής από το έδαφος και από ασφαλή απόσταση. Ακόμα παρέχουν σημεία σύλληψης σε όλη την περιοχή και βοηθούν στον υπολογισμό της χωρητικότητας των χωματερών. Εν τέλει οι ιδιοκτήτες χωματερών μπορούν να συμπεράνουν ότι η μονάδα γεμίζει με απόβλητα χωρίς να μολύνει το περιβάλλον, ολοκληρωμένα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τη χωματερή βοηθούν στη δημιουργία υψηλής ακρίβειας μοντέλων 3D για τη δημιουργία πιο ρεαλιστικών απεικονίσεων.

5.4.10 Χρήση drone για τη συλλογή σκουπιδιών από χώρους υγειονομικής ταφής

Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη ενότητα για τη διαχείριση των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων χρησιμοποιούνται εξελιγμένα drones που βασίζονται στην τεχνολογία της AI. Η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να ενσωματωθεί στα drones για να βελτιώσει τη δυνατότητά τους να συλλέγουν πλαστικά από χωματερές και να τα επιστρέφουν για ανακύκλωση. Έτσι στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η χρησιμότητα των drones για τη συλλογή απορριμμάτων αντί της εκμετάλλευσης του ανθρώπινου παράγοντα, για τους λόγους μη έκθεσής τους σε τοξικούς χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων που δημιουργούν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία τους. Παρακάτω παρουσιάζεται μια ενδεικτική περιγραφή του πώς αυτή η διαδικασία μπορεί να λειτουργήσει [66]:

Αναγνώριση των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων: Το drone είναι εξοπλισμένο με κάμερες υψηλής ανάλυσης και αισθητήρες που μπορούν να ανιχνεύσουν τις χωματερές σε μια περιοχή. Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους AI για την αναγνώριση των χαρακτηριστικών των χωματερών, και σαρώνοντας τη χαρτογράφηση του εδάφους, με αυτόν τον τρόπο, το drone μπορεί να εντοπίσει την τοποθεσία τους.

1. Ανάλυση της πληροφορίας του περιεχομένου: Με τη χρήση της AI, το drone μπορεί να αναλύσει την περιεχόμενη πληροφορία των χωματερών. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω επεξεργασίας εικόνας και μοτίβων αναγνώρισης που επιτρέπουν τον εντοπισμό των πλαστικών αντικειμένων [78].

2. Συλλογή των πλαστικών: Με τη βοήθεια μηχανισμών που είναι εφοδιασμένο το drone, όπως μηχανικά χέρια ή προηγμένος αρθρωτός εξοπλισμός, το drone μπορεί να προσεγγίσει τη χωματερή και να συλλέξει τα πλαστικά αντικείμενα. Με την χρήση της AI, το drone μπορεί να επιλέξει τα πλαστικά αντικείμενα με βάση το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα τους.
3. Αυτόνομη πλοήγηση: Το σύστημα του drone χρησιμοποιεί λογισμικό πλοήγησης που βασίζεται σε αλγόριθμους AI για την αυτόνομη κίνηση. Αυτό του επιτρέπει να πλοηγείται ασφαλώς στον χώρο των χωματερών και να επιστρέφει σε προκαθορισμένους χώρους για ανακύκλωση.
4. Επιστροφή στους χώρους ανακύκλωσης: Αφού συλλέξει τα πλαστικά, το drone θα πλοηγηθεί αυτόνομα προς τους χώρους ανακύκλωσης. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία AI, το drone μπορεί να εντοπίσει τις κατάλληλες περιοχές αποθήκευσης ή επεξεργασίας των πλαστικών.
5. Απόθεση των πλαστικών απορριμμάτων: Όταν το drone φτάσει στον χώρο ανακύκλωσης, μπορεί να αποθέσει αυτόνομα τα συλλεγμένα πλαστικά σε κατάλληλα κοντέινερ, δοχεία ή ειδικές συσκευασίες για ανακύκλωση.

Οι παραπάνω διαδικασίες είναι μια γενική περιγραφή του πώς ένα drone με τεχνολογία AI μπορεί να συλλέξει πλαστικά από χωματερές και να τα επιστρέψει σε χώρους ανακύκλωσης. Σημειώνεται ότι η τεχνολογία αυτή εξακολουθεί να εξελίσσεται και οι συγκεκριμένες λεπτομέρειες και υλοποιήσεις μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τις τεχνολογικές και καινοτομικές εξελίξεις του κλάδου των drones και της τεχνητής νοημοσύνης.

5.4.11 Χρήση drone για τον καθαρισμό υδάτων

Εκατομύρια τόνοι αποβλήτων και κυρίως πλαστικών εισέρχονται κάθε χρόνο στον θαλάσσιο ορίζοντα. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι μόλις το 1% των απορριμμάτων καταλήγει στην επιφάνεια της θάλασσας και το υπόλοιπο 99% στον πυθμένα της, γεγονός βλαβερό για την μόλυνση του πλανήτη αλλά και κυρίως για το θαλάσσιο οικοσύστημα [66]. Τα drones προσφέρουν αρκετές δυνατότητες από την ανίχνευση έως τον καθαρισμό μολυσμένων υδάτινων οδών. Τα πλαστικά απορρίμματα καταναλώνονται από την άγρια ζωή στους ωκεανούς με αποτέλεσμα να διασπώνται με την πάροδο του χρόνου σε μικροπλαστικά που με τη σειρά τους καταναλώνονται από

το πλαγκτόν και στη συνέχεια από μεγαλύτερους οργανισμούς που κινούνται προς τα πάνω στην τροφική αλυσίδα έως και τον άνθρωπο.

Έτσι μια καινοτόμος πρωτοβουλία βασισμένη στη χαρτογράφηση των πλαστικών αποβλήτων στους ωκεανούς το λεγόμενο Plastic Tide Project²², κάνοντας χρήση drone διεξήγαγε πτήσεις πάνω από γνωστά hot spots σκουπιδιών και παραλίες που πλήττονταν. Εν συντομία περιγράφεται το μοντέλο που ακολούθησε το project [79]:

Αρχικά δεν υπήρχε ο περιορισμός στο να διδάξει ένα πρόγραμμα του υπολογιστή για να αναγνωρίζει μια λίστα αντικειμένων, αλλά ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο τροφοδοτείται με μεγάλο αριθμό εικόνων, που καθεμία ξεχωριστά με ετικέτες υποδεικνύουν τη θέση ενός αντικειμένου και τον τύπο του αντικειμένου. Με επανάληψη, ο αλγόριθμος προσπαθεί να αναγνωρίσει τι απεικονίζεται σε κάθε φωτογραφία και το συγκρίνει με τις ετικέτες της.

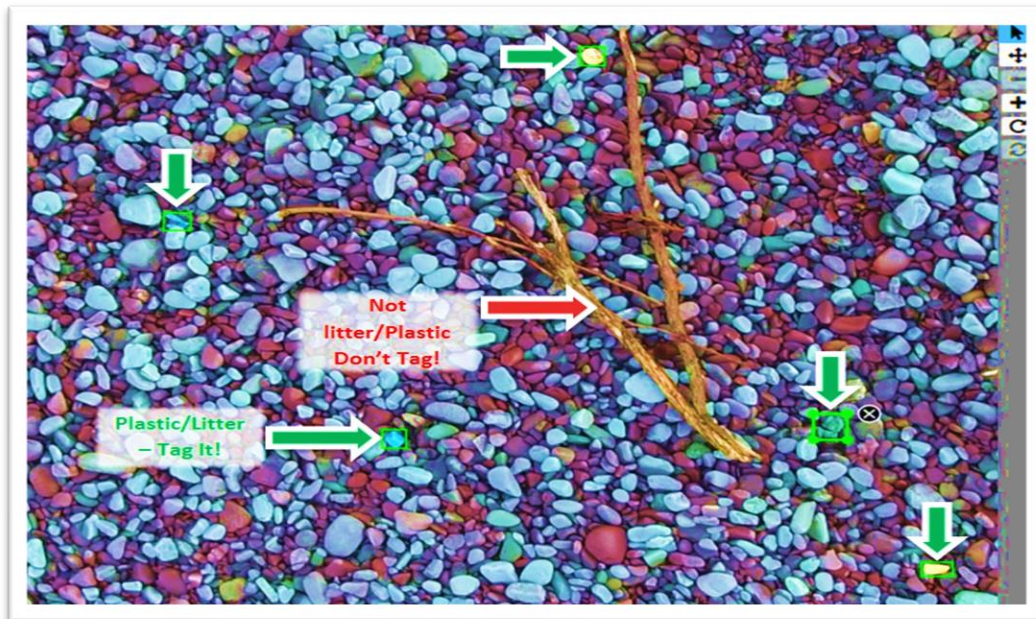
Έπειτα, υπολογίζει πόσο κοντά ήταν η εικασία του για τα περιεχόμενα της εικόνας σε σύγκριση με το πραγματικό περιεχόμενο και έτσι αναπροσαρμόζει τις παραμέτρους του σε μια προσπάθεια να βελτιώσει τις εκτιμήσεις του. Αυτό επαναλαμβάνεται αρκετές φορές, με συνεχή βελτίωση του αλγορίθμου, δηλαδή η εκμάθησή του να αναγνωρίζει τα σωστά αντικείμενα και να γίνει ένας ικανός ανιχνευτής εικόνας (παραδείγματα αλγορίθμων, ικανότητα των αυτόνομων οχημάτων να εντοπίζουν πεζούς και οδικές πινακίδες ή προγράμματα υπολογιστών που με βάση την έκφραση του προσώπου του κατανοούν τα συναισθήματα ενός ατόμου). Με τον ίδιο τρόπο αυτός ο αλγόριθμος θα εκπαιδευτεί σε ένα μεγάλο όγκο επισημασμένων αεροφωτογραφιών, που λαμβάνονται από drones, που κάθε κομμάτι πλαστικού στην εικόνα επισημαίνεται, χρησιμοποιώντας το online λογισμικό σήμανσης Zooniverse²³.

Παρακάτω, παρατίθενται ορισμένα φωτογραφικά παραδείγματα από την ανάλυση και την οπτικοποίηση των ευρημάτων σε δεδομένα προς χρήση. Βασική αναζήτηση είναι οτιδήποτε ξεχωρίζει συχνά στις παραλίες και τα δεδομένα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπως για παράδειγμα 1) το χρώμα (τα πλαστικά είναι κατασκευασμένα από έντονα χρώματα και έτσι είναι ευδιάκριτα), 2) το μέγεθος/σχήμα

²² <https://www.scientificamerican.com/citizen-science/the-plastic-tide/>

²³ <https://www.zooniverse.org/>

(διαφέρουν από το φυσικό υλικό της παραλίας), 3) η υφή (επί παραδείγματι διαφορετική από τα λεία βότσαλα μιας παραλίας).



Εικόνα 16. Πλαστικά θραύσματα διάφορων μεγεθών με έντονα χρώματα

Πηγή άντλησης: <https://earth5r.org/role-of-drones-in-waste-management>



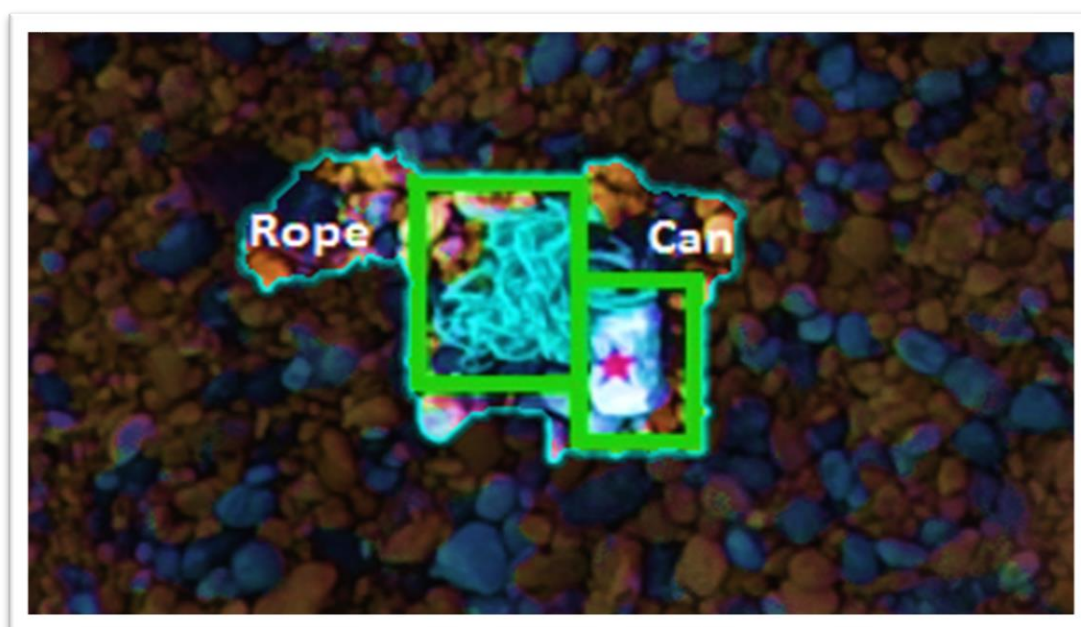
Εικόνα 17. Συνήθη θαλάσσια απορρίμματα που απαντώνται στις μεγάλες λίμνες.

Πηγή άντλησης: <https://response.restoration.noaa.gov/taxonomy/term/82/all>



Εικόνα 18. Δίχτυ/πετονιά, πολύχρωμο κουβάρι ευδιάκριτο στο φόντο του γαλού.

Πηγή άντλησης: <https://www.flickr.com/photos/crispyking/365222894/in/photostream/>



Εικόνα 19. Ευδιάκριτα απορρίμματα σχοινί και ένα μεταλλικό κουτί μύρας

Πηγή άντλησης: <https://www.zooniverse.org/projects/theplasticide/the-plastic-tide/about/faq>

Με αυτόν τον τρόπο ο αλγόριθμος θα είναι τελικά σε θέση να ανιχνεύει πλαστικά σε εικόνες, χωρίς επιπλέον ανθρώπινη βοήθεια. Αυτό σημαίνει ότι αρκετές δορυφορικές εικόνες, που έχουν ληφθεί από παραλίες, όντας υψηλής ανάλυσης μπορούν να τροφοδοτηθούν στον αλγόριθμο και έτσι είναι δυνατόν να προσδιοριστεί ο τύπος και η ποσότητα πλαστικού σε παραλίες σε όλο τον κόσμο. Έτσι, θα επιτραπεί στους επιστήμονες να ποσοτικοποιήσουν τον όγκο του πλαστικού στις παραλίες.

Ως συνέπεια αυτής της αυτοματοποίησης θα είναι η εύκολη αναχαίτιση και συλλογή πλωτών πλαστικών αποβλήτων πριν οδηγηθούν στον πυθμένα της θάλασσας. Σε επόμενο στάδιο η ανακύκλωση ή η μεταποίηση σε πετρέλαιο χρησιμοποιώντας τεχνολογία πυρόλυσης. Αυτό το επόμενο στάδιο υλοποίησης αυτού του έργου περιλαμβάνει 1^ο ανακύκλωση των πλαστικών απορριμμάτων, 2^ο αξιοποίηση των μεικτών πλαστικών αποβλήτων, των βιολογικών αποβλήτων και των κλασμάτων, δημιουργώντας πολύτιμα καύσιμα, χημικά, βιοενέργεια και βιολιπάσματα. Το αποτέλεσμα από όλη αυτήν τη διαδικασία δημιουργίας ενός βιώσιμου κυκλικού οικονομικού συστήματος περιλαμβάνει:

- i. Συλλογή των πλωτών αποβλήτων
- ii. Διαλογή των αποβλήτων
- iii. Τα ανακυκλώσιμα πλαστικά θα προωθούνται για ανακύκλωση
- iv. Τα χαμηλής αξίας ή μικτά πλαστικά απόβλητα που δεν θα ανακυκλώνονται θα μετατρέπονται σε λάδι με τη διαδικασία της πυρόλυσης.

5.4.12 Η χρήση των Drones στις μέρες μας σε διάφορες χώρες

Υπάρχουν αρκετές χώρες που χρησιμοποιούν την καινοτόμα τεχνολογία των αυτόνομων drones για δραστηριότητες στην RSC και τα logistics τα τελευταία χρόνια. Η επιθυμία εξεύρεσης οικονομικότερων λύσεων και φιλικότερων προς το περιβάλλον, για μεταφορές, είναι αναγκαία όλο και περισσότερο καθώς οι εταιρείες θέλουν να γίνονται αποδοτικότερες, να ακολουθούν την πολιτική βιωσιμότητας και φυσικά να δημιουργούν περισσότερα έσοδα. Ακολουθεί ένας πίνακας με ορισμένες χώρες που χρησιμοποιούν drones για τις δραστηριότητες εφοδιαστικής τους.

Χώρα	Τύπος λειτουργίας/ Είδη παράδοσης	Φορέας εκμετάλλευσης/επικεφαλής έργου
<i>Ελβετία</i>	2018 τρόφιμα, φάρμακα, πιλοτικό πρόγραμμα για on-demand παράδοση αγαθών e-commerce, υπηρεσίες μεταφορών	◇ Mercedes Zurich Matternet και siroop, ◇ Ελβετικό Ταχυδρομείο
<i>Ισλανδία</i>	2018 εμπορικές πτήσεις για παραδόσεις, (τρόφιμα, φάρμακα, είδη λιανικής πώλησης)	◇ Aha και Flytrex
<i>Αυστραλία</i>	2017 τρόφιμα, είδη προσωπικής και οικιακής φροντίδας	◇ Project Wing της Alphabet
<i>Φινλανδία</i>	2019 τρόφιμα, φάρμακα, είδη λιανικής πώλησης	◇ Πρόγραμμα SESAR GOF, ◇ Skyports και συνεργάτες
<i>Η.Π.Α</i>	2018 & 2019 φάρμακα, τρόφιμα, δέματα σε αγροτικές και αστικές περιοχές, αυτόνομο σύστημα παράδοσης πακέτων Drone της Workhorse Group Inc	◇ Πρόγραμμα FAA Integration Pilot Program (IPP)
◇ <i>Αφρική-Ρουάντα-</i> ◇ <i>Μαλάουι-</i> ◇ <i>Τανζανία</i>	2016 & 2018 Αίμα και είδη εμβολιασμού, φάρμακα	◇ Zipline, ◇ UNICEF, Virginia Tech, Πανεπιστήμιο του Μαλάουι, Unifly ◇ DHL

Χώρα	Τύπος λειτουργίας/ Είδη παράδοσης	Φορέας εκμετάλλευσης/επικεφαλής έργου
<i>Κίνα</i>	2015 παραδόσεις αγροτικών drones. 2018 Αποστολές και δέματα τροφίμων	◇ JD.com, ◇ SF Express, ◇ Ele.me
<i>Καναδάς</i>	2018 η Transport Canada εγκρίνει τη δοκιμή του drone παράδοσης φορτίου X1400, Φάρμακα, Τρόφιμα	◇ Drone Delivery Canada
<i>Ιαπωνία</i>	Αποστολές και δέματα	◇ Rakuten
<i>Ντουμπάι</i>	2017 δοκιμές ενός συστήματος παράδοσης καφέ	◇ Καφές Costa
<i>Γερμανία</i>	2019 δοκιμές παράδοσης πίτσας και βιομηχανικών εξαρτημάτων από drones Würzburg με έδρα την εταιρεία τεχνολογίας drone Emqopter.	◇ Emqopter
<i>Ηνωμένο Βασίλειο</i>	Παραδόσεις smartphones στα νησιά της Σκωτίας	◇ Vodafone

Πίνακας 3. Η χρήση των Drones ανά τον κόσμο

Πηγή άντλησης: <https://ennilogistics.com/drone-logistics/>, <https://www.unmannedairspace.info/latest-news-and-information/drone-delivery-operations-underway-in-26-countries/>

5.4.13 Συνέντευξη

Στο πλαίσιο της συνέντευξης παρατέθηκαν ερωτήματα στο συνεντευξιαζόμενο Γεώργιο Μακρόπουλο Μηχανικό Τηλεπικοινωνιών PhD, μέλος της επιστημονικής ομάδας (FRONT), του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Ε.Φ.Ε.) Δημόκριτος, σε σχέση με την ανάλυση των περιπτώσεων των προηγούμενων υποενοτήτων, και πιο συγκεκριμένα κατά πόσο η τεχνολογία των Drones παράλληλα με τις τηλεπικοινωνίες 5^{ης} γενιάς και τον ταυτόχρονο συνδυασμό με την AI, μπορούν να συμβάλλουν ώστε να έχουμε μια πιο αποδοτική κατά μήκος εφοδιαστική αλυσίδα προς τα εμπρός αλλά και αντίστροφα προς τα πίσω.

Για ποιο λόγο τα drones έχουν εισέλθει τόσο δυναμικά στο προσκήνιο και παρουσιάζουν ευρεία αποδοχή;

Η ευρεία αποδοχή των drones έγκειται στο γεγονός ότι παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως 1^{ον} η ευκολία χρήσης τους, 2^{ον} το χαμηλό κόστος απόκτησης και συντήρησής τους καθώς και 3^{ον} η υψηλή κινητικότητα (mobility) δηλαδή η κίνηση σε σχέση με την αλλαγή θέσης και ταχύτητας. Αξιοποιώντας αυτά τα χαρακτηριστικά, οι εφαρμογές των drones στις ημέρες μας καλύπτουν πλέον μια ευρεία γκάμα τομέων όπως η επιθεώρηση υποδομών, η διαχείριση φυσικών καταστροφών, οι επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, η προστασία του περιβάλλοντος, η γεωργία ακριβείας και η διακίνηση προς τα εμπρός, αλλά και προς τα πίσω στην εφοδιαστική αλυσίδα, αγαθών που είναι και το θέμα που πραγματεύεται η διατριβή αυτή. Η ευρεία χρήση αποτυπώνεται και στην τρέχουσα τάση της αγοράς η οποία παρουσιάζει ήδη μια μεγάλη δυναμική που αυξάνεται ραγδαία. Υπάρχουν πολλές μελέτες που αναλύουν το μέγεθος της αγοράς που σχετίζεται με υπηρεσίες στον τομέα των drones και δείχνουν την τάση για αύξηση στα 63,6 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2026.

Ωστόσο προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες που αυτά μπορούν να παρέχουν, είναι ταυτόχρονα υποχρεωτική η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών αιχμής, έτσι ώστε να επιλυθούν κάποιοι παράγοντες που περιορίζουν ακόμα την καθολική εφαρμογή τους.

Ποιοι είναι αυτοί οι περιοριστικοί παράγοντες;

Πολύ επιγραμματικά χωρίς να εμβαθύνουμε σε τεχνικές λεπτομέρειες, με τα σημερινά δεδομένα, τα drones χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους για την επικοινωνία με τον χειριστή στο έδαφος. Οι τρεις βασικές είναι α) η ραδιοσυχνότητα η οποία λειτουργεί μόνο με έναν τρόπο – από το έδαφος στο όχημα στον αέρα και χρησιμοποιείται για την αποστολή ραδιοφωνικών σημάτων από έναν πομπό σε έναν δέκτη για τον έλεγχο του drone, β) η Τηλεμετρία, όπου σε αντίθεση με την πρώτη περίπτωση είναι μια αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ drone και πιλότου, για παράδειγμα ο πιλότος μπορεί να λαμβάνει ενημερώσεις για την κατάσταση του drone με δεδομένα σχετικά με την ταχύτητα, το υψόμετρο την θέση κλπ, και τέλος έχουμε γ) την μετάδοση βίντεο σε πραγματικό χρόνο, που γίνεται ως αναλογική μετάδοση από το drone στο έδαφος. Αυτό το σήμα, όταν λαμβάνεται στο έδαφος, μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακό και να χρησιμοποιηθεί για να κατευθύνει το drone. Σε αυτές όμως τις περιπτώσεις υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί όπως:

- Οι υψηλές παρεμβολές που προκαλούνται από την πολύ εκτεταμένη χρήση ζωνών συχνοτήτων - ISM (Industrial, Scientific, and Medical).
- Θέματα ασφάλειας στην χρήση των ραδιοσυχνοτήτων
- Εμβέλεια του πομπού (Beyond Visual Line of Sight-BVLOS), κάτι πολύ σημαντικό για την περίπτωση που μας ενδιαφέρει και που κουβεντιάζουμε και σχετίζεται και με την αξιοπιστία της σύνδεσης
- Ανακλάσεις και εμπόδια που δυσκολεύουν την επικοινωνία πομπού δέκτη.

Συνεπώς για να υπάρξει καθολική εφαρμογή των drones θα πρέπει αυτοί οι περιοριστικοί παράγοντες να εξαλειφθούν ή να βελτιωθούν.

Πώς οι νέες τεχνολογίες συνεισφέρουν και αναβαθμίζουν την χρήση των drones;

Η ανάπτυξη των κυψελωτών δικτύων 4^{ης} Γενιάς τα προηγούμενα χρόνια και 5^{ης} Γενιάς στις ημέρες μας, εισήγαγε υψηλότερες ταχύτητες στη μετάδοση των δεδομένων (Gbps), εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση στις λειτουργίες του δικτύου (URLLC),

προηγμένη αξιοπιστία, αυξημένη χωρητικότητα, καθώς και μεγαλύτερο εύρος ζώνης (eMBB). Συνεπώς, τα ιδιαίτερα και καινοτόμα χαρακτηριστικά των δικτύων 5ης Γενιάς, προσφέρουν ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, αναβαθμίζοντας τους διάφορους τεχνολογικούς τομείς και ως εκ τούτου δημιουργούν ευκαιρίες για νέα επιχειρηματικά μοντέλα στις «κάθετες» βιομηχανίες εν γένει καθώς και στον τομέα των drones πιο συγκεκριμένα.

Επιπλέον η χρήση AI σε συνδυασμό με τα προαναφερθέντα δίκτυα 5G είναι ένα μίγμα που θα φέρει μια τεράστια δυναμική στις λειτουργίες των drones καθώς θα μπορούν να είναι πλέον έξυπνοι κόμβοι, έχοντας ενσωματωμένα εξαρτήματα για να εκτελούν λειτουργίες AI αναλόγως τις πληροφορίες που θα λαμβάνουν, αλλά και αντίστροφα, δηλ. οι λειτουργίες AI θα εκτελούνται από το ίδιο το δίκτυο και θα μεταβιβάζονται κατευθείαν στο drone. Αυτή την στιγμή ήδη τρέχουν ερευνητικά προγράμματα που μελετούν την επόμενη γενιά δικτύων 6G και η τεχνολογία AI αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της «νοημοσύνης» του δικτύου.

Τα δίκτυα 6G που αναμένονται να μπουν στην αγορά το 2030 (προσεγγιστικά κάθε 10 χρόνια προχωράμε σε μια επόμενη γενιά κυψελωτών δικτύων) θα βασίζονται πλήρως στην τεχνητή νοημοσύνη. Τα δίκτυα 6G θα είναι απίστευτα πολύπλοκα αλλά και εύελικτα, παράγοντες όμως που θα αυξήσουν το κόστος και την προσπάθεια διαχείρισής τους. Από την άλλη πλευρά, οι φορείς κινητής τηλεφωνίας απαιτούν αυτά τα δίκτυα να είναι έξυπνα, να μπορούν να οργανώνονται από μόνα τους με αυτοματοποιημένες διαδικασίες αλλά και οικονομικώς αποδοτικά για να μειώσουν τα λειτουργικά έξοδα (OPEX).

Συνεπώς ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική των δικτύων αυτών θα έχει ενσωματωμένη τεχνητή νοημοσύνη σε όλα τα επίπεδα προκειμένου να επιτευχθεί η έξυπνη διαχείριση πόρων, η αυτόματη προσαρμογή δικτύου, η έξυπνη παροχή υπηρεσιών και η βελτιστοποίηση απόδοσης του δικτύου και να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ καινοτομίας και κόστους.

Σε ό,τι αφορά στο πρακτικό κομμάτι υπάρχουν προβλήματα κατά την κίνηση σε κατοικημένες περιοχές; Και δεύτερον υπάρχουν περιορισμοί στα σχέδια πτήσης;

Λαμβάνοντας υπόψιν αυτά που αναφέραμε πριν για την δυναμική που αρχίζουν να αποκτούν τα drones και προκειμένου να αποφευχθεί η ανεξέλεγκτη χρήση τους, εντοπίστηκε η ανάγκη θέσπισης ενός κανονιστικού πλαισίου και διάφορες ρυθμιστικές πρωτοβουλίες γύρω από το οικοσύστημα των drones. [80] Έτσι δημιουργήθηκε το U-space²⁴ το οποίο είναι μια πλατφόρμα που διαχειρίζεται ένα σύνολο υπηρεσιών και βοηθάει τους χειριστές drone να συμμορφωθούν με τους νέους κανόνες που έχουν οριστεί στον τομέα αυτό, δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα στα κράτη μέλη της Ε.Ε. να διαχειρίζονται τον αυξανόμενο όγκο των drones στον εναέριο χώρο τους. Μέσα από τις υπηρεσίες U-space προκύπτει και η επεξεργασία των αδειών πτήσης και παρέχεται η δυνατότητα στους χειριστές να έχουν πρόσβαση στα εργαλεία και τις πληροφορίες που χρειάζονται για να σχεδιάσουν ασφαλείς πτήσεις, να αποτρέψουν συγκρούσεις με άλλα αεροσκάφη, να δημιουργήσουν τα σχέδια πτήσης και να παραμείνουν συμμορφωμένοι με τους περιβαλλοντικούς νόμους αλλά και την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των δεδομένων που ορίζει κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε.. Έτσι, και εδώ ο συγκερασμός αυτής της πλατφόρμας με τα δίκτυα 5ης Γενιάς παρέχει επίσης μια ολοκληρωμένη υπηρεσία για τη συγκέντρωση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να αξιοποιηθούν κατάλληλα από τους αρμόδιους φορείς. Άρα βλέπουμε πως με σταθερά βήματα δημιουργούνται και οι νομικές/θεσμικές πέρα από τις τεχνολογικές προϋποθέσεις για να μπορέσουν τα drones να υιοθετηθούν και να αξιοποιηθούν πλήρως στην διακίνηση προϊόντων κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά και της αντίστροφης αλυσίδας ταυτόχρονα.

Υπάρχουν προβλήματα στη δρομολόγηση και πώς μπορούν να ξεπεραστούν και πώς βοηθούν οι παραπάνω τεχνολογίες;

Όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα τα βασικά προβλήματα κατά την χρήση των drone είναι δυο. Αρχικά η ύπαρξη νομοθετικού πλαισίου και όπως είδαμε το U-space

²⁴ <https://uspace.gr/el/arxiki/>

είναι μια κίνηση που τείνει να λύσει αυτό το πρόβλημα και δεύτερον ο περιοριστικός παράγοντας της εμβέλειας που είναι καθοριστικής σημασίας για την διακίνηση προϊόντων, καθώς είναι αγαθά που φέρουν αξία ή μπορεί να δημιουργηθεί αξία από αυτά, και πρέπει να μεταφέρονται με ασφάλεια σε όλα τα στάδια της κυκλικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Για τη δεύτερη περίπτωση η δρομολόγηση/πλοήγηση των drone χρησιμοποιώντας τα δίκτυα 5G μπορεί εύκολα να επιτευχθεί αξιοποιώντας τις πολλές καινοτομίες (π.χ. προγραμματισμός και αυτοματοποίηση των δικτυακών λειτουργιών) που εισάγουν τα δίκτυα αυτά.

Αξιοποιώντας αυτές τις τεχνολογίες και μέσα από τον προγραμματισμό του δικτύου θα μπορούν να αντιμετωπιστούν σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονται με τα drones όπως η συνδεσιμότητα καθώς και οι παράμετροι που σχετίζονται με την μπαταρία και ως εκ τούτου με την διάρκεια της πτήσης και την συνολική δρομολόγηση. Φανταστείτε ότι, όπως κινούμαστε με το κινητό μας και έχουμε ανά πάσα στιγμή σήμα, το ίδιο αντίστοιχα συμβαίνει και στην περίπτωση των drones αξιοποιώντας τους σταθμούς βάσης των εκάστοτε παρόχων που βρίσκονται εγκατεστημένοι γύρω μας. Έτσι αυξάνουμε την εμβέλεια κατά πολύ και η μεταφορά των προϊόντων μπορεί να γίνει επιτυχώς.

Ποια είναι η αυτονομία (σε διάρκεια πτήσης) σε σχέση με την τεχνολογία που φέρει ένα drone;

Η ακριβής αυτονομία της μπαταρίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος του drone καθώς έχουν οριστεί διαφορετικές κατηγορίες, το βάρος του, οι ενσωματωμένοι αισθητήρες και κυρίως οι λειτουργίες που εκτελεί κατά τη διάρκεια της πτήσης. Τα drones με μικρότερο μέγεθος και ελαφρύτερο βάρος, συνήθως έχουν μικρότερη αυτονομία μπαταρίας, καθώς οι μικρές μπαταρίες τους διαθέτουν περιορισμένη ενέργεια. Η αυτονομία τους μπορεί να κυμαίνεται από λίγα λεπτά έως περίπου μία ώρα, ανάλογα με το μοντέλο και τις προδιαγραφές του. Σε αντίθεση, με drones μεγαλύτερου μεγέθους, που διαθέτουν πολλαπλούς κινητήρες, μπορούν να διατηρούν μεγαλύτερη αυτονομία μπαταρίας. Αυτά μπορούν να παραμείνουν στον αέρα για πολλές ώρες, ακόμα και για ολόκληρες ημέρες, ανάλογα με τον τύπο τους και ταυτόχρονα, την χωρητικότητα της μπαταρίας και τις απαιτήσεις της αποστολής. Είναι

όμως σημαντικό να αναφέρουμε ότι η αυτονομία της μπαταρίας μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, η φόρτιση της μπαταρίας και οι λειτουργίες που εκτελούνται κατά τη διάρκεια της πτήσης. Συνεπώς, η ακριβής αυτονομία μπαταρίας μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις συνθήκες και τις περιστάσεις της κάθε πτήσης και δεν υπάρχει μια σαφής απάντηση σε αυτό το ερώτημα.

Βέβαια και σε αυτή την κατεύθυνση υπάρχουν τεχνολογικά επιτεύγματα που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της αυτονομίας ενός drone, ή όπως είπαμε και πρωτύτερα μέσα από την αξιοποίηση των χαρακτηριστικών του δικτύου μπορούμε να επιτύχουμε βελτιωμένη απόδοση και αύξηση της αυτονομίας.

Μπορεί ένα drone να προβλέψει τον χρόνο εκτέλεσης της εκάστοτε μεταφοράς και παράδοσης στην κυκλική εφοδιαστική αλυσίδα;

Αρχικά να πούμε ότι η «παραδοσιακή» προσέγγιση ορίζει πως ένα drone ακολουθεί ένα προκαθορισμένο σχέδιο πτήσης π.χ. από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β. Στην παρούσα φάση έχουμε δύο επιλογές, ή θα εισάγουμε το σχέδιο πτήσης στο drone ολοκληρωμένο ή μπορούμε αξιοποιώντας το δίκτυο 5G να το εισάγουμε «τμηματικά» και έτσι το drone να πραγματοποιεί την πτήση και ταυτόχρονα στον αέρα να λαμβάνει την εντολή για το επόμενο βήμα (εδώ αξιοποιείται η υψηλή ταχύτητα του δικτύου 5G καθώς δεν υπάρχει καθυστέρηση στο πώς οι εντολές λαμβάνονται και εκτελούνται από το drone).

Συνεπώς έχοντας σχεδιάσει την πτήση υπάρχει η δυνατότητα να υπολογιστεί προσεγγιστικά ο χρόνος ολοκλήρωσής της. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις που για μια διαδρομή από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β, το προκαθορισμένο μονοπάτι που θα ακολουθήσει το drone να μην είναι ασφαλές, και όταν αναφερόμαστε σε κάτι μη ασφαλές εννοούμε πως η κάλυψη του δικτύου να μην είναι επαρκής και αυτό σημαίνει πως η πτήση θα είναι επισφαλής, και με χειρότερο σενάριο την πτώση του drone. Άρα εδώ προκύπτει η ανάγκη να έχουμε ίσως μια πρόβλεψη για την κατάσταση του δικτύου ανά πάσα στιγμή προκειμένου ακόμα και στον αέρα το drone να μπορεί να πάρει απόφαση για την εκτέλεση της πτήσης. Αυτό το στοιχείο (η πρόβλεψη της κατάστασης του δικτύου) είναι άλλο ένα καινοτόμο χαρακτηριστικό που μας παρέχει το 5G καθώς

πλέον αυτού του είδους η πληροφορία είναι διαθέσιμη και έτσι με αξιοποίηση της τεχνολογίας AI είτε από την πλευρά του drone είτε από την πλευρά του δικτύου, μπορεί εύκολα να γίνει πρόβλεψη της καλύτερης, πιο γρήγορης διαδρομής με βάση τις συνθήκες του δικτύου, που για την περίπτωση μεταφοράς (για παραλαβή-παράδοση) προϊόντων είναι ένας παράγοντας που αντιστοιχεί και στον δείκτη ικανοποίησης του εκάστοτε πελάτη.

Ποιο το χρονοδιάγραμμα πλήρους εφαρμογής των παραπάνω τεχνολογιών;

Αρχικά να πούμε πως η πλειονότητα των εφαρμογών 5G παγκοσμίως και κατά βάση σχεδόν όλες οι ευρωπαϊκές είναι υπό μια μετάβαση από Non Stand Alone -NSA (συνύπαρξη 4G και 5G) σε Stand Alone -SA (καθολική εφαρμογή 5G) και οι μηχανισμοί που μπορούν να παρέχουν την υποστήριξη που αφορά ειδικά στα drones εντός του 5G συστήματος είναι σε αυτό το στάδιο υπό ανάπτυξη επίσης.

Η ερευνητική κοινότητα εντούτοις, έχει πραγματοποιήσει ήδη δοκιμές, μελέτες για την αρχιτεκτονική και την υποστήριξη στο επίπεδο της εφαρμογής μέσα από την δυνατότητα που μας δίνουν τα ευρωπαϊκά ερευνητικά έργα, για παράδειγμα στο Front Lab στον Δημόκριτο στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού έργου 5G Drones²⁵, ασχοληθήκαμε εκτενώς με αυτά τα θέματα, πραγματοποιήσαμε πτήσεις και πειραματικές μετρήσεις με την χρήση 5G. Επιπλέον, δοκιμάστηκαν μια πληθώρα σεναρίων και σε ό,τι αφορά πιο συγκεκριμένα στο θέμα που μελετάται γύρω από την κυκλική εφοδιαστική αλυσίδα, τις μεταφορές και γενικά τα logistics κλπ, [81]

Ένα τελικό συμπέρασμα είναι πως λαμβάνοντας υπόψη τις εξελίξεις στις τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας και την ανάπτυξη της υποδομής 5G, ο πλήρης συγκερασμός των drones με κυψελωτά δίκτυα πέμπτης Γενιάς (5G) είναι αναμφίβολα μια πολλά υποσχόμενη λύση με πλεονεκτήματα και για τις δυο πλευρές. Η λειτουργία των δικτύων μπορεί να βελτιωθεί και να υποστηριχθεί με την χρήση των drones, και από την άλλη πλευρά υπάρχει η δυνατότητα να αναπτυχθούν καινούργιες εφαρμογές με ιδιαίτερα και πολύπλοκα χαρακτηριστικά, αξιοποιώντας τις καινοτομίες που εισάγουν τα δίκτυα 5G. Απλά θα πρέπει ίσως να περιμένουμε λίγο μέχρις ότου οι

²⁵ <https://5gdrones.eu/>

πάροχοι να κάνουν αυτό το βήμα της μετάβασης και πλήρους υιοθέτησης των 5G δικτύων. Προκειμένου να έχουμε μια πλήρη εικόνα για την κατάσταση και το χρονοδιάγραμμα πλήρους εφαρμογής μια πολύ καλή πηγή είναι το 5G Observatory το οποίο είναι μια πλατφόρμα που δημιουργήθηκε για την παρακολούθηση της ανάπτυξης και της υιοθέτησης των δικτύων 5G σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο.

Το 5G Observatory²⁶ παρέχει στατιστικά στοιχεία, έρευνες, εκθέσεις και άλλες πληροφορίες σχετικά με την ανάπτυξη και την εξέλιξη της τεχνολογίας 5G, την υιοθέτηση από τους φορείς κινητής τηλεφωνίας και την επίδρασή της στις επιχειρήσεις και την κοινωνία. Η πιο πρόσφατη έκθεση τον Απρίλιο 2023²⁷ δείχνει πως βρισκόμαστε σε πολύ καλό επίπεδο τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη των 27, και οι πάροχοι κάνουν σημαντικές προόδους στη βελτίωση της κάλυψης των δικτύων 5G σε πολλές περιοχές, ενώ επενδύουν σε αυτές σταδιακά και στην μετάβαση προς το αυτόνομο 5G (5G SA).

²⁶<https://5gobservatory.eu/>

²⁷<https://5gobservatory.eu/report-18-april-2023/>

6

Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο αρχικά συζητούνται και αναλύονται τα αποτελέσματα της μελέτης του θεωρητικού πλαισίου της βιβλιογραφίας, διάφορων σχετικών ερευνών και της συνέντευξης που παρατέθηκε πρωτύτερα. Έπειτα, συζητείται η μεθοδολογία που έχει εφαρμοστεί ώστε να εξαχθούν τα αποτελέσματα αυτά και να επισημανθούν οι πιθανές αδυναμίες και τα δυνατά σημεία. Τέλος, η μεταπτυχιακή διατριβή τοποθετείται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο και συζητείται κριτικά ο αντίκτυπος της εργασίας και η συσχέτιση με το κοινωνικό σύνολο.

6.1 Ποιοτικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής αξιολογούν τις ευκαιρίες εδραίωσης και εφαρμογής της AI στη διαδικασία RSC. Έτσι, περιγράφονται οι λειτουργίες και οι διάφορες εργασίες στο πλαίσιο μιας RSC και συζητείται πώς η AI δημιουργεί αξία σε αυτές, τι προβλήματα λύνει ή προλαμβάνει. Κατά την ανάλυση παρατηρείται ότι οι μηχανικές, αναλυτικές και διαισθητικές εφαρμογές AI παρέχουν στην RSC πραγματικά οφέλη σε όλες τις λειτουργίες του κύκλου της εφοδιαστικής είτε αυτή κινείται προς τα εμπρός είτε προς τα πίσω και αυτό φαίνεται από το εύρος της εφαρμογής της στη βιομηχανία.

Εξάγονται βασικά ευρήματα που αρχικά μας δείχνουν ότι η αναλυτική AI, είναι αυτή που μπορεί να λύσει προβλήματα για πολύπλοκες, αλλά συστηματικές εργασίες, ίσως και η πιο διαδεδομένη στην RSC κατά τη διάρκεια συλλογής και επεξεργασίας αγαθών. Παρά την πολυπλοκότητα αυτή, οι εργασίες σαφώς είναι καθορισμένες και

δομημένες, όπως επί παραδείγματι η αποσυναρμολόγηση ή η ανακατασκευή, προβλήματα κατά τη μεταφορά, τη δρομολόγηση και τον σχεδιασμό των εμπορευματοκιβωτίων, καθώς η αναλυτική AI είναι η πιο αρμόδια για την προσθήκη αξίας καθ' όλη τη διάρκεια αυτών των εργασιών.

Τώρα από τη μεριά της διαισθητικής AI, η χρήση της προσθέτει αξία στην RSC, αλλά αυτή επικεντρώνεται κυρίως στον σχεδιασμό δικτύων και λιγότερο στις δραστηριότητες επεξεργασίας. Σε μεγάλο βαθμό γίνεται προσαρμογή και μάθηση βασισμένη στην πρότερη εμπειρία καθιστώντας την ιδιαίτερα αποτελεσματική για την διεξαγωγή πολύπλοκων και μοναδικών εργασιών. Τα σημεία συλλογής είναι αρκετά, όπως οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας και οι μονάδες διάθεσης, πράγμα που απαιτεί ενδεδειγμένο σχεδιασμό του δικτύου για τη σωστή οργάνωση και λήψη αποφάσεων σε ό,τι αφορά στην κατεύθυνση των αγαθών σε τρίτους παρόχους μεταφορών και αποθήκευσης (Third Party Logistic/3PL) σχετικά με την πληθώρα και τη διαφορετικότητα όλων αυτών των σημείων. Η διαισθητική AI είναι επίσης αποτελεσματική και επιφέρει αξία στη λήψη αποφάσεων σε καταστάσεις που είναι αβέβαιες, συχνά ιδιοσυγκρασιακές και όχι καλά δομημένες. Επιπλέον, η ανακύκλωση και η επανασυναρμολόγηση είναι στάδια πολύπλοκα που χρίζουν ιδιαίτερης μάθησης και προσαρμογής κατά την επεξεργασία με τη δυνατότητα επιλογής εναλλακτικών λύσεων.

Η μηχανική AI παρουσιάζει ελάχιστες εφαρμογές, σε σχέση με τις υπόλοιπες, σε διαφορετικές λειτουργίες και εργασίες που εκτελούνται στην RSC. Οι λειτουργίες της συγκεκριμένης τεχνολογίας βασίζονται στην αναγνώριση των αντικειμένων με οπτικά μέσα, όπως αισθητήρες, με κανόνες που είναι καλά προκαθορισμένοι και επαναλαμβάνονται. Από τα ευρήματα παρατηρείται λιγοστή εφαρμογή της μηχανικής AI σε διαφορετικούς κλάδους της RSC παρότι υπάρχει πληθώρα εργασιών που εκτελούνται σε αυτή όπως έλεγχος αγαθών, αξιολόγηση, διαλογή, αποσυναρμολόγηση, επανασυναρμολόγηση κ.α. Διαδικασίες που επιβάλλουν συνέπεια με ενδεδειγμένα καθήκοντα και στις οποίες θα μπορούσε να προσδώσει αξία αυτός ο τύπος της μηχανικής AI. Λόγω της παραπάνω παρατήρησης θα ήταν εύλογο να διερευνηθεί η χρήση της μηχανικής AI στην RSC περισσότερο, καθώς αυτή κατέχει μεγάλο εύρος στον βιομηχανικό και εν γένει επιχειρηματικό κλάδο, με μεγάλο περιθώριο αυτοματοποίησης, δεδομένο το οποίο θα προσελκύσει τους επαγγελματίες και μελετητές.

Σε ό,τι αφορά στο επιχειρηματικό οικοσύστημα, για τον εντοπισμό της AI υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο ερευνητικό, αλλά και πρακτικό πλαίσιο σχετικά με την εφαρμογή της στην RSC, δεδομένο που σηματοδοτεί την ισχυρή σημασία αυτής της τεχνολογίας στο περιβάλλον του ψηφιακού επιχειρηματικού οικοσυστήματος. Από την ανάλυση αντιλαμβανόμαστε ότι η AI όλο και πιο συχνά παρουσιάζεται στο ψηφιακό οικοσύστημα της RSC, και έπειτα από την εφαρμογή της, τα σφάλματα που προκύπτουν δίνουν το έναυσμα για περαιτέρω βελτίωσή της στον επιχειρηματικό κόσμο. Τα κίνητρα και οι ανάγκες για την επίλυση προβλημάτων είναι υψίστης σημασίας για τις επιχειρήσεις, ανεξαρτήτου μεγέθους. Έτσι με την περαιτέρω διερεύνηση της AI θα επωφεληθεί επιχειρηματική βιβλιογραφία.

Επιπλέον, μέσα από την παρουσίαση παραδειγμάτων και μελετών που έχουν διερευνηθεί με τη χρήση της AI σε λειτουργίες και εργασίες RSC εμφανίζονται οι περιορισμοί του ερευνητικού πλαισίου. Επίσης τα προβλήματα τα οποία καταγράφονται συνοδεύονται από μια θεωρητική λύση ή από μια πιο εφαρμοσμένη προσέγγιση με αρκετά καλά αποτελέσματα. Έτσι φαίνεται από τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς που έχουν υιοθετήσει κυκλικές στρατηγικές να αξιοποιούν στο έπακρο τις δυνατότητες της AI, οδηγώντας αυτές στον ακριβέστερο σχεδιασμό και στην ταχύτερη εφαρμογή λύσεων CE. Ένα άλλο θέμα που προσπαθούν οι εταιρείες να βελτιώσουν είναι η μάθηση των αλγορίθμων όσο το δυνατόν καλύτερα με ποιοτικά δεδομένα, μέσα από επαναλαμβανόμενες διαδικασίες εκπαίδευσης στο σύνολό τους. Ένα παράδειγμα από την εκπαίδευση ενός αλγόριθμου AI είναι η δυνατότητα εφαρμογής για την πρόβλεψη τοξικών χημικών ουσιών ή υλικών σε προϊόντα στο τέλος ζωής τους που επιστρέφονται για ανακύκλωση.

Σε ένα άλλο θέμα, το οποίο σε θεωρητικό αλλά και πρακτικό επίπεδο παρουσιάζεται στη βιβλιογραφία και απασχολεί ολόκληρο τον πλανήτη είναι αυτό του επαναπροσδιορισμού και επανασχεδιασμού των πλαστικών αγαθών για τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών τους όταν αυτά φτάνουν στο τέλος ζωής. Μια προσέγγιση που εφαρμόζεται πάνω από μια δεκαετία, είναι τα βιοδιασπώμενα προϊόντα που έχουν μειώσει αρκετά τα απορρίμματα των πλαστικών στον πλανήτη αλλά όχι και την εξαφάνισή τους. Βέβαια, για την παραγωγή των βιοδιασπώμενων προϊόντων χρειάζονται ακριβότερες Α' ύλης πράγμα που ανεβάζει το κόστος αγοράς τέτοιων ειδών. Η AI θα μπορούσε να συμβάλει στην έρευνα της επιστημονικής

κοινότητας για την εξεύρεση λύσεων στον περαιτέρω σχεδιασμό υλικών για πλαστικές συσκευασίες.

Μια άλλη περίπτωση εφαρμογής είναι η οπτική αναγνώριση συγκεκριμένων αντικειμένων και η αναπαράστασή τους σε δεδομένα με χρήσιμη εφαρμογή σε περιβάλλοντα όπως ρομπότ, βιομηχανία και χώρους ανακύκλωσης, που επιτυγχάνεται μέσω της εκμετάλλευσης αισθητήρων και καμερών.

Με την προηγούμενη διαδικασία παρατηρήθηκε στην έρευνα ότι υπάρχει μια μεγάλη καινοτομία όσον αφορά στη ρομποτική που με τη λήψη ή εισαγωγή εικόνων επιτρέπει στην ΑΙ να ελέγχει ενδελεχώς, με έξυπνο τρόπο και με απίστευτη ταχύτητα τη διαλογή των αποβλήτων. Με βάση σχετικές έρευνες η ακρίβεια της διαλογής πλήθους υλικών με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα από πλαστικές συσκευασίες έως οικοδομικά απόβλητα ανέρχεται στο 98% βάση ερευνών. Κατ' αυτόν τον τρόπο το αποτέλεσμα είναι η βελτίωση γενικά της αποδοτικότητας αλλά και της διαλογής απορριμμάτων, γεγονός που αυξάνει την παραγωγικότητα ελαχιστοποιώντας τα κόστη και τον ανθρώπινο παράγοντα, βελτιώνοντας τις ποσότητες ανάκτησης και τη συνολική ποιότητα. Οι μελέτες για την εξέλιξη των συστημάτων όρασης σε αυτόματη μάθηση είναι ένα ερευνητικό πεδίο που συνεχώς ανανεώνονται. Ένα άλλο παρόμοιο σύστημα διαλογής, με οπτική αναγνώριση και εποπτευόμενη μηχανική μάθηση, παρουσιάζει έναν περιορισμό ώστε να αναγνωρίσει πολύ μικρού μεγέθους ηλεκτρονικά απόβλητα. Προς το παρόν η εκπαίδευση των αλγορίθμων ΑΙ απαιτεί χειροκίνητη επισήμανση εικόνων. Η τελευταία αυτή εφαρμογή είναι χρονοβόρα στη μάθηση του αλγορίθμου σε σχέση με την προηγούμενη.

Η συμβολή στην ανακύκλωση και τη συλλογή στην καθημερινότητά μας διεξάγεται μέσω της απόρριψης υλικών ανά κατηγορία στους μπλε κάδους της ανακύκλωσης που είναι τοποθετημένοι πάντα δίπλα από αυτούς των απορριμμάτων. Μια διαδικασία στην οποία ανακατεύονται τα ανακυκλωμένα αντικείμενα και θα πρέπει να δαπανηθεί χρόνος και προσωπικό για τη διαλογή των υλικών που πολλές φορές μπορεί να μην αξιοποιηθούν στο μεγαλύτερο ποσοστό τους. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς κάδους, οι έξυπνοι κάδοι εμφανίζονται σε ποικίλους δημόσιους χώρους, όπως αναψυχής, διασκέδασης και γενικά παροχής υπηρεσιών προς τους πολίτες. Η διαδικασία της απόρριψης μεταμορφώνεται σε ένα παιχνίδι, καθώς η διαλογή των υλικών είναι αυτοματοποιημένη με τη χρήση ενός συστήματος που λειτουργεί με την

τεχνολογία της AI, ενώ παράλληλα αναγνωρίζει και τα μη ανακυκλώσιμα υλικά. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό κίνητρο για τη συμμετοχή των πολιτών, αφού δεν απαιτεί από αυτούς να αναρωτιούνται σε ποιον κάδο πρέπει να απορρίψουν τα υλικά, ανάλογα με το είδος τους. Με αυτούς τους καινοτόμους έξυπνους κάδους αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό της ανακύκλωσης στην καθημερινότητά μας και ελαφρύνονται κάποια στάδια στην RSC.

Πλεονεκτήματα τα οποία εντοπίζονται από την έρευνα, για την εφαρμογή της AI σε διάφορους επιχειρηματικούς κλάδους, πέραν των περιβαλλοντικών και αυτών της ανακύκλωσης που προκύπτουν, είναι επίσης τα εξής:

- ❖ *Βελτιώνει τη στρατηγική πωλήσεων της εκάστοτε επιχείρησης, οι εταιρείες γίνονται πιο ευέλικτες στην άμεση λήψη αποφάσεων με απώτερο σκοπό τη συνεχή ευχαρίστηση του πελάτη.*
- ❖ *Έσοδα μέσω της πώλησης ανταλλακτικών και υλικών από οχήματα, ηλεκτρονικές συσκευές κ.α. που φτάνουν στο τέλος ζωής τους και μπορούν να επανέλθουν σε οικονομική χρήση, ξαναπαίρνοντας ζωή με την επαναχρησιμοποίηση ως μεταχειρισμένα και χωρίς να παραμένουν απορρίμματα που πολλές φορές μολύνουν το περιβάλλον μας.*
- ❖ *Αύξηση της ροής εσόδων καθώς βελτιώνουν την καταναλωτική πίστη.*

Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής ήταν να ερευνήσει την εφαρμογή της AI στην RSC στον επιχειρηματικό κόσμο. Τα ευρήματα μας δείχνουν ότι η AI είναι ταχέως αναπτυσσόμενη στον κλάδο της RSC και σε καθημερινή βάση παρουσιάζονται μελέτες για την εξέλιξή της. Η συμβολή της είναι τεράστια στη βιομηχανία και πολλά υποσχόμενη και με προοπτικές στον κλάδο των μεταφορών και επιστροφών. Από αρκετές μελέτες βγαίνει το πόρισμα ότι η AI θα ενισχυθεί στην εφαρμογή της σε προγενέστερο στάδιο, ώστε να αποτρέψει τα σφάλματα σε ελαττωματικά προϊόντα τα οποία μπορεί να φτάσουν στον καταναλωτή μέσω εμπορικών επιχειρήσεων και e-commerce ή ανταλλακτικά που κινούνται στον επόμενο κρίκο της αλυσίδας προς συναρμολόγηση. Για αυτό η προσπάθεια γίνεται για να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση στην RSC σε ό,τι αφορά στις επιστροφές ακόμα και από ένα λάθος picking²⁸. Επιπλέον, με στόχο την εξάλειψη μεγάλου μέρους των αποβλήτων που δημιουργούνται στην RSC, καθώς επίσης και την ελαχιστοποίηση των εκπομπών άνθρακα που

²⁸ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Picking>

απελευθερώνονται. Ένα παράδειγμα είναι αυτό που αναφέρθηκε νωρίτερα σχετικά με την διερεύνηση των Α' υλών για την παραγωγή πλαστικών με πιο βιώσιμα υλικά, φιλικά προς το περιβάλλον και πιο διαχειρίσιμα κατά την αξιολόγηση και επιστροφή τους. Ένα άλλο παράδειγμα με το οποίο μπορεί σε πρότερο στάδιο να αποφευχθεί η μείωση αποβλήτων είναι αυτό της επεξεργασίας τροφίμων, συμβάλλοντας στην αξιοποίηση των προϊόντων που μπορεί να μην είναι κατάλληλα για άμεση πώληση στους καταναλωτές. Έτσι, οι βιομηχανίες προλαμβάνοντας με την χρήση ρομποτικών γραμμών παραγωγής που βασίζονται στην AI, είναι σε θέση να μειώσουν τις απώλειες και τις σπατάλες τροφίμων ως και το μισό. Σε παγκόσμιο επίπεδο αν είναι δυνατόν να επιτευχθεί αυτό, τότε θα έχουμε τη μείωση στο 16% των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και ίσως μεταστροφή της κλιματικής αλλαγής.

Τέλος, αυτό που μελετήθηκε σε βάθος είναι η δυνατότητα βελτιστοποίησης των διαδρομών παράδοσης και επιστροφών με Drones. Από την έρευνα παρατηρείται ότι, αρχικά η κίνησή τους δεν θα περιορίζεται από την κυκλοφορία των υπόλοιπων οχημάτων και είναι σαφώς μη ρυπογόνα σε σχέση με τα φορτηγά που είναι τα κύρια μέσα στο οδικό δίκτυο. Άμεση και σημαντική η μείωση των εκπομπών στην κίνηση προς τα εμπρός και αντίστροφα στην εφοδιαστική, καθώς λιγότερα υπηρεσιακά οχήματα θα πρέπει να βρίσκονται στο οδικό δίκτυο. Αυτό όχι μόνο εξοικονομεί χρόνο και ενέργεια, αλλά μειώνει επίσης τα κόστη παράδοσης και επιστροφών και ταυτόχρονα βελτιώνει την εμπειρία του πελάτη. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών επιτρέπει μια πιο απρόσκοπτη και αποτελεσματική διαδικασία επιστροφών για τους πελάτες. Έχοντας τη δυνατότητα να παρατηρούμε τα Drones σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της πτήσης, εξασφαλίζουμε διαφάνεια και αξιοπιστία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Αυτή η βελτιωμένη εμπειρία μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη ικανοποίηση και πιστότητα των πελατών. Για περισσότερες πληροφορίες βέβαια σχετικά με την SC, τα logistics αλλά και την RSC με μη επανδρωμένα αεροσκάφη drones ακολουθεί η παρακάτω SWOT ανάλυση.

Strengths	Weakness
- Χαμηλό κόστος παράδοσης/επιστροφής - Χαμηλό κόστος συντήρησης - Ταχύτερη παράδοση/επιστροφή	- Υψηλό κόστος επένδυσης - Καιρικές συνθήκες

Strengths	Weakness
❖ Προσβάσιμα σε δυσπρόσιτες περιοχές ❖ Ανέπαφη παράδοση/επιστροφή ❖ Αποφυγή κυκλοφοριακής συμφόρησης ❖ Υψηλή ανταπόκριση της υπηρεσίας ❖ Εύκολη επιστροφή αποστολών ❖ Ευέλικτος προγραμματισμός ❖ 24 ώρες το 24ωρο κατά τη διάρκεια όλου του έτους ❖ Μη επανδρωμένο όχημα ❖ Ασφάλεια των εργαζομένων ❖ Μέθοδος παράδοσης/επιστροφής φιλική προς το περιβάλλον ❖ Ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων σε εργαζόμενους και εξοπλισμό ❖ Πληθώρα πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων	❖ Συγκεκριμένο target παραδόσεων/επιστροφών (περιορισμοί ως προς το μέγεθος και το βάρος των πακέτων) ❖ Άλλοι περιορισμοί για την παροχή υπηρεσιών ❖ Μείωση έως και εξάλειψη του επαγγέλματος των μεταφορών
Opportunities	Threats
❖ Αυτοματοποιημένο σύστημα παράδοσης/επιστροφών ❖ Ευέλικτη πρόσβαση σε μέρη δυσπρόσιτα ή δυσχερή πρόσβαση με τις παραδοσιακές υπηρεσίες μεταφορών ❖ Ταχύτερη παράδοση/επιστροφή χρονικά από παραδοσιακή μεταφορά ❖ Μεγάλη αύξηση των ηλεκτρονικών αγορών ❖ Ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου	❖ Νομικό πλαίσιο σχετικά με τη ζώνη πτήσης ❖ Παραβίαση έως και κλοπή του δέματος και του μη επανδρωμένου αεροσκάφους ❖ Επίθεση στον κυβερνοχώρο ❖ Θέματα ασφάλειας και προστασίας της ιδιωτικής ζωής

Πίνακας 4. SWOT ανάλυσης για τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη Drones στη SC, τα Logistics και την RSC

Βέβαια, οι περισσότερες τεχνολογικές εφαρμογές είναι σε αρχικό στάδιο, αλλά αναπτύσσονται τάχιστα, πράγμα που θα επιφέρει μείωση αστοχιών και δαπανών, αλλά και ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση αποβλήτων. Επίσης, οι εμπειρίες όπως της Ikea και της Amazon πιθανότατα να είναι ένα τρανταχτό παράδειγμα που θα καθορίσει τον βαθμό στον οποίο θα χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία της AI προς τη βελτιστοποίηση των επιστροφών για μεγάλο μέρος του εμπορικού κόσμου.

6.2 Μέθοδος

Ολόκληρο το έγγραφο της μεταπτυχιακής διατριβής έχει εννοιολογικό χαρακτήρα και είναι εμπλουτισμένο με βιβλιογραφία (διαδίκτυο, επιστημονικά συγγράμματα, περιοδικά) από την επιχειρηματικότητα, την CE και την SCM και ειδικότερα την RSC, που είναι αλληλένδετη με την CE, για να διερευνήσει τις επιπτώσεις της AI στις λειτουργίες RSC. Τα ποιοτικά αποτελέσματα της βιβλιογραφίας συνδέονται με αυτά της συνέντευξης που εκπληρώθηκε από συνεργάτη του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Ε.Φ.Ε.) Δημόκριτος, καθώς ήταν χρήσιμο για τη μελέτη της περίπτωσης να διερευνηθεί η συμβολή και των τηλεπικοινωνιών 5^{ης} Γενιάς στη χρήση των Drones, προκειμένου να προσεγγιστεί σωστά η χρήση AI στην RSC.

6.3 Συνέντευξη

Για την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή διερευνήθηκε ενδελεχώς η βιβλιογραφία και θεωρήθηκε απαραίτητο να διεξαχθεί μια συνέντευξη ώστε να κατανοηθούν κάποια ερωτήματα σε σχέση με τη μελέτη περίπτωσης. Η συνέντευξη που παρατέθηκε από συνεργάτη του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος, θεωρείται μέρος των ποιοτικών αποτελεσμάτων καθώς απαντά σε συγκεκριμένα ερωτήματα για το πώς η τεχνολογία των Drones παράλληλα με τις τηλεπικοινωνίες 5^{ης} γενιάς και τον ταυτόχρονο συνδυασμό με την AI, μπορεί να συμβάλει ώστε να έχουμε μια αποδοτικότερη RSC σε όλο τον κύκλο της αλυσίδας εφοδιασμού.

Τα Drones σύμφωνα με τα ευρήματα της συνέντευξης, χαρακτηρίζονται ως εύχρηστα, με χαμηλό κόστος απόκτησης και συντήρησης, καθώς επίσης είναι ευέλικτα στην κίνηση. Σε αντίθεση με τα συμβατικά φορτηγά και διάφορα μέσα μεταφοράς που είναι χρονοβόρα μέσα στην κίνηση των πόλεων, αυξάνουν το αποτύπωμα του άνθρακα και είναι αναγκαίος ο ανθρώπινος παράγοντας που στο τέλος της ημέρας θα πρέπει να αμειφθεί για τις υπηρεσίες του. Τα Drones μπορούν να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα τομέων αλλά αυτός που μελετήθηκε διεξοδικά είναι αυτός των μεταφορών προς τα εμπρός, αλλά και προς τα πίσω στην SCM. Η χρήση τους αυξάνεται όλο και περισσότερο με ταχείς ρυθμούς και αυτό φαίνεται από την τάση αύξησης σε 63,6 δις δολάρια της σχετικής αγοράς.

Από την άλλη μεριά υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στη λειτουργία τους που να τα εμποδίζουν να είναι τόσο ευέλικτα. Πιο συγκεκριμένα όταν υπάρχουν υψηλές παρεμβολές που προκαλούνται από τη συνεχή χρήση ζωνών συχνοτήτων και επίσης θέματα ασφαλείας στη χρήση των ραδιοσυχνοτήτων. Επιπλέον, η εμβέλεια του πομπού είναι ένα θέμα μείζονος σημασίας καθώς εμπίπτει στην αξιοπιστία της σύνδεσης, δεδομένο εξαιρετικά σημαντικό για το είδος της υπηρεσίας που παρέχεται στην RSC. Τέλος, ένας ακόμα περιοριστικός παράγοντας για καθολική εφαρμογή, είναι η επικοινωνία πομπού και δεκτή καθώς ορισμένες φορές κάποιες ανακλάσεις και εμπόδια δυσκολεύουν το έργο των drones. Άρα για μια ευρεία εφαρμογή και ανάπτυξη καινοτόμων μοντέλων απαιτείται να εξαλειφθούν ή έστω να ελαχιστοποιηθούν οι περιοριστικοί αυτοί παράγοντες.

Τα δίκτυα 5ης Γενιάς αναπτύσσονται συνεχώς αφήνοντας αυτά της 4^{ης} Γενιάς πίσω. Αυτά δημιουργήθηκαν σύμφωνα με τον συνεντευξιζόμενο για να ενισχύσουν την αποδοτικότητα των τηλεπικοινωνιών, και ως εκ τούτου της βιομηχανίας, των επιχειρήσεων και των επιστροφών στην RSC συγκεκριμένα που εξετάζουμε και γενικότερα της ανταλλαγής μεγάλου όγκου δεδομένων τα οποία είναι αναγκαία σε σχεδόν μηδενικό χρόνο, χωρίς καθυστερήσεις δηλαδή. Τα 5ης Γενιάς δίκτυα αλλάζουν το σκηνικό σε ό,τι αφορά στην ανάπτυξη drones. Με δεδομένο λοιπόν, την υψηλή ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων (Gbps), την εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση σε (URLLC), την αυξημένη χωρητικότητα, το μεγαλύτερο εύρος ζώνης (eMBB) και την ευρεία κάλυψη του ασύρματου δικτύου από παρόχους, δίνεται η δυνατότητα σε ένα drone να μπορεί να πλοηγηθεί σχεδόν οπουδήποτε. Με τα δίκτυα 5^{ης} Γενιάς επιτρέπεται η ασφαλής, αξιόπιστη και αυτόνομη λειτουργία του drone εκτός οπτικού πεδίου. Με

αυτήν την τεχνολογία διαπιστώνεται το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε διάφορους τομείς της τεχνολογίας και δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης για νέα μοντέλα σε κάθετες βιομηχανίες και συγκεκριμένα στην αυτοματοποίηση του κύκλου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η χρήση AI με δίκτυα 5^{ης} Γενιάς αναφέρεται ως ένα μίγμα που θα δώσει μια δυναμική στον τρόπο που λειτουργεί ένα drone όντας ως έξυπνοι κόμβοι πια, και με τα κατάλληλα εξαρτήματα μπορούν και εκτελούν λειτουργίες AI σύμφωνα με τις πληροφορίες που λαμβάνουν, αλλά και αμφίδρομα από το ίδιο το δίκτυο. Στην παρούσα φάση διεξάγονται ερευνητικά προγράμματα που μελετούν τα δίκτυα της 6^{ης} Γενιάς και η AI τεχνολογία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της «νοημοσύνης» του δικτύου, όπως αναφέρθηκε.

Τα δίκτυα 6G που μελετώνται θα εισέλθουν στην αγορά το 2030, καθώς κάθε δεκαετία περίπου τα κυψελωτά δίκτυα αναβαθμίζονται, θα είναι βασισμένα πλήρως στην AI. Η μορφολογία τους μπορεί να είναι πολύπλοκη αλλά συνάμα θα είναι «ευέλικτα». Βέβαια στην αρχή τα κόστη και η διαχείρισή τους θα είναι αυξημένα αλλά εν συνεχεία αυτά τα δίκτυα θα είναι πιο έξυπνα, αυτο-οργανωτικά και κατ' επέκταση οικονομικά αποδοτικότερα. Για να επιτευχθεί αυτός ο σχεδιασμός θα πρέπει η AI να ενσωματωθεί κατά μήκος ολόκληρου του δικτύου με απώτερο σκοπό 1) την εξυπνότερη διαχείριση πόρων, 2) την αυτόματη προσαρμογή δικτύου 3) την έξυπνη παροχή υπηρεσιών και 4) την αποτελεσματικότερη απόδοση του δικτύου με επίτευξη ισορροπίας μεταξύ καινοτομίας και κόστους.

Τα drones πριν λίγα χρόνια είχαν κάποιους περιορισμούς στην ύπαρξη νομοθετικού και κανονιστικού πλαισίου. Τη λύση για την εύρυθμη λειτουργία, στην παρούσα φάση, έρχεται να δώσει η πλατφόρμα U-space, καθώς μέσω αυτής της εφαρμογής τα κράτη μέλη έχουν τη δυνατότητα να διαχειριστούν και να ελέγχουν τον αυξανόμενο όγκο των drones. Οι μεταφορικές επιχειρήσεις, οι αλυσίδες λιανεμπορίου ή τα ηλεκτρονικά καταστήματα έχουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στο να επενδύσουν στην τεχνολογία των drones καθώς υπάρχει αξιοπιστία σε ευρωπαϊκό επίπεδο και η εφαρμογή αυτή είναι μια αρχή για την υιοθέτηση αυτών των καινοτόμων μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων στις συναφείς εταιρείες που ασχολούνται με την RSC. Επίσης, άλλη μια θετική πλευρά αυτής της πλατφόρμας είναι η καλύτερη διαχείριση του στόλου σχετικά με τα σχέδια πτήσης, πράγμα που τα καθιστά πιο αποδοτικά χωρίς να κάνουν πολλές ανακατευθύνσεις κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Έτσι έχουμε την αύξηση της εμβέλειας κατά πολύ και μείωση της σπατάλης της

μπαταρίας, η μεταφορά των προϊόντων μπορεί να γίνει επιτυχώς με αύξηση της αυτονομίας της μπαταρίας του drone και εκτέλεση περισσότερων διαδρομών.

Όπως προαναφέρθηκε ένα ζήτημα είναι η αυτονομία της μπαταρίας, κάτι πολύ σημαντικό για την εξοικονόμηση όσο το δυνατόν περισσότερων χρήσεων μέσα στην ημέρα. Συνεπώς, με τη σχεδίαση της πτήσης υπάρχει η πληροφορία για τον υπολογισμό προσεγγιστικά του χρόνου ολοκλήρωσής της με απώτερο σκοπό τον προγραμματισμό όλων των μεταφορών που πρέπει να εκτελεστούν. Η αυτονομία εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως τον τύπο του drone, τους αισθητήρες και τις λειτουργίες που εκτελεί κατά τη μεταφορά, το συνολικό βάρος κ.α. Τα μικρά drones συνήθως έχουν λιγότερη αυτονομία λόγω μεγέθους, από λίγα λεπτά ως και μια ώρα. Τα μεγαλύτερα που διαθέτουν περισσότερους κινητήρες μπορούν να έχουν μεγαλύτερη αυτονομία έως και μέρες καθώς κατέχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα στην μπαταρία.

Οι καιρικές συνθήκες βέβαια παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση της μπαταρίας και απαιτείται σωστός προγραμματισμός των πτήσεων βάση αυτού του γεγονότος για την υλοποίηση του μεγαλύτερου όγκου μεταφορών (καθώς κάποιες ημέρες μπορεί να μην εκτελούνται καθόλου πτήσεις λόγω αστάθμητων παραγόντων ή θα πρέπει να εκτελεστεί διαφορετικό σχέδιο πτήσης με μεγαλύτερη απόσταση για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων). Η πρόβλεψη της κατάστασης του δικτύου σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ένα άλλο καινοτόμο χαρακτηριστικό που παρέχεται από το 5G. Η πληροφορία αυτή καθώς είναι διαθέσιμη και ταυτόχρονα με την αξιοποίηση της AI αμφίδρομα από το drone ή την πλευρά του δικτύου, δύναται να γίνει πρόβλεψη της καλύτερης, πιο γρήγορης και συμφέρουσας, για την επιχείρηση διαδρομής με βάση τις συνθήκες του δικτύου, που για περιπτώσεις παραλαβών και παραδόσεων προϊόντων είναι ένας παράγοντας κρίσιμης σημασίας που αντιστοιχεί στον δείκτη ικανοποίησης του εκάστοτε πελάτη.

Ένα τελικό συμπέρασμα είναι ότι ο πλήρης συνδυασμός των drones με κυψελωτά δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G) είναι αναμφίβολα μια κίνηση που θα προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα και για τις δυο πλευρές. Αναμένεται να βελτιωθεί η λειτουργία των δικτύων και με υποστήριξη της χρήσης των drones, αλλά και αντίστοιχα από την άλλη πλευρά υπάρχει αυτή η δυνατότητα να δημιουργηθούν νέες εφαρμογές με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, αξιοποιώντας τις καινοτόμες λειτουργίες που εισάγουν τα δίκτυα 5G. Βέβαια για να υλοποιηθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να περιμένουμε τη μετάβαση από Non Stand Alone -NSA, που είναι η συνύπαρξη 4G και 5G και που

υφίσταται τώρα, σε Stand Alone -SA της πλήρους υιοθέτησης των 5G δικτύων από τους παρόχους. Για την πορεία αυτής της μετάβασης υπάρχει μια πηγή που παρέχει πληροφορίες και αυτό είναι το 5G Observatory, που παρουσιάζει σε πραγματικό χρόνο την ανάπτυξη και την υιοθέτηση των δικτύων 5G σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο παρέχοντας στατιστικά στοιχεία, έρευνες, εκθέσεις και άλλες πληροφορίες σχετικές, που επιδρούν σημαντικά στην εξέλιξη των επιχειρήσεων και της κοινωνίας. Σε πρόσφατη έκθεση τον Απρίλιο 2023 παρουσιάστηκε το αρκετά καλό επίπεδο μετάβασης, που βρίσκεται τόσο η Ελλάδα όσο και η Ευρώπη, των δικτύων 5G σε πολλές περιοχές, ενώ ταυτόχρονα γίνεται επένδυση σταδιακά και στη μετάβαση προς το αυτόνομο 5G (5G SA).

6.4 Πηγές

Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποτελούνται κυρίως από δημοσιευμένα άρθρα με ερευνητικό πλαίσιο, πτυχιακές - μεταπτυχιακές - διδακτορικές διατριβές, περιοδικά, βιβλία, συνέδρια και ηλεκτρονικές πηγές. Οι πηγές που δεν προέρχονται από δημοσιευμένα άρθρα είναι πηγές που αφορούν στο υλικό που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της συνέντευξης από συνεργάτη του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος αλλά και πληροφορίες από προσωπική γνώση και επαγγελματική εμπειρία. Οι περισσότερες πηγές εξάχθηκαν μέσω αναζήτησης του Google scholar και διάφορων επιστημονικών ιστότοπων που παρατίθενται αναλυτικά στη βιβλιογραφία και τα οποία είναι αξιόπιστα εργαλεία στην εύρεση δημοσιευμένου επιστημονικού υλικού. Η επιλογή των πηγών έγινε σύμφωνα με τη συνάφειά τους με το θέμα και σε σχέση με το πόσο πρόσφατες είναι, δεδομένου ότι οι τεχνικές στον τομέα της μηχανικής όρασης της AI ανανεώνονται γρηγορότερα. Λόγω αυτού, στην πλειονότητα των περιπτώσεων χρησιμοποιήθηκαν πηγές κυρίως της τελευταίας τριετίας.

6.5 Το θέμα σε ευρύτερο πλαίσιο

Υπάρχει μία πληθώρα από σημαντικές πτυχές στον κλάδο της RSC που έχουν περιθώριο περαιτέρω εξέτασης όταν συσχετίζονται με το συγκεκριμένο έργο της

αυτοματοποίησης του κλάδου των επιστροφών ανεξάρτητα με το λόγο, σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, όσο και με τους περιορισμούς τους πιθανούς κινδύνους και τα οφέλη. Καθιστώντας έτσι τη διαδικασία των επιστροφών κάθε είδους αυτοματοποιημένη και αποτελεσματική θα μπορούσε ενδεχομένως να ενθαρρύνει τους καταναλωτές να εμπιστευτούν εταιρείες οι οποίες χρησιμοποιούν τέτοια τεχνολογικά μέσα με σκοπό την ελάφρυνση αλλά και την καλύτερη εξυπηρέτηση με χαμηλότερο κόστος στην καθημερινότητα των καταναλωτών.

Επίσης σημαντικό είναι να εξεταστεί ο αντίκτυπος που θα μπορούσε να έχει η εφαρμογή των προτεινόμενων σεναρίων ή ήδη εφαρμοσμένων μοντέλων σε όσους ασχολούνται με αυτό. Επί παραδείγματι, ποια θα ήταν τα αποτελέσματα στην περίπτωση εφαρμογής των μεταφορών με drones σε σχέση με την απαλλαγή του εργατικού δυναμικού από τα καθήκοντα των μεταφορών; Η απάντηση είναι ότι θα αυξανόταν σε μεγάλο βαθμό η ανεργία έως και η έκλειψη κάποιων επαγγελμάτων.

Η αυτοματοποίηση με τη χρήση της ρομποτικής και την AI είναι ένα πάρα πολύ σημαντικό κομμάτι για την ευελιξία των επιχειρήσεων και ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με την CE, την ανακύκλωση και τις επιστροφές. Όλο αυτό καθίσταται επωφελές για τον πλανήτη καθώς μειώνονται οι εκπομπές ρύπων, τα απορρίμματα γίνονται ξανά πρώτη ύλη, δεν γίνεται σπατάλη ενέργειας για πρωτογενή παραγωγή Α΄ υλών και για τις επιχειρήσεις αυξάνονται οι πωλήσεις άρα και τα έσοδά τους. Μία σοβαρή συνέπεια όλων αυτών είναι η αντικατάσταση του ανθρώπινου δυναμικού. Τι είναι όμως αυτό το οποίο θα άλλαζε την εξέλιξη αυτή;

Από την άλλη μεριά δημιουργείται η ανάγκη απασχόλησης στην έρευνα και τη μελέτη, δεδομένο που θεωρείται ότι αρκετός κόσμος θα στραφεί προς αυτόν τον τομέα. Πολλές μελέτες μένουν σε ασκήσεις επί χάρτου καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα, ο απαραίτητος χρόνος και τα απαιτούμενα κονδύλια για την περαιτέρω διερεύνηση ή και προσομοίωση αυτών. Άρα θα πρέπει να ενισχυθεί ο τομέας της έρευνας από τους δημόσιους παράγοντες ώστε να μην πηγαίνουν ανεκμετάλλευτες αρκετές δυνατές μελέτες, αλλά να υπάρχουν και κίνητρα για την υλοποίηση νέων.

Οι βελτιώσεις εν γένει, στα καινοτόμα προϊόντα που φέρνουν την τεχνολογία της AI θα αναβαθμίσουν τη βιομηχανία και τις υπηρεσίες και θα διευκολύνουν τόσο τις επιχειρήσεις όσο και για τους εργαζόμενους, καθώς θα δημιουργηθεί αξία με μεγαλύτερα περιθώρια κέρδους βελτιώνοντας επίσης το φόρτο εργασίας. Δεδομένου

ότι η μηχανική όραση έχει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί σε πολλά διαφορετικά μοντέλα εργασιών, επί παραδείγματι, στην ανίχνευση ενός πολύ μικρού κόκκου πλαστικού και στην αυτόνομη οδήγηση οχημάτων και drones, η διερεύνηση για την εξεύρεση μεθόδων προς ανακούφιση της μάθησης των μοντέλων μηχανικής όρασης μπορεί να έχει μεγαλύτερη απήχηση σε περισσότερους κοινωνικούς τομείς σε σχέση με διαλογή απορριμμάτων.

Η AI θα μπορούσε επίσης να καταστεί ως ένα εργαλείο για την υποστήριξη των εργαζομένων με την εκτέλεση των καθηκόντων τους ή για την επέκταση των δυνατοτήτων του δυναμικού ή τη χρήση της τεχνολογίας αυτής ως αντικατάσταση του ανθρώπινου δυναμικού σε ορισμένα επαγγέλματα. Το πόρισμα βέβαια σύμφωνα με τη βιογραφία που μελετήθηκε μας δείχνει ότι απώτερος σκοπός της AI είναι όχι η αντικατάσταση του ανθρώπινου δυναμικού αλλά η υποστήριξη και η επέκταση των δυνατοτήτων των εργαζομένων. Ωστόσο βέβαια η πορεία της τεχνολογίας κάνει αλματώδη βήματα και έχει δρομολογήσει αρκετά τεχνολογικά έργα, δεδομένο που μας μαρτυρεί ότι ίσως στο μέλλον γίνουν σημαντικές αντικαταστάσεις από τη ρομποτική σε διάφορα επαγγέλματα.

Τέλος, θα μπορούσε να αποφευχθεί ή να ελαχιστοποιηθεί η επικίνδυνη εργασία, μέσω της εφαρμογής AI. Για παράδειγμα στους χώρους συλλογής και διαλογής των απορριμμάτων που οδεύουν προς ανακύκλωση ή σε χώρους διαχείρισης οχημάτων ή ηλεκτρικών συσκευών που διαθέτουν ρυπογόνες χημικές ουσίες, επιβλαβείς για τον ανθρώπινο οργανισμό, η αποφυγή της ανθρώπινης επαφής θα μπορούσε να θεωρηθεί ως κοινό καλό, δεδομένου ότι η υγεία και η ασφάλεια των ανθρώπινου παράγοντα είναι πρωταρχικό μέλημα.

7

Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Αρχικά συζητούνται τα ερευνητικά ερωτήματα και έπειτα προτείνονται μελλοντικά ερευνητικά θέματα σύμφωνα με τη μελέτη περίπτωσης και ακολουθείται μια συνοπτική συζήτηση σχετικά με τη συμβολή στη θεωρία.

7.1 Ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα ενότητα θα αναφερθούν επιγραμματικά τα ευρήματα από τα ερευνητικά ερωτήματα καθώς απαντώνται σε μεγάλο βαθμό από τη βιβλιογραφία και την ενδελεχή συνέντευξη σε σχέση με τη μελέτη περίπτωσης. Σε γενικές γραμμές οι εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν καταστήσει την AI ως κρίσιμη δύναμη τόσο εντός του καινοτόμου ψηφιακού επιχειρηματικού οικοσυστήματος όσο και της CE. Σε γενικό πλαίσιο συζητήθηκε η συμβολή που μπορεί να φέρει η AI στην RSC, η οποία συνταυτίζεται με την CE. Ειδικότερα μελετήθηκε η αξία που μπορούν να προσφέρουν διαφορετικές μορφές AI σε σχέση με συγκεκριμένα σενάρια από ανόμοιους κλάδους αλλά και εξειδικευμένη προσέγγιση με χρήση των drones στην RSC. Τα ερευνητικά ερωτήματα που αναμένονταν να απαντηθούν από τη βιβλιογραφική έρευνα και τη συνέντευξη είναι τα εξής: 1) *Τι είναι η αντίστροφη αλυσίδα εφοδιασμού και γιατί είναι σημαντική στην κυκλική οικονομία;* (απαντάται στη ενότητα 2.2 και κεφάλαιο 3), 2) *Πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η AI για την επίλυση των προκλήσεων της RSC;* (απαντάται κεφάλαιο 4), 3) *Ποια τα οφέλη από τη βελτίωση της RSC με AI;* (απαντάται ενότητα 4.3), 4) *Με ποιους τρόπους προσθέτει αξία και ποιες οι ευκαιρίες χρήσης της AI στη διαδικασία RSC;* (απαντάται κεφάλαιο 5), 5) *Ποια η συνεισφορά που μπορεί να προσφέρει ή ήδη προσφέρει η AI σε καθεμία*

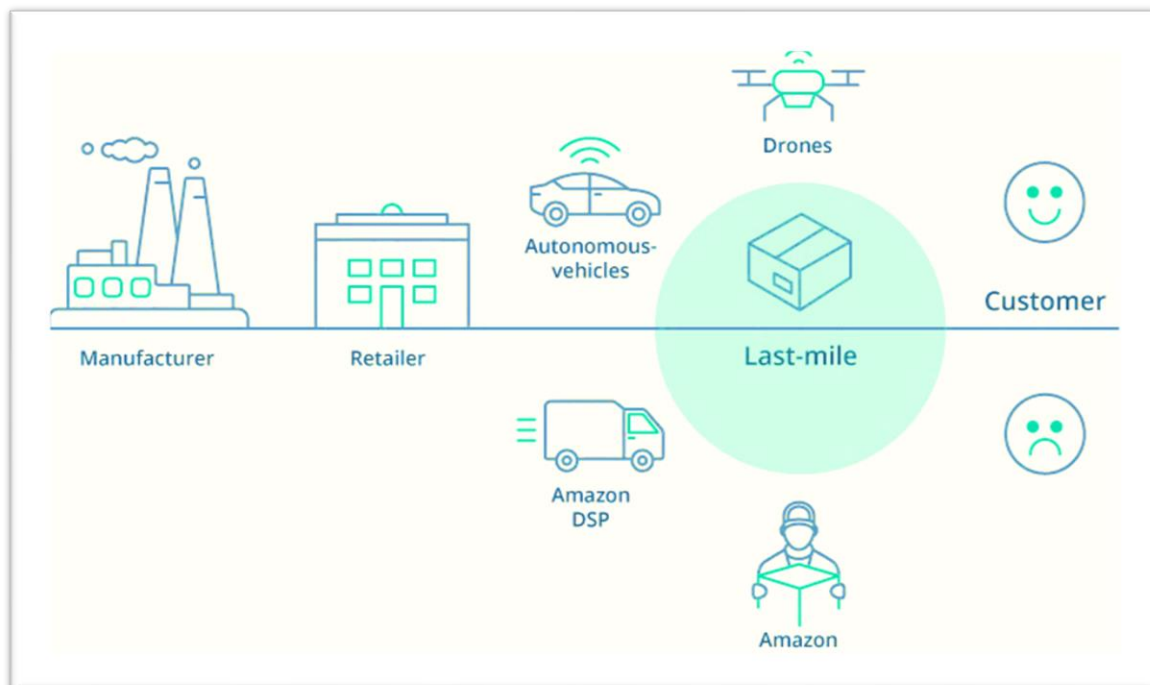
από τις τέσσερις λειτουργίες της RSC (σχεδιασμός δικτύου, συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία); (απαντάται ενότητα 4.1 & κεφάλαιο 5), 6) Μπορεί η AI να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο ψηφιακό οικοσύστημα το οποίο περιλαμβάνει RSC; (κεφάλαιο 5), 7) Ποιο το μέλλον της RSC; (απαντάται ενότητα 3.4 & κεφάλαιο 5). Όσον αφορά στο τελευταίο ερώτημα, 8) Πόσο εφικτές είναι οι νέες καινοτόμες λύσεις και τεχνολογίες μεταφορών για ένα LMD; Πιο συγκεκριμένα για αυτό το ερώτημα, LMD, έχουν αναφερθεί αρκετές σημαντικές λεπτομέρειες σε διάφορα σημεία του ερευνητικού κειμένου. Συνοψίζοντας, να αναφερθούμε στο γεγονός ότι στην έρευνα που διεξήχθη, τα ευρήματα για τη μεταφορά των εμπορευμάτων προς τα εμπρός στην αλυσίδα εφοδιασμού με drones είναι πολυπληθή και παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα, σε σχέση με τους παραδοσιακούς τρόπους παράδοσης.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
❖ Βέλτιστοι χρόνοι παράδοσης ❖ Αυτόνομη και ασφαλέστερη παράδοση ❖ Ελαχιστοποίηση κόστους ενέργειας/εργασίας ❖ Ευέλικτη παράδοση σε δυσπρόσιτες περιοχές ❖ Θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον	❖ Κανονιστικό πλαίσιο ❖ Υψηλή αρχική επένδυση ❖ Περιορισμένη διάρκεια πτήσης/εμβέλεια ❖ Χωρητικότητα φορτίου μεταφοράς ❖ Κλοπή ❖ Παραβίαση απορρήτου ❖ Καιρικές συνθήκες ❖ Αρχική τιμολογιακή πολιτική

Πίνακας 5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στο μοντέλο Drone delivery

Ειδικότερα, τα πλεονεκτήματα απογειώνουν το LMD, καθώς οι εταιρείες προσπαθούν να ικανοποιούν τις ανάγκες των καταναλωτών που επιζητούν ταχύτερες και λιγότερο

κοστοβόρες υπηρεσίες παράδοσης, με απώτερο στόχο την καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη.



Εικόνα 20. Μεταφορά LMD στην SC

Πηγή άντλησης: <https://intellias.com/last-mile-delivery-logistics/>

Τα σενάρια για τις επιστροφές με drones, που διαθέτουν AI είναι αρκετά καινοτόμα μοντέλα, που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε εθνικό πλαίσιο πέρα από το ευρωπαϊκό. Τα drones delivery είναι δυνατό εργαλείο για τα logistics της πόλης και των επιχειρήσεων λιανικού εμπορίου C2B, καθώς διαθέτουν υψηλή ωριμότητα καινοτομίας και μπορούν να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις αυτών. Αυτό που διαπιστώθηκε είναι ότι δεν έχει ερευνηθεί αρκετά, και είναι ίσως είναι μια πρόκληση για εστιασμένη μελλοντική έρευνα, κατά πόσο είναι εφικτό για τα drones να ενταχθούν ολοκληρωτικά και αυτόνομα στην αντίστροφη ροή εμπορευμάτων, δεδομένου ότι είναι αναγκαία ισχυρή πρόβλεψη και οργάνωση, καθώς επίσης διαθέτουν περιορισμένη χωρητικότητα επί του drone αλλά και των καναλιών συγκέντρωσης. Ίσως μια αρχική λύση για την μεγαλύτερη συλλογή επιστρεφόμενων προϊόντων να ήταν η εφαρμογή που αναφέρθηκε νωρίτερα, σχετικά με το υβριδικό μοντέλο του αυτοκινούμενου οχήματος σε συνδυασμό με drones. Βέβαια και σε αυτή την περίπτωση θα χρειαστεί

αρκετή οργάνωση και προβλέψεις ζητημάτων/σφαλμάτων ώστε να καταστεί το εγχείρημα αποδοτικό και να είναι πια μέρος της καθημερινότητάς μας.

7.2 Μελλοντικές εργασίες

Αυτή η μεταπτυχιακή διατριβή θίγει ένα μελλοντικό θέμα που μπορεί να κατακερματιστεί και να ερευνηθεί λεπτομερέστερα. Ειδικότερα, οι προσομοιώσεις και τα δεδομένα της έρευνας αντλούνται και ανταποκρίνονται προς το παρόν, κυρίως σε χώρες της Αμερικής, της Ευρώπης, της Ινδίας και της Αφρικής και σε ελάχιστο βαθμό στην Ελλάδα. Βάση αυτού, μπορεί να μελετηθεί αρχικά η εφαρμογή αυτών των μοντέλων στην χώρα μας.

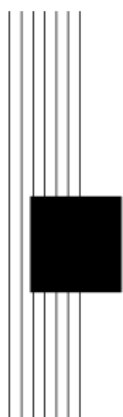
Επιπρόσθετα, λόγω του ότι η μελέτη είναι διερευνητική, αναδύονται αρκετά μελλοντικά ερευνητικά ερωτήματα προς απάντηση σε περίπτωση συνέχισης της εργασίας. Η βάση τη παρούσας διατριβής είναι τα ποιοτικά αποτελέσματα, για αυτό το λόγο θα μπορούσε να συνεχιστεί με λεπτομερέστερη έρευνα με χρήση αυτή τη φορά ποσοτικών δεδομένων και να γίνει συγκριτική ανάπτυξη μεταξύ των σεναρίων αντίστροφου LMD με αυτές τις υπάρχουσες και καινοτόμες περιπτώσεις. Επί παραδείγματι τα ποσοτικά δεδομένα που θα μπορούσαν να μελετηθούν είναι 1) τα κόστη, 2) η χωρητικότητα/βάρος φόρτωσης και 3) η σήμανση με τα χαρακτηριστικά των προϊόντων προς παραλαβή και επιστροφή, με απώτερο στόχο τη σύγκριση των ποσοτικών λύσεων μεταφοράς.

Μια μελλοντική έρευνα θα ήταν δυνατόν να μελετά την αναβάθμιση του σεναρίου DDAM ή την ανάπτυξη νέων, στα οποία θα μπορούσαν να ενσωματωθούν ορισμένες νέες τεχνολογίες που ενδέχεται να έχουν προκύψει στο εγγύς μέλλον ή η εξέλιξη νέων εφαρμογών κάποιων ήδη υφιστάμενων τεχνολογιών. Επιπλέον κάποιες προτάσεις για έρευνα σχετικά με τη διεξοδική μελέτη περίπτωσης των Drones Delivery είναι αρχικά η έρευνα για τη δυνατότητα αναβάθμισης των μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων σε ένα «Υβριδικό μοντέλο drone». Η σκέψη είναι για την κατασκευή του drone με φωτοβολταϊκή επένδυση για ταυτόχρονη φόρτιση μπαταρίας και με απώτερο σκοπό μεγαλύτερη αυτονομία της μπαταρίας καθώς τις ώρες της ημέρας θα ήταν δυνατόν να βρίσκεται σε συνεχή φόρτιση. Μια άλλη μελέτη θα ήταν ο προγραμματισμός για επαναπροσδιορισμό δρομολογίου επιστροφής κατόπιν

αναγνώρισης και αυτοαξιολόγησης από το drone των αναγκών από εντολές που καταχωρούνται από τους χειριστές των αποθηκών διαλογής επιστρεφόμενων ή επισκευών, σύμφωνα με τα αιτήματα των πελατών.

Τώρα ένα άλλο θέμα προς μελέτη είναι η αυτόματη κατανόηση του drone για φόρτιση σε σταθμούς ή κανάλια επαναφόρτισης ίδια με αυτά των αυτοκινήτων ηλεκτρισμού. Δηλαδή πιο συγκεκριμένα η δυνατότητα του drone να εκτελεί πτήση κατά τη διάρκεια του δρομολογίου του, έχοντας τη δυνατότητα αλλαγής του σχεδίου πτήσης ως έκτακτη ανάγκη για φόρτιση και κατεύθυνσή του προς τους φορτιστές οι οποίοι θα διαθέτουν ασύρματη φόρτιση και αυτόματη χρέωση με credits σε λογαριασμό συνδεδεμένο με το drone. Μια άλλη περίπτωση για τον ίδιο λόγο είναι η εκμετάλλευση πελατών με την παροχή φόρτισης αντί της χρέωσης για την υπηρεσία μεταφοράς. Τέλος, ένα άλλο πεδίο μελέτης είναι ίσως αυτά των επιστρεφόμενων προϊόντων προς επισκευή. Αυτά που χρήζουν επισκευής και συμπεριλαμβάνονται στην εγγύηση, θα ήταν εφικτό χωρίς επιβάρυνση του καταναλωτή να παραλάβουν το προϊόν, κατόπιν αιτήματος στην αρμόδια εταιρεία. Ο πελάτης μέσω εφαρμογής θα έχει τη δυνατότητα να ενημερώνεται για την πορεία της κατασκευής αλλά και τη επιστροφής του σε αυτόν.

Συνοψίζοντας, οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν ωθήσει την AI σε κρίσιμη δύναμη τόσο εντός του ψηφιακού επιχειρηματικού οικοσυστήματος όσο και της CE. Η συμβολή που μπορεί να προσφέρει η AI στην RSC, η οποία είναι μια εξαιρετικά σημαντική πτυχή της CE, συζητείται σε αυτή την μεταπτυχιακή διατριβή. Μέσα από την ανάλυση διαφαίνεται η αξία που μπορούν να προσφέρουν οι διάφορες μορφές της AI σε διάφορες καινοτόμες εφαρμογές και καθήκοντα της διαδικασίας RSC. Βέβαια δεν παραλείπονται οι αδυναμίες στην εφαρμογή της AI, αιτίες που κάνει τους ερευνητές να μελετούν τα σφάλματα, τα οποία με τη λύση τους θα οδηγήσουν σε καλύτερα επιχειρηματικά μοντέλα, πιο ευέλικτα και αποδοτικότερα. Κατόπιν όλων αυτών ευελπιστούμε ότι η έρευνα θα φανεί χρήσιμη στους ακαδημαϊκούς αλλά και επαγγελματικούς κύκλους, ώστε να κατανοήσουν περισσότερο τη συνεισφορά της, εμπνέοντας και τους ερευνητές να διεξάγουν περαιτέρω έρευνα σε ό,τι αφορά στις ευκαιρίες και τις προκλήσεις της χρήσης της AI σε καινοτόμες εφαρμογές στην RSC.



Βιβλιογραφία

- [1] W. R. C. C. C. Richard E. Crandall, Principles of Supply Chain Management, London: CRS Press, 2nd Edition, 2015.
- [2] Julian Kirchherr, Denise Reike, Marko Hekkert, "Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions," 19 Sep 2017. [Online]. Available: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3037579.
- [3] A. Wijkman, K. Skånberg, "The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency," 15 February 2017. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society:-Jobs-Wijkman-Sk%C3%A5nberg/5c8e3b3ae3fe3f8ae28a6dbf29817b388460ee29>.
- [4] Sudheer Gupta, Omkar D. Palsule-Desai, "Sustainable supply chain management: Review and research opportunities," 29 September 2011. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0970389611001017>.
- [5] Martin Calisto Friant, Walter J.V. Vermeulen, Roberta Salomone, "A typology of circular economy discourses: Navigating the diverse visions of a contested paradigm," 23 June 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920302354>.
- [6] Δανιά Αικατερίνη, "Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας & Νέες Τεχνολογίες," Μάϊος 2015. [Online]. Available: https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/8747/Dania_Aikaterini.pdf?sequence=1.
- [7] Thu-Trang Thi Doan, Toan Ngoc Bui, "How does supply chain management affect financial performance? Evidence from coffee sector," January 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/345441053_How_does_supply_chain_management_affect_financial_performance_Evidence_from_coffee_sector.

- [8] Elkin Alberto ROA SOLORZANO, "Supply Chain Management (SCM): Theory and Evolution," 12 September 2011. [Online]. Available: https://www.academia.edu/36613910/Supply_Chain_Management_SCM_Theory_and_Evolution.
- [9] Κώστας Π. Παππής, Προγραμματισμός παραγωγής, Σταμούλη Α.Ε., 2006.
- [10] Matthew Wilson, Jeannette Paschen, Leyland Pitt , "The circular economy meets artificial intelligence (AI): understanding the opportunities of AI for reverse logistics," 11 January 2022. [Online]. Available: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MEQ-10-2020-0222/full/html>.
- [11] Ellen MacArthur Foundation, "What is a circular economy?," [Online]. Available: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>.
- [12] S. Russell, P. Norvig, "Artificial Intelligence: A Modern Approach, Third Edition.," 19 January 2011. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370211000142?via%3Dihub>.
- [13] Jeannette Paschen, Jan Kietzmann, Tim Christian Kietzmann , "Artificial intelligence (AI) and its implications for market knowledge in B2B marketing," 7 October 2019. [Online]. Available: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JBIM-10-2018-0295/full/html>.
- [14] T. Davenport, J. Kirby, "Just How Smart Are Smart Machines," 2016. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Just-How-Smart-Are-Smart-Machines-Davenport-Kirby/a9d80b09f21d9d0306766d2c3ba2ce49b4b2b95b>.
- [15] Ming-Hui Huang and Roland T. Rust , "Artificial Intelligence in Service," 2 May 2018. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/toc/jsra/21/2>.
- [16] Dale S. Rogers, Ronald Tibben-Lembke, "AN EXAMINATION OF REVERSE LOGISTICS PRACTICES," 10 May 2011. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00007.x>.
- [17] DOROTA OWCZAREK, "AI in Reverse Supply Chain. Solving the Challenges of Reverse Logistics," 19 SEPTEMBER 2022. [Online]. Available: <https://nexocode.com/blog/posts/ai-in-reverse-supply-chain-the-challenges-of-reverse-logistics/>.
- [18] Sibel A. Alumur, Stefan Nickel, Francisco Saldanha-da-Gama and Vedat Verter, "Multi-period reverse logistics network design," 2012. [Online]. Available: https://econpapers.repec.org/article/eeeejores/v_3a220_3ay_3a2012_3ai_3a1_3ap_3a67-78.htm.
- [19] Hassan Younis, Sundarakani Balan, Prakash Vel, "The impact of implementing green supply chain management practices on corporate performance," May 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/306147905_The_impact_of_implementing_green_supply_chain_management_practices_on_corporate_performance.

- [20] Tuğba Efendigil, Semih Önüt, Elif Kongar, "A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness," March 2008. [Online]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/223565687_A_holistic_approach_for_selecting_a_third-party_reverse_logistics_provider_in_the_presence_of_vagueness.
- [21] Moritz Fleischmann, "Quantitative Models for Reverse Logistics," January 2000. [Online]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/241861216_Quantitative_Models_for_Reverse_Logistics.
- [22] Che, Z.-H., Chiang, T.-A. and Kuo, Y.-C. , "Multi-Echelon Reverse Supply Chain Network Design with Specified Returns using Particle Swarm Optimization. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 8, 6719-6731.," 2012. [Online]. Available:
[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2068244](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2068244).
- [23] Ali Diabat, Devika Kannan, Mathiyazhagan Kaliyan, Davor Svetinovic, "An optimization model for product returns using genetic algorithms and artificial immune system," 19 February 2013. [Online]. Available:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344912002248>.
- [24] Kun Guo, Qishan Zhang, "A Discrete Artificial Bee Colony Algorithm for the Reverse Logistics Location and Routing Problem," 2017. [Online]. Available:
https://econpapers.repec.org/article/wsijitdm/v_3a16_3ay_3a2017_3ai_3a05_3an_3a0219622014500126.htm.
- [25] Hassan Jafarzadeh, Nazanin Moradinasab, Heidar Eskandari, Saeideh Gholami, "Genetic Algorithm for A Generic Model of Reverse Logistics Network," Sep 2017. [Online]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/320726459_Genetic_Algorithm_for_A_Generic_Model_of_Reverse_Logistics_Network.
- [26] Li, J., Wang, J., Pan, Q., Duan, P., Sang, H., Gao, K. and Xue, Y., "Artificial Bee Colony for Optimizing a Reverse Logistics Network System. Soft Computing, 1-18.," 30 June 2017. [Online]. Available:
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2068262](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2068262).
- [27] Hokey Min, Hyun Jeung Ko and Chang Seong Ko, "A genetic algorithm approach to developing the multi-echelon reverse logistics network for product returns," 2006. [Online]. Available:
https://econpapers.repec.org/article/eeejomega/v_3a34_3ay_3a2006_3ai_3a1_3ap_3a56-69.htm.
- [28] C.K.M. Lee, T.M. Chan , "Development of RFID-based Reverse Logistics System," 24 December 2008. [Online]. Available:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417408008774>.

- [29] Lai Mingyong, Cao Erbao, "An improved differential evolution algorithm for vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries and time windows," 29 October 2009. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197609001213>.
- [30] Cheng, Y.-T. and Yang, T., "Simulation of design and analysis of a container reverse-logistics system," 15 Feb 2005. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10170660509509288>.
- [31] JON WERTHEIM, "Automated trucking, a technical milestone that could disrupt hundreds of thousands of jobs, hits the road," 15 MARCH 2020. [Online]. Available: <https://www.cbsnews.com/news/driverless-trucks-could-disrupt-the-trucking-industry-as-soon-as-2021-60-minutes-2020-03-15/>.
- [32] Matthias Klumpp, "Automation and artificial intelligence in business logistics systems: human reactions and collaboration requirements," 03 Oct 2017. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13675567.2017.1384451?journalCode=cjol20>.
- [33] Amy J.C. Trappey, Charles V. Trappey, Chang Ru Wu, "Genetic algorithm dynamic performance evaluation for RFID reverse logistic management," 1 Nov 2010. [Online]. Available: <https://scholar.nycu.edu.tw/en/publications/genetic-algorithm-dynamic-performance-evaluation-for-rfid-reverse>.
- [34] Gül Tekin Temur, Muhammet Balcilar, Hür Bersam Sidal Bolat, "A fuzzy expert system design for forecasting return quantity in reverse logistics network," Apr 2014. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/263406629_A_fuzzy_expert_system_design_for_forecasting_return_quantity_in_reverse_logistics_network.
- [35] Jorge Marx-Gómez, Claus Rautenstrauch, Andreas Nürnberger, Rudolf Kruse, "Neuro-fuzzy approach to forecast returns of scrapped products to recycling and remanufacturing," 5 January 2002. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950705101001289>.
- [36] A. C. L. K. K. K. L. R. P. R. Sarc, "Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management – A review," 29 June 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X19304234>.
- [37] Jim Lawton, "Artificial Intelligence (AI) and Robots: Not what you think," 6 June 2020. [Online]. Available: <https://www.universal-robots.com/blog/ai-and-robots-not-what-you-think/>.
- [38] M.I. Mazhar, S. Kara, H. Kaebernick, "Remaining life estimation of used components in consumer products: Life cycle data analysis by Weibull and artificial neural networks," 30 January 2007. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272696307000204>.
- [39] Christian Thies, Karsten Kieckhäfer, Thomas S. Spengler, Manbir S. Sodhi, "Life cycle sustainability assessment: Lessons learned from case studies," 19 December 2018.

[Online]. Available:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037722171830359X>.

- [40] Guangdong Tian, Yumei Liu, Hua Ke, Jiangwei Chu, "Energy evaluation method and its optimization models for process planning with stochastic characteristics: A case study in disassembly decision-making," 25 August 2011. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835211002397>.
- [41] Tsai C. Kuo, "Waste electronics and electrical equipment disassembly and recycling using Petri net analysis: Considering the economic value and environmental impacts," 5 January 2012. [Online].
- [42] Yi-Fen Yeh, Kennedy Kam Ho Chan, Ying-Shao Hsu, «Toward a framework that connects individual TPACK and collective TPACK: A systematic review of TPACK studies investigating teacher collaborative discourse in the learning by design process,» 28 May 2021. [Ηλεκτρονικό].
- [43] Zixiang Li, Ibrahim Kucukkoc, Zikai Zhang, "Iterated local search method and mathematical model for sequence-dependent U-shaped disassembly line balancing problem," 2 October 2019. [Online].
- [44] ShipWizard, "THE CONNECTION BETWEEN AI AND REVERSE LOGISTICS," 13 June 2018. [Online]. Available: <https://www.shipwizard.net/the-connection-between-ai-and-reverse-logistics/>.
- [45] Danielle Inman Senior Director, Media Relations, "\$428 Billion in Merchandise Returned in 2020," 2021.
- [46] Gartner, "Gartner Experts Answer the Top Generative AI Questions for Your Enterprise," 2023.
- [47] Ellen MacArthur Foundation, "Artificial intelligence and the circular economy: AI as a tool to accelerate the transition," 2019. [Online].
- [48] ELLEN MACARTHUR FOUNDATION | ARCHIVE, "ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE CIRCULAR ECONOMY," 2023. [Online]. Available: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>.
- [49] Euronews and AP, "Hi-tech AI-powered robots are replacing recycling centre workers in Finland," 28 December 2021. [Online]. Available: <https://www.euronews.com/next/2021/12/28/hi-tech-ai-powered-robots-are-replacing-recycling-centre-workers-in-finland>.
- [50] Stephanie Duvault-Alexandre, Consultant, FuturMaster, "Comment: How can AI help the food supply chain?," 17 May 2020. [Online]. Available: <https://supplychaindigital.com/technology/comment-how-can-ai-help-food-supply-chain>.

- [51] ICB Software Innovatio, Success Stories, "Image Recognition of Copper in Scrap via Machine Learning," 19 October 2020. [Online]. Available: <https://www.icb.bg/2020/10/19/image-recognition-of-copper-in-scrap-via-machine-learning/>.
- [52] Tractable, "How Tractable's Auto Inspector helps the recycling industry," 02 November 2021. [Online]. Available: <https://tractable.ai/en/resources/how-ai-inspection-helps-the-recycling-industry>.
- [53] Shawn Dietrich, «Vehicle Recycling Uses AI and 3D Imagery To Reduce Waste,» 14 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://control.com/news/vehicle-recycling-uses-ai-and-3d-imagery-to-reduce-waste/>.
- [54] Euronews.next, "This AI-powered 'smart bin' sorts recycling by itself," 13 September 2022. [Online]. Available: <https://www.euronews.com/next/2022/09/13/this-ai-powered-smart-bin-sorts-recycling-by-itself>.
- [55] Ingrid Nilsson, Ingrid Arvidsson, "Reverse last mile within the furniture sector. An exploratory study of innovative transportation methods," 2019.
- [56] IKEA, "Transforming into a circular business," 2023. [Online]. Available: <https://about.ikea.com/en/sustainability/a-world-without-waste>.
- [57] Anu Thomas, "How Ikea Is Handling Product Returns With AI," 2020.
- [58] Dr. Robert Gordon, Faculty member, American Public University, "Amazon Drones and Reverse Logistics," 12 MAY 2013. [Online]. Available: <https://apuedge.com/amazon-drones-and-reverse-logistics/>.
- [59] Jenkins, D., Vasigh, B., Oster, C., & Larsen T., "Forecast of the Commercial UAS Package," 2017. [Online]. Available: <https://news.erau.edu/-/media/files/news/forecast-commercial-uas-package-delivery-market.pdf>.
- [60] Drone Delivery Canada , "Drone Delivery Canada.com," 2023. [Online]. Available: <https://dronedeliverycanada.com/about-us/>.
- [61] MATTERNET PRESS RELEASE, "Matternet Launches World's Longest Urban Drone Delivery Route," 12 DECEMBER 2022. [Online]. Available: <https://mttr.net/product#top>.
- [62] Jack Daleo, "DHL pulling its Parcelcopter drone, ceasing drone development," 09 August 2021. [Online]. Available: <https://www.freightwaves.com/news/dhl-pulling-its-parcelcopter-drone-ceasing-drone-development>.
- [63] N.-M. & C. U. China Daily, "Alibaba's Drones Deliver Packages to Islands," 10 November 2017. [Online]. Available: <https://www.uasvision.com/2017/11/10/alibabas-drones-deliver-packages-to-islands/>.
- [64] Spright, "Spright," 2023. [Online]. Available: <https://sprightuas.com/technology/>.

- [65] Chatubashini Ranasinghe, "New Trend In Transportation And Logistics: Drone Logistics," 2 January 2023. [Online]. Available: <https://ennilogistics.com/drone-logistics/>.
- [66] EARTH5R, "Role Of Drones In Waste Management," 23 June 2021. [Online]. Available: <https://earth5r.org/role-of-drones-in-waste-management/>.
- [67] S Akash, "What is the Role of Artificial Intelligence in Drone Technology?," 23 March 2023. [Online]. Available: <https://www.analyticsinsight.net/what-is-the-role-of-artificial-intelligence-in-drone-technology/>.
- [68] Aryan Bajaj, "The Power of Artificial Intelligence in Drones," 06 July 2022 . [Online]. Available: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/07/the-power-of-artificial-intelligence-in-drones/>.
- [69] Noppakun Tiwapat, Choosak Pomsing, Peerapop Jomthong, "Last Mile Delivery: Modes, Efficiencies, Sustainability, and Trends," 1 September 2018. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Last-Mile-Delivery%3A-Modes%2C-Efficiencies%2C-and-Trends-Tiwapat-Pomsing/b962259008ca9600ef18e306926682a80330a05d>.
- [70] Quang Minh Ha, Y. Deville, Pham Quang Dung, Minh Hoàng Hà, "A hybrid genetic algorithm for the traveling salesman problem with drone," 21 December 2018. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-hybrid-genetic-algorithm-for-the-traveling-with-Ha-Deville/cec2f8a0ea902aa7e9bbe7d46e037b6dd67088b6>.
- [71] J.-B. S. Zheng Wang, "Vehicle routing problem with drones," 13 March 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191261518307884>.
- [72] Robin Kellermann, Tobias Biehle, Liliann Fischer, "Drones for parcel and passenger transportation: A literature review," 10 May 2020. [Online].
- [73] Hojoon David Yoo, S. Chankov, "Drone-delivery Using Autonomous Mobility: An Innovative Approach to Future Last-mile Delivery Problems," 1 December 2018. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Drone-delivery-Using-Autonomous-Mobility%3A-An-to-Yoo-Chankov/4f9a2d40949a3a8517b2210a19649807081325e0>.
- [74] Maša Slabinac, "Innovative Solutions For A “Last-Mile” Delivery – A European Experience," 2015. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Innovative-Solutions-For-A-%E2%80%9CLast-Mile%E2%80%9D-Delivery-%E2%80%93-A-Slabinac/712f04ebbd1e9fdb42511e0e2fdf5396bfe22859>.
- [75] Στέφανος Τσουλάκης , "Τέταρτοι στον κόσμο οι Έλληνες σε αύξηση διαδικτυακών αγορών," 12 NOEMBΡΙΟΣ 2020. [Online]. Available: https://www.businessdaily.gr/oikonomia/30122_tetartoi-ston-kosmo-oi-ellines-se-ayxisi-diadiktyakon-agonon.
- [76] Fowler Victoria, Medlin Dawn B., Vannoy, Sandra A., "Reverse Logistics: Scenarios Related To Drone," 22-23 MARCH 2018. [Online]. Available:

https://encompass.eku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1340&context=fs_research#page=56.

- [77] AAA | American Automobile Association, "AAA Benefits for International Members Traveling to the United States," 2023. [Online]. Available: <https://www.aaa.com/International/>.
- [78] Written by DroneDeploy, "Landfills Save Time and Money with Drone Mapping," 2017.
- [79] ZOONIVERSE, "The Plastic Tide," 2018.
- [80] Makropoulos, G., Koumaras, H., Setaki, F., Filis, K., Lutz, T., Montowtt, P., Tomaszewski, L., Dybiec, P., & Järvet, T. (2021)., «5G and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Use Cases: Analysis of the Ecosystem, Architecture, and Applications,» σε *Handbook of Research on 5G Networks and Advancements in Computing, Electronics, and Electrical Engineering*, IGI Global, 2021.
- [81] Makropoulos, G., Koumaras, H., Kolometsos, S., Gogos, A., Sarlas, T., Järvet, T., Srinivasan, G., & Setaki, F., «Field Trial of UAV flight with Communication and Control through 5G cellular network,» σε *10.1109/MeditCom49071.2021.9647620*, 2021.
- [82] Ctia, "Up,UpandAway:HowDoDronesWork?," 12 April 2019. [Online]. Available: <https://www.ctia.org/news/up-up-and-away-how-do-drones-work>.

