



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΈΞΥΠΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΒΙΩΣΙΜΕΣ ΠΟΛΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ**



Φοιτητής: ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΑΜ: 44365690226

Επιβλέπων Καθηγητής
ΔΡ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Χ. ΜΟΥΣΑΣ
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Diploma Thesis

**SMART-GREEN-SUNSTAINABLE CITIES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
METHODS**



Student: ANASTASIOU DESPINA
Registration Number: 44365690226

Supervisor
Dr. VASILEIOS X. MOUSAS
Associate Professor

ATHENS-EGALEO, OCTOBER, 2021

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την
εξής τριμελή επιτροπή:

Βασίλειος Μούσας, Αναπλ. Καθηγητής	Ισαάκ Βρυζίδης, Επικ. καθηγητής	Κων/νος Ρεπαπής, Αναπλ. Καθηγητής

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ,
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

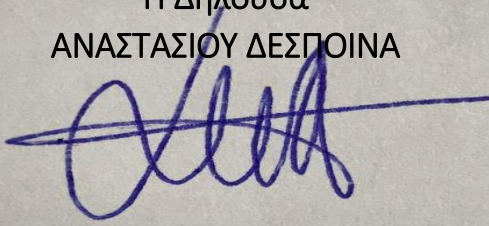
Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ του ΙΩΑΝΝΗ, με αριθμό μητρώου **44365690226** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η

εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου. Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ένα έτος και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Η Δηλούσα
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ



Περίληψη

Με την έλευση της ιδέας των έξυπνων πόλεων, η τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών ενισχύει ολοένα και περισσότερο τον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας των δήμων και την ευημερία των κατοίκων της πόλης ως απάντηση στην αστική ανάπτυξη. Το αντικείμενο της παρούσας έρευνας, δίνει βάση όχι μόνο στην εξέλιξη, αλλά και στην συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης στην ανάπτυξη τόσο έξυπνων όσο και πράσινων-βιώσιμων πόλεων.

Δεν υπάρχει σχεδόν κανένα πεδίο της ανθρώπινης δραστηριότητας, στο οποίο η ψηφιακή τεχνολογία να μην έχει έστω και μια εφαρμογή (E. Schoenherr, Steven 2004). Με αυτόν τον τρόπο αποκτήθηκε η δυνατότητα δημιουργίας «έξυπνων» πόλεων οι οποίες πρόκειται να χρησιμοποιούν την τεχνολογία της πληροφορικής και των επικοινωνιών (ΤΠΕ), καθώς και άλλες τεχνολογίες, για να πετύχουν την βελτίωση της ζωής των πολιτών, την αποδοτικότητα των υποδομών, έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες τους, πάντα με σεβασμό και αγάπη προς το περιβάλλον. Ένα μέρος της διατριβής αναφέρεται στην λειτουργικότητα της γλώσσας προγραμματισμού MATLAB, παρακλάδι της ψηφιακής τεχνολογίας, δείχνοντας έτσι την τεράστια σημασία της έχοντας το πλεονέκτημα της διαρκούς βελτίωσης και ευρείας χρήσης για την ανάπτυξη καινοτομιών.

Επίσης, εντός της εργασίας παρατίθενται παραδείγματα όχι μόνο έξυπνων και βιώσιμων πόλεων αλλά και διαφορετικών ειδών και ομάδων, μελλοντικών σχεδίων, υποδεικνύοντας την σπουδαιότητά τους, έχοντας ως “επίκεντρο” τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Στο τελευταίο μέρος της εργασία αναφέρεται η συνδρομή της MATLAB σε ένα από τα πιο ζωτικά θέματα στον πλανήτη εν έτη 2021, που είναι η σωστή και «έξυπνη» διαχείριση αποβλήτων.

Λέξεις – κλειδιά

Έξυπνες Πόλεις, Πράσινες Πόλεις, Βιωσιμότητα, Τεχνητή Νοημοσύνη, Διαχείριση Αποβλήτων, Απορρίμματα, Ανακύκλωση, Εφαρμογές, Μελέτη, Αττική, Αιγάλεω.

Abstract

With the advent of the idea of smart cities, technology and communication further enhance the way municipalities are organized and function and the well-being of city dwellers in response to urban development. The object of the present research is based not only on the evolution, but also on the contribution of artificial intelligence to the development of both smart and green-sustainable cities.

There is almost no field of human activity in which digital technology does not have even one application (E. Schoenherr, Steven 2004). In this way it was possible to create "smart" cities that will use Internet of Things (IoT), as well as other technologies, to achieve the improvement of citizens' lives, the efficiency of infrastructure, so that to meet their needs, always with respect and love for the environment. Part of the dissertation refers to the functionality of the Traveling Salesman Problem (TSP) & the Solver Microsoft Excel program, branches of digital technology, thus showing its immense importance, having the advantage of continuous improvement and widespread use for the development of innovations.

Most of the dissertation focuses on waste management and specifically solid waste of the Municipality of Egaleo, Attica, proving that Smart Bins can help improve health, economy, traffic, sustainability and job opportunities. This goal was implemented with the help of the above TSP and Solver programs, yielding positive results and further strengthening more the will for application of Smart Bins in Greece as well.

Keywords

Smart Cities, Green Cities, Sustainability, Artificial Intelligence, Waste Management, Refuse, Recycling, Applications, Study, Attica, Egaleo.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της.

Ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κύριο Βασίλειο Μούσα για την συνεχή και απλόχερη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας, την καταλυτική και ξεκάθαρη καθοδήγησή του καθώς υπήρξε πανταχού παρόν σε κάθε βήμα της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Δημήτρη Τζεμπελίκο, Επικεφαλής Διεύθυνσης Σχεδιασμού, Ανάπτυξης και Διαφάνειας του Δήμου Αιγάλεω, για την αψευγάδιαστη συνεργασία του στη συλλογή πληροφοριών όσο αφορά την διαχείριση αποβλήτων του δήμου Αιγάλεω.

Κλείνοντας, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για όλη τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους από την αρχή έως και το τέλος.

Περιεχόμενα

Abstract	- 8 -
Κατάλογος Εικόνων	- 15 -
Κατάλογος Εικόνων	- 15 -
Συντομογραφίες	- 17 -
Γενική Εισαγωγή.....	- 18 -
Γενική Εισαγωγή.....	- 18 -
Αντικείμενο Μελέτης	- 19 -
Στόχος Εργασίας.....	- 19 -
1. Κεφάλαιο 1^ο: Το ενδιαφέρον της Ευρώπης στην ανάπτυξη Έξυπνων Βιώσιμων Πόλων	- 20 -
Εισαγωγή.....	- 20 -
1.1 Έξυπνες Πόλεις.....	- 21 -
1.2 Έξυπνες-Πράσινες-Βιώσιμες Πόλεις	- 23 -
1.3 Τεχνητή Νοημοσύνη	- 26 -
1.3.1 Μέθοδοι Τεχνητής Νοημοσύνης:	- 27 -
1.4 «Πράσινες-Βιώσιμες» πόλεις και Ευρωπαϊκή Ένωση	- 28 -
2 Κεφάλαιο 2^ο: Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης	- 30 -
Εισαγωγή.....	- 30 -
2.1 Εφαρμογή Ψηφιακών Τεχνολογιών σε Πόλεις.....	- 32 -
2.2 Οι 4 Βασικοί Τομείς μιας Έξυπνης Πόλης:.....	- 32 -
2.3 Γενικοί Τομείς:.....	- 35 -
2.3.1 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στις Υποδομές.....	- 36 -
2.3.2 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Στάθμευση	- 37 -
2.3.3 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στη Σήμανση	- 39 -
2.3.4 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εγκληματικότητα	- 40 -
2.3.5 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στις Καιρικές Συνθήκες	- 41 -
2.3.6 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Χαρτογραφική Κάλυψη Γης	- 42 -
2.3.7 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στα Λύματα	- 44 -
2.4 Συγκεκριμένοι Επαγγελματικοί Τομείς:	- 45 -

• 2.4.1	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑΣ	- 45 -
• 2.4.2	ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	- 47 -
2.5	Λίγα λόγια για την κάθε μέθοδο:	- 48 -
•	Τεχνητά Ανοσοποιητικά Συστήματα - Artificial Immune Systems	- 53 -
•	Γενετικός Προγραμματισμός - Genetic Programming.....	- 53 -
•	Παρακολούθηση της δομικής υγείας με βάση την τεχνητή νοημοσύνη στις κατασκευές.....	- 55 -
•	Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο βασισμένο στην τεχνητή νοημοσύνη στην κατασκευή.....	- 56 -
3	Κεφάλαιο 3^ο: Τα πάντα για τις Μεγαλουπόλεις	- 61 -
	Εισαγωγή.....	- 61 -
3.1	Οι 7 κορυφαίες Έξυπνες Πόλεις σε όλο το κόσμο.....	- 61 -
3.2	«πολύ-πολική Μεγαλόπολη»	- 65 -
3.2.1	Παραδείγματα “από πάνω προς τα κάτω” πρωτοβουλιών	- 65 -
3.2.2	Παραδείγματα “από κάτω προς τα πάνω” κινημάτων	- 67 -
3.3	Ενάντια στη Κοινωνική «Δυστοπία» των Μεγαλουπόλεων	- 68 -
3.4	Τα «Έξυπνα Μικρό-Εδάφη» Ανθίζουν.....	- 69 -
3.5	Μεγαλόπολη των Χωριών.....	- 71 -
3.6	Κάθε Πόλη είναι ένα Οικοσύστημα	- 72 -
3.7	Οικολογικά Χωριά - EcoVillages	- 72 -
3.8	EcoCity	- 73 -
3.8.1.	Προς ένα βιώσιμο μέλλον με τη χρήση λιγότερων πόρων	- 73 -
3.8.1	Πόλη Σφουγγάρι - Sponge City	- 75 -
3.9	Μία Ανησυχητική Κοινωνιολογική Πραγματικότητα	- 76 -
3.10	«Citizen City»	- 79 -
3.11	Οι 10 αρχές “ΚΛΕΙΔΙΑ” για τον έκτοτε Σχεδιασμό των Πόλεων	- 80 -
3.12	Φουτουριστικά Πλάνα Εφαρμογής των Παραπάνω Προϋποθέσεων - 82 -	
➤ 3.12.1.	ΑΣΤΙΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ.....	- 82 -
➤ 3.12.2.	ΕΞΥΠΝΑ ΣΠΙΤΙΑ.....	- 83 -
➤ 3.12.3.	ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ	- 83 -
➤ 3.12.4.	ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΓΕΙΤΟΝΙΕΣ	- 84 -

➤ 3.12.5. ΑΝΘΕΚΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	- 85 -
3.13 Έξυπνες Πόλεις από το ΜΗΔΕΝ	- 85 -
3.14 Το Σχέδιο για το '21	- 92 -
3.15 Πίνακας Ελέγχου 2020 και Μελλοντικά Σχέδια	- 92 -
3.16 Εικονικότητα από την αρχή: Μοντέλο Πρόσφορων Κινδύνων	- 93 -
4 Κεφάλαιο 4^ο: Η συμβολή της Τεχνολογίας Πληροφοριών στη βιωσιμότητα και μία πρώτη αναφορά στους έξυπνους κάδους	- 95 -
Εισαγωγή.....	- 95 -
4.1 Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων για Εφαρμογή σε Έξυπνες Πόλεις ..	- 95 -
4.2 Υπόδειγμα Διαχείρισης Αποβλήτων με IoT	- 98 -
4.3 Μελλοντικά Σχέδια.....	- 102 -
4.4 Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων	- 103 -
4.5 Ανάγκη & Σημασία της Μελέτης	- 103 -
4.6 «Έξυπνοι Κάδοι Απορριμμάτων - <i>E-BINs</i> »	- 104 -
5 Κεφάλαιο 5^ο: Η συλλογή πληροφοριών για την διαχείριση αποβλήτων του δήμου Αιγάλεω	- 109 -
Περιπτωσιακή Μελέτη – Case Study	- 109 -
5.1 Αττική και Απορρίμματα.....	- 109 -
5.2 Ερευνητικές Μέθοδοι.....	- 110 -
Περιοχή Μελέτης: Αιγάλεω	- 110 -
• 5.3. ΚΑΝΟΝΙΚΟΙ ΚΑΔΟΙ.....	- 112 -
• 5.4. ΚΑΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ	- 118 -
5.5. Αποκομιδή Απορριμμάτων	- 121 -
5.6. Προβλήματα που αντιμετωπίζει ο Δήμος.....	- 123 -
6 Κεφάλαιο 6^ο: Εύρεση βέλτιστων διαδρομών συλλογής απορριμμάτων στο Αιγάλεω με TSP & Solver	- 125 -
Εισαγωγή.....	- 125 -
6.1 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	- 125 -
6.2 Κανονικοί Κάδοι Απορριμμάτων	- 126 -
6.2.1 Συλλογή Πληροφοριών	- 126 -
6.2.2 Εύρεση Απόστασης με Travelling Salesman Problem (TSP).....	- 128 -
6.2.3 Συμμετρικός Πίνακας Αποστάσεων.....	- 129 -

6.2.4 1 ^ο βήμα Εφαρμογής Επίλυσης/Solver	- 130 -
6.2.5 Αποτελέσματα βέλτιστης διαδρομής για 100% πληρότητα κάδων	- 132 -
6.2.6 2 ^ο βήμα εφαρμογής Επίλυσης/Solver με ποσοστιαία μείωση του αριθμού των κάδων.....	- 132 -
6.2.7 Πίνακας αποτελεσμάτων και τα διαγράμματα απεικόνισής τους	- 137 -
6.3 Ανακυκλώσιμοι Κάδοι Απορριμμάτων.....	- 142 -
6.3.1 Συλλογή Πληροφοριών	- 142 -
6.3.2 Εύρεση απόστασης με Travelling Salesman Problem (TSP).....	- 143 -
6.3.3 Συμμετρικός Πίνακας Αποστάσεων.....	- 144 -
6.3.4 1 ^ο βήμα Εφαρμογής της Επίλυσης/Solver	- 145 -
6.3.5 Αποτελέσματα βέλτιστης διαδρομής για 100% πληρότητα κάδων	- 146 -
6.3.6 2 ^ο βήμα Εφαρμογής της Επίλυσης/Solver με ποσοστιαία μείωση του αριθμού των κάδων.....	- 147 -
6.3.7 Πίνακας Αποτελεσμάτων και τα Διαγράμματα απεικόνισής τους	- 151 -
6.4 Τα Πλεονεκτήματα.....	- 156 -
6.4.1 Περιβάλλον	- 156 -
6.4.2 Εργατικό Δυναμικό	- 157 -
6.4.3 Κυκλοφορία.....	- 157 -
6.5 Η γνώμη μου	- 157 -
7 Ανακεφαλαίωση	- 159 -
Βιβλιογραφία	- 160 -

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 - Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης.....	- 27 -
Πίνακας 2 - Σύνολο Δεδομένων Κάδου Απορριμμάτων.....	- 98 -
Πίνακας 3 - Ο Ορισμός κάθε Μεταβλητής.....	- 100 -
Πίνακας 4 - Παράδειγμα Αλγορίθμου	- 101 -
Πίνακας 5 - Δεδομένα Διαδρομών Κανονικών Κάδων	- 116 -
Πίνακας 6- Δεδομένα Διαδρομών Κάδων Ανακύκλωσης.....	- 119 -
Πίνακας 7 - Ερωτηματολόγιο	- 123 -
Πίνακας 8 - Πληροφορίες και Στοιχεία Κανονικών Κάδων.....	- 127 -
Πίνακας 9 - Συγκριτικός Πίνακας – Αρχικών Κάδων Ανακύκλωσης	- 129 -
Πίνακας 10 - Συγκριτικός Πίνακας.....	- 129 -
Πίνακας 11 - Διαχωρισμός Κάδων (Boards) - Εφαρμογή Solver	- 131 -

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 - Μικρογραφία Έξυπνης Πόλης	- 21 -
Εικόνα 2 - Songdo International Business District.....	- 23 -
Εικόνα 3 - Τεχνητή Νοημοσύνη και Άνθρωπος.....	- 26 -
Εικόνα 4 - Εφαρμογές IoT Έξυπνων Πόλεων	- 31 -
Εικόνα 5 - Car Sharing	- 33 -
Εικόνα 6 - Έξυπνοι Κάδοι και Διαχείριση Αποβλήτων.....	- 34 -
Εικόνα 7 - Έξυπνη Στάθμευση	- 38 -
Εικόνα 8 - Έξυπνη Σήμανση.....	- 39 -
Εικόνα 9 - Έξυπνος Μετεωρολογικός Σταθμός	- 42 -
Εικόνα 10 - GIS	- 43 -
Εικόνα 11 - Εφαρμογή GAN.....	- 47 -
Εικόνα 12 - Tamar Bridge UK.....	- 56 -
Εικόνα 13 - Smart London DashBoard.....	- 63 -
Εικόνα 14 - SonDo	- 65 -
Εικόνα 15 - Brescia	- 66 -
Εικόνα 16 - Botanicalls Arduino.....	- 67 -
Εικόνα 17 - MegaCities.....	- 68 -
Εικόνα 18 - Superilles3/Superblocks - Spain	- 71 -
Εικόνα 19 - Περιβάλλον και Ιντερνετ	- 74 -
Εικόνα 20 - Η Πόλη των Πολιτών	- 77 -
Εικόνα 21 - Εξώφυλλο Citizen City - Βανκούβερ Καναδάς.....	- 79 -
Εικόνα 22 - CityNOW project - Αμερική	- 87 -
Εικόνα 23 - Chengdu Great City - Μελλοντικό πλάνο Έξυπνης Πόλης.....	- 88 -
Εικόνα 24 - Yarrabend - Μελβούρνη Αυστραλίας.....	- 89 -
Εικόνα 25 - Smart City Dubai.....	- 91 -
Εικόνα 26 - SideWalk Labs - Τορόντο Καναδάς.....	- 93 -
Εικόνα 27 - SideWalk Labs - Τορόντο Καναδάς.....	- 94 -
Εικόνα 28 - Εικονογράφιση Έξυπνων Κάδων στην Ελλάδα.....	- 111 -
Εικόνα 29 - Διαδρομές Απορριματοφόρων Κανονικών Κάδων - Google Maps.....	- 117 -
Εικόνα 30 - Γεωγραφικές Συντεταγμένες: σύγκριση AutoCAD – Google Maps.....	- 118 -
Εικόνα 31- Διαδρομές Απορριματοφόρων Ανακύκλωσης - Google Maps-	120 -
Εικόνα 32 - Γεωγραφικές Συντεταγμένες: σύγκριση AutoCAD – Google Maps.....	- 121 -
Εικόνα 33 - Εύρεση Απόστασης - Api Key	- 128 -

Εικόνα 34 - Microsoft Visual Basic for Applications	128 -
Εικόνα 35 - Εύρεση Βέλτιστης Διαδρομής - Εφαρμογή Solver	132 -
Εικόνα 36 - Ποσοστιαίος Διαχωρισμός - Εφαρμογή Solver	136 -
Εικόνα 37 - Συνολική Απόσταση - Πριν και Μετά τον TSP	136 -
Εικόνα 38 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα-	137 -
Εικόνα 39 – Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP	137 -
Εικόνα 40 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)-	138 -
Εικόνα 41 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα-	139 -
Εικόνα 42 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP	139 -
Εικόνα 43 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)-	140 -
Εικόνα 44 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα-	140 -
Εικόνα 45 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP	141 -
Εικόνα 46 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)-	141 -
Εικόνα 47 - Πληροφορίες και Στοιχεία - Κανονικών Κάδων (1 ^ο έως 11 ^ο κάδο)	142 -
Εικόνα 48 - Πληροφορίες και Στοιχεία - Κανονικών Κάδων (213ο έως 226ο κάδο)	142 -
Εικόνα 49 - Εύρεση Απόστασης - Api Key	143 -
Εικόνα 50 - Συγκριτικός Πίνακας	144 -
Εικόνα 51 - Διαχωρισμός Κάδων (Boards) - Εφαρμογή Solver.....	146 -
Εικόνα 152 - Εύρεση Βέλτιστης Διαδρομής - Εφαρμογή Solver	146 -
Εικόνα 53 - Ποσοστιαίος Διαχωρισμός - Εφαρμογή Solver	150 -
Εικόνα 54 - Συνολική Απόσταση - Πριν και Μετά τον TSP	150 -
Εικόνα 55 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα-	151 -
Εικόνα 56 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP	151 -
Εικόνα 57 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)-	152 -
Εικόνα 58 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα-	152 -
Εικόνα 59 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP	153 -
Εικόνα 60 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)-	153 -
Εικόνα 61 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα-	154 -
Εικόνα 62 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP	154 -
Εικόνα 63 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)-	154 -
Εικόνα 64 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα-	155 -
Εικόνα 65 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP	155 -
Εικόνα 66 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)-	155 -
Εικόνα 67 - Λειτουργία Έξυπνων Κάδων	158 -

Συντομογραφίες

IoT: Internet of Things - Δίκτυο Πραγμάτων

VUT: Vienna Technological University - Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Βιέννης

OHE: Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

IBM: International Business Machines - Διεθνή Μηχανήματα Επιχειρήσεων

ΤΠΕ: Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας

AI: Artificial Intelligence - Τεχνητή Νοημοσύνη

GE: General Electric Healthcare - Όμιλος Ετερογενών Επιχειρήσεων

TSP: Travelling Salesman Problem - Πρόβλημα Πλανόδιου Πωλητή

LR: Logistic Regression – Λογιστική Παλινδρόμηση

Γενική Εισαγωγή

Οι πόλεις αποτελούν όλο και περισσότερο το επίκεντρο γενικότερων μεταβολών με τη συνεχή αύξησης του ποσοστού του. Οι κύριες παγκόσμιες εξελίξεις συναρτώνται όλο και περισσότερο με τις πόλεις, λόγω της όλο και μεγαλύτερης διευρυμένης αστικοποίησης. Ειδικότερα, εφόσον ο πλανήτης μας γίνεται όλο και πιο «αστικός», ο συγκεκριμένος χώρος αποτελεί το επίκεντρο του ενδιαφέροντος όλων των φορέων διακυβέρνησης. Η αύξηση του αστικού πληθυσμού οφείλεται αφενός στη μετανάστευση από αγροτικές περιοχές σε πόλεις με την ελπίδα για καλύτερο επίπεδο διαβίωσης, εύρεσης εργασίας, δυνατότητες καλύτερης εκπαίδευσης και περίθαλψης, προσβασιμότητα σε δημόσιες υπηρεσίες κ.λπ. – αφετέρου στη μετανάστευση από φτωχές χώρες ή χώρες με κοινωνικές και στρατιωτικές συγκρούσεις προς τις αναπτυσσόμενες χώρες (Mircea Eremia et al., 2017). Βάσει εκτιμήσεων του ΟΗΕ ο παγκόσμιος πληθυσμός θα συνεχίσει να αυξάνεται τα επόμενα χρόνια και αναμένεται να φθάσει σε 8,9 δις το 2050 (United Nations, 2017). Σήμερα, 55% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει στις πόλεις, ενώ μέχρι το 2050 το ποσοστό αυτό θα έχει ανέλθει σε 68% (United Nations, 2018). Το ποσοστό του αστικού στον συνολικό πληθυσμό είναι ακόμα πιο αυξημένο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ).

Τα τελευταία χρόνια, στρατηγικές και δέσμες στόχων και παρεμβάσεων στις πόλεις, αρθρώνονται γύρω από τις έννοιες της «έξυπνης πόλης», της «πράσινης πόλης» και της «κοινωνικά δίκαιης» πόλης. Η υλοποίηση παρεμβάσεων που εντάσσονται σε αυτή την προσέγγιση επηρεάζει όλο και περισσότερο τον σχεδιασμό των πόλεων. Οι αρχές και οι φορείς της μεγάλης πλειοψηφίας των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και της χώρας μας προωθούν με αυξανόμενο ρυθμό «έξυπνες» και «πράσινες» παρεμβάσεις, προσδοκώντας πολλά από αυτές για την επίλυση των προβλημάτων τους. Όπως είναι αναμενόμενο, προσπαθούν να αντλήσουν διδάγματα από την εμπειρία πιο «προχωρημένων» πόλεων σε αυτό το πεδίο. Παράλληλα με αυτές τις τάσεις, έχουμε δει μια ταχεία ψηφιοποίηση εντός της κοινωνίας. Στις πολιτικές πρακτικές, η ψηφιοποίηση θεωρείται σημαντική διάσταση στην παροχή καλύτερων και βιώσιμων υπηρεσιών στους πολίτες της. Ως αποτέλεσμα, η έξυπνη πόλη έχει αναδειχθεί ως έννοια και προσέγγιση του σύγχρονου πολεοδομικού σχεδιασμού και ανάπτυξης.

Αντικείμενο Μελέτης

Οι πόλεις αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις που συνδέονται με παγκόσμιες τάσεις. Οι κυριότερες σημερινές προκλήσεις/προβλήματα των πόλεων συναρτώνται τόσο με την παγκοσμιοποίηση και την μετάβαση στην ψηφιακή οικονομία, όσο και με τις αυξανόμενες περιβαλλοντικές πιέσεις: υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, ρύπανση του αέρα, του εδάφους και των υδάτων, συναρτώμενες και με την κλιματική αλλαγή – όπως και του δομημένου περιβάλλοντος: χρήσεις γης, κτίρια, φυσιολογία των πόλεων.

Στόχος Εργασίας

Με βάση όλα τα προαναφερόμενα προβλήματα το επίκεντρο της εργασίας είναι η σωστή και έξυπνη διαχείριση αποβλήτων μέσω των έξυπνων κάδων. Η ορθή και αποτελεσματική χρήση τους θα επιφέρει μεγάλη ανακούφιση στην υγεία των ανθρώπων και του περιβάλλοντος αλλά και στην οικονομία της χώρας.

1. Κεφάλαιο 1^ο: Το ενδιαφέρον της Ευρώπης στην ανάπτυξη Έξυπνων Βιώσιμων Πόλων

Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται μία επισκόπηση της συνολικής εργασίας και έρευνας που πραγματοποιήθηκε. Ξεκινά με το διαχωρισμό του τίτλου της διατριβής σε επιμέρους κομμάτια, συνεχίζοντας με την ανάλυση και την ανάπτυξη της σημασίας τους από το παρελθόν έως και τα μελλοντικά, φουτουριστικά πλάνα που εξετάζονται και πραγματοποιούνται. Τέλος σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά πάνω στο ενδιαφέρον, τη συνδρομή και τις άμεσες - έμμεσες παρεμβάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην υλοποίηση των «έξυπνων» αλλά και «πράσινων» πόλεων, τονίζοντας τη σημασία της βιωσιμότητας στη κοινή πορεία και των δύο.

1.1 Έξυπνες Πόλεις



Εικόνα 1 - Μικρογραφία Έξυπνης Πόλης

«Μπορούμε να δούμε ποια αυτοκίνητα οδηγούν πού και με ποια ταχύτητα... μπορούμε να δούμε αν οι άνθρωποι κρατούν μια απόσταση, αν οι άνθρωποι φορούν τις μάσκες προσώπου τους και μπορούμε να ενεργήσουμε σε αυτό και να τους ζητήσουμε να το κάνουν διαφορετικά», εξήγησε ο Maarten Sukel, επικεφαλής τεχνητής νοημοσύνης της πόλης του Άμστερνταμ.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το να είσαι «έξυπνος» στις ημέρες είναι δημοφιλές. Τα έξυπνα τηλέφωνα έχουν στην «κηδεμονία» τους όλο και περισσότερες έξυπνες συσκευές από έξυπνα ρολόγια έως έξυπνα ψυγεία. Επομένως η έννοια του έξυπνου είναι παρόμοια, δηλαδή μια συσκευή γίνεται αυτομάτως έξυπνη όταν μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο. Όσον αφορά την «έξυπνη πόλη», η έννοια του έξυπνου δεν είναι τόσο προφανής. Ωστόσο, η ιδέα μιας έξυπνης πόλης έχει γίνει δημοφιλής την τελευταία δεκαετία και δεν δείχνει σημάδια επιβράδυνσης.

Το 2014, η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών ανέλυσε πάνω από 100 ορισμούς για τις έξυπνες πόλεις και πρότεινε τον παρακάτω ορισμό:

«Μια έξυπνη αειφόρος πόλη είναι μια καινοτόμος πόλη που χρησιμοποιεί ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών) και άλλα μέσα για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, της αποδοτικότητας των αστικών λειτουργιών, των υπηρεσιών και της ανταγωνιστικότητας, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα ότι ανταποκρίνεται στις ανάγκες των σημερινών και των μελλοντικών γενεών όσον αφορά στις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές πτυχές» σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη / Οικονομικό και το Κοινωνικό Συμβούλιο, 2016(United Nations, Economic and Social Council).

Η ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων οδηγεί στην υιοθέτηση ψηφιακών πρακτικών για τη βελτιστοποίηση των αστικών ροών, τη διευκόλυνση της παροχής βασικών υπηρεσιών στους πολίτες μέσω της ψηφιακής επικοινωνίας και την αντιμετώπιση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αξιοποιώντας τη σύγχρονη τεχνολογία. Μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες τεχνολογίας όπως η IBM και η Cisco ,που έχουν διαδώσει την ιδέα των έξυπνων πόλεων, συμπεριλαμβάνουν τη χρήση περισσότερης τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) στις πόλεις. Μερικές κυβερνητικές πρωτοβουλίες βασίζονται σε παρόμοια έμπνευση με επίκεντρο τις ΤΠΕ(Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2012), ενώ άλλες πρωτοβουλίες αφήνουν την έννοια της έξυπνης πόλης να σημαίνει σχεδόν οτιδήποτε (Ινδικό Υπουργείο Αστικής Ανάπτυξης 2015).

Κάποιος μπορεί να αναρωτιέται αν το έξυπνο έχει καθόλου νόημα από την άποψη της πόλης. Μεγάλος αριθμός εμπειριστατωμένων ερευνών έχει δείξει ότι η αξιοποίηση της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών, συναρτάται στενά με τις επικρατούσες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες στις πόλεις και μπορεί να συμβάλει στην επίλυση μόνο συγκεκριμένων προβλημάτων ή κάποιων τομέων των συγκεκριμένων προβλημάτων των πόλεων. Συνακόλουθα, για την καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων «έξυπνης δράσης» είναι απαραίτητο, εκτός των άλλων, να εντοπιστούν οι δράσεις οι οποίες έχουν ουσιαστική επίδραση στην συνολικά «έξυπνη» και «πράσινη» ανάπτυξη των πόλεων. Δεν αρκεί όμως να δίνεται έμφαση των «έξυπνων δράσεων» μόνο στις νέες τεχνολογίες για την ανάπτυξη νέας αστικής οικονομίας, αλλά εφόσον ενταχθούν κατάλληλα να μπορούν να εξυπηρετήσουν και «πράσινους» στόχους.

1.2 Έξυπνες-Πράσινες-Βιώσιμες Πόλεις



Εικόνα 2 - Songdo International Business District

«Η ιδέα ήταν ότι εάν ενσωματώσετε την τεχνολογία στην αρχή, ενσωματώσετε ευκαιρίες για μεγάλα δεδομένα και μεγάλες τεχνολογίες και βάλετε ένα εκπληκτικό ποσό επενδύσεων σε συστήματα διαχείρισης αποβλήτων και επιτήρηση, ότι η πόλη θα είναι πιο έξυπνη και οι άνθρωποι θα την αγαπήσουν. Αλλά αυτό δεν συμβαίνει πάντα», εξηγεί ο Jason Romeroy, βραβευμένος αρχιτέκτονας, ιδρυτής της διεπιστημονικής εταιρείας σχεδιασμού και έρευνας Romeroy Studio και του ιδρύματος βιώσιμης εκπαίδευσης, της Ακαδημίας Romeroy.

Ενώ οι ιδέες για έξυπνες πόλεις μπορεί να επηρεάσουν πολλές πτυχές των πόλεων, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα είναι ένα ζήτημα όπου η επιρροή θα μπορούσε να είναι εκτεταμένη. Η βιωσιμότητα και η εξυπνάδα είναι αμφότερες, αμφισβητούμενες έννοιες με πολλές ερμηνείες. Μια έξυπνη βιώσιμη πόλη είναι μια καινοτόμος πόλη που χρησιμοποιεί ΤΠΕ για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, της αποτελεσματικότητας των αστικών λειτουργιών και υπηρεσιών και της ανταγωνιστικότητας, διασφαλίζοντας παράλληλα την ανταπόκριση στις ανάγκες των σημερινών και των μελλοντικών γενεών όσον αφορά τις οικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές και πολιτιστικές πτυχές. Οι έξυπνες βιώσιμες πόλεις χρειάζονται μια υποδομή τηλεπικοινωνιών που να είναι σταθερή, ασφαλής, αξιόπιστη και διαλειτουργική για την

υποστήριξη ενός τεράστιου όγκου εφαρμογών και υπηρεσιών που βασίζονται στις ΤΠΕ.

«Στην αναζήτηση ενός νέου προτύπου ανάπτυξης που θα υπηρετεί τον άνθρωπο και τις πραγματικές του ανάγκες και που θα αντιμετωπίζει το περιβάλλον ως αναπτυξιακό απόθεμα, υιοθετήθηκε η δέσμη εννοιών για την «αιφόρο ανάπτυξη», δηλαδή μια ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους» αναφέρθηκε στην έκθεση Brundtland των Ηνωμένων Εθνών το 1992

Τα κράτη μέλη του ΟΗΕ συμφώνησαν το 2015 στη δημιουργία ενός κοινού πλαισίου για την αιφόρο ανάπτυξη, με δεκαεπτά στόχους, τους οποίους πρέπει να επιδιώξουν να πετύχουν μέχρι το 2030. Οι στόχοι αυτοί αντικατοπτρίζουν το όραμα της παγκόσμιας κοινότητας για το κοινό επιθυμητό μέλλον και υποδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο η ολιστική προσέγγιση της αιφόρου ανάπτυξης θα επιτευχθεί σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο. Οι στόχοι αυτοί είναι, σε γενικές γραμμές, αναπτυξιακοί, κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί και λειτουργούν σε συνεργασία.

«Η αιφόρος ανάπτυξη είναι εκ των πραγμάτων μια πολυσύνθετη έννοια, η οποία, ταυτόχρονα, απαιτεί ολιστική προσέγγιση. Οι επιστήμονες που εμπλέκονται σε επιμέρους πεδία της αιφόρου ανάπτυξης είναι εύλογο ότι αποδίδουν προτεραιότητα σε διαφορετικά ειδικά πεδία της αιφορίας. Ακόμα, η αιφόρος ανάπτυξη μπορεί να απαιτεί διαφορετικές δράσεις σε επιμέρους κατηγορίες χωρών και περιοχών του κόσμου. Πάντως, μια συχνά χρησιμοποιούμενη διάκριση βασικών πτυχών της αιφορίας, η οποία επιπλέον μπορεί να συναρμοστεί καλύτερα με την ανάλυση χωρικών στρατηγικών σε ομάδες στόχων και δράσεων, διακρίνει τρεις βασικές πτυχές: την αναπτυξιακή, την «καθαυτό περιβαλλοντική» και την κοινωνική. Η εξειδίκευση της «αιφόρου ανάπτυξης» στην περίπτωση των πόλεων έχει οδηγήσει στη συγκρότηση πολλών σχετικών ειδικών προσεγγίσεων» έχει δηλώσει ο Μηνάς Αγγελίδης, ομότιμος καθηγητής στο τμήμα Πολεοδομικού και Περιφερειακού Σχεδιασμού της Σχολής Αρχιτεκτονικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Από την «αιφόρο» στην «πράσινη» ανάπτυξη και από τις «αιφόρες πόλεις» στις «πράσινες πόλεις», η εννοιολογική απόσταση δεν είναι πολύ μεγάλη. Μπορούμε να εκτιμήσουμε ότι η «πράσινη ανάπτυξη» και, αντίστοιχα η «πράσινη πόλη», θέτουν ορισμένους σαφείς

και φιλόδοξους περιβαλλοντικούς στόχους, σε συνάρτηση και με την θεματολογία της κλιματικής αλλαγής. Ενδεικτικά, στο: The Environmental Magazine 2009, χαρακτηρίζονται ως «πράσινες πόλεις» (Green Cities) οι πόλεις που προσπαθούν να μειώσουν τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τα απόβλητα και τις εκπομπές ρύπων, να επεκτείνουν τις δραστηριότητες της ανακύκλωσης, να βελτιώσουν την πυκνότητα κατοίκησης, να διευρύνουν τον ανοιχτό χώρο και να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη βιώσιμων τοπικών επιχειρήσεων.

Σύμφωνα με την μελέτη του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου της Βιέννης / VUT κύριοι τομείς δράσης μιας *έξυπνης πόλης* είναι:

- η οικονομία και η καινοτομία – νέες τεχνολογίες,
- η ενέργεια, το περιβάλλον και η κινητικότητα -κοινοί θεματικοί τομείς με την «πράσινη πόλη»
- η διακυβέρνηση και η κοινωνία

Κινητήρια δύναμη για τις «έξυπνες οικονομίες» θεωρείται η καινοτομία και οι νέες τεχνολογίες. Στόχος είναι η συνεχής απόκτηση και διάδοση γνώσεων μέσα από την ενεργή υποστήριξη της εκπαίδευσης και της έρευνας καθώς και η ανάπτυξη του επιχειρηματικού πνεύματος, της καινοτομίας, της παραγωγικότητας και της ευελιξίας.

Οι βασικές κατηγορίες μελέτης στις οποίες στηρίχθηκε σχετική αξιολόγηση του Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο της Βιέννης / VUT για τις *πράσινες πόλεις* είναι:

- οι εκπομπές CO₂
- η κατανάλωση ενέργειας
- τα κτήρια
- οι μεταφορές
- το νερό
- τα απορρίμματα
- οι χρήσεις γης
- η ποιότητα του αέρα
- η περιβαλλοντική πολιτική.

Τα χαρακτηριστικά που αξιολόγησε το VUT για την κατηγορία του περιβάλλοντος ήταν: η ελκυστικότητα του φυσικού περιβάλλοντος, η ρύπανση του περιβάλλοντος, η προστασία του και η βιώσιμη διαχείριση πόρων. Ωστόσο η έννοια του περιβάλλοντος διεισδύει και

στις υπόλοιπες κατηγορίες όπως είναι η οικονομία στην πράσινη μορφή της, δαπάνες έρευνας και ανάπτυξης στον πράσινο τομέα, η πράσινη κινητικότητα με βιώσιμα, καινοτόμα και ασφαλή συστήματα μεταφορών, η διακυβέρνηση σχετικά με τις ακολουθούμενες περιβαλλοντικές πολιτικές και τη συμμετοχή του κοινού σε αυτές (προσβασιμότητα δεδομένων, ενημέρωση, δραστηριότητα), η εκπαίδευση σε θέματα περιβάλλοντος και η επιπτώσεις αυτής στο επίπεδο διαβίωσης των κατοίκων, η συμμετοχή σε εθελοντική εργασία (όπως π.χ. δενδροφυτεύσεις, καθαρισμός ελεύθερων χώρων, ανακύκλωση), κ.λπ.

1.3 Τεχνητή Νοημοσύνη



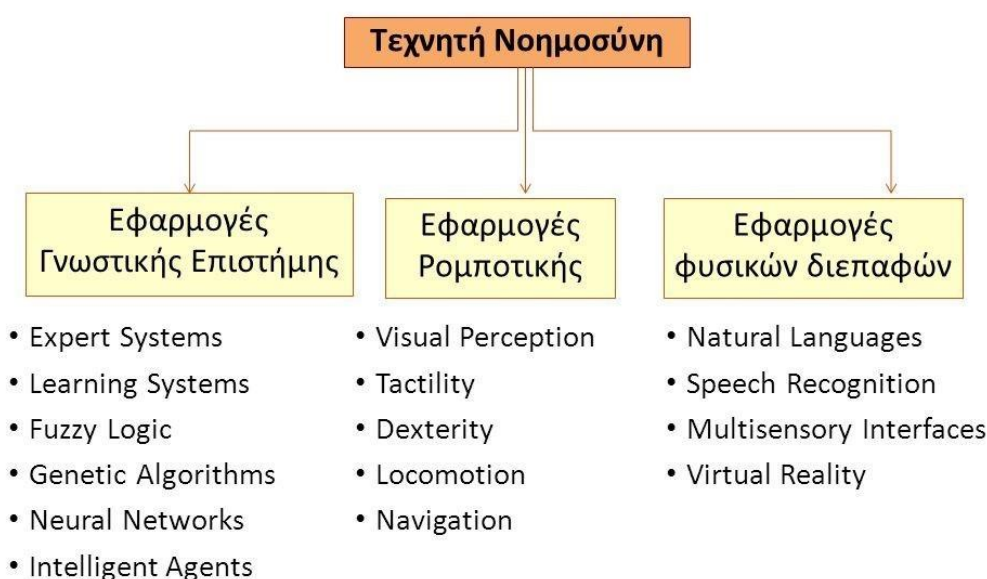
Εικόνα 3 - Τεχνητή Νοημοσύνη και Άνθρωπος

«Ελπίζω πραγματικά να μπορέσουμε να επιτύχουμε μια συμβίωση μεταξύ ανθρώπου και AI. Θέλουμε μια στενή σύνδεση μεταξύ της συλλογικής ανθρώπινης νοημοσύνης και της ψηφιακής νοημοσύνης», δήλωσε πρόσφατα σε συνέντευξή του ο *Elon Musk*, διευθυντής και επικεφαλής τεχνολογικής ανάπτυξης των εταιριών *SpaceX*, *Tesla*, *SolarCity*, *Neuralink*, *The Boring Company* κ.α.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει πώς οι μηχανές μπορούν να εκπαιδευτούν για να μιμούνται τις ανθρώπινες γνωστικές λειτουργίες - εντοπίζοντας μοτίβα, μαθαίνοντας από την εμπειρία ή κατανοώντας εικόνες. Για το πολιτικό μηχανικό η τεχνητή νοημοσύνη στις κατασκευές περιλαμβάνει τη χρήση αυτών των τεχνολογιών για ασφαλέστερα τα κτίρια, μείωση αποβλήτων

και ενίσχυση της αποδοτικότητας ενώ στο τομέα του αρχιτέκτονα η Τεχνητή Νοημοσύνη θα κάνει το έργο του πολύ πιο εύκολο, αναλύοντας ολόκληρα τα δεδομένα και δημιουργώντας μοντέλα που μπορούν να εξοικονομήσουν πολύ χρόνο και ενέργεια. Συνολικά, το AI μπορεί να ονομαστεί εργαλείο εκτίμησης για διάφορες πτυχές κατά την κατασκευή ενός κτιρίου είτε αφορά έναν πολιτικό μηχανικό είτε έναν αρχιτέκτονα.

Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης



Πίνακας 1 - Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης

1.3.1 Μέθοδοι Τεχνητής Νοημοσύνης:

Μεταξύ των μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης (AI), οι κύριοι αλγόριθμοι που εφαρμόζονται στα συστήματα ισχύος είναι:

- Αντιδραστικά μηχανήματα
- Περιορισμένη μνήμη
- Θεωρία του Νου
- Αυτογνωσία
- Τεχνητή Στενή Νοημοσύνη (ANI)
- Τεχνητή Γενική Νοημοσύνη (AGI)
- Τεχνητή Υπέρ-ευφυΐα (ASI)

1.4 «Πράσινες-Βιώσιμες» πόλεις και Ευρωπαϊκή Ένωση

Η ΕΕ έχει υιοθετήσει και προωθήσει στόχους έξυπνης και πράσινης ανάπτυξης περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη μεγάλη περιοχή του πλανήτη. Ένα βασικό στοιχείο αναφοράς της Κοινοτικής προσέγγισης για την «έξυπνη και πράσινη ανάπτυξη» αποτελεί η στρατηγική «Ευρώπη 2020». Αυτή η στρατηγική απεικονίζει τις προσπάθειες της ΕΕ για τη διεύρυνση του στρατηγικού της οικοσυστημικού και τεχνολογικού πλεονεκτήματος μέσω μιας «έξυπνης, διατηρήσιμης και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξης» (ΕΣΠΑ 2014-2020).

Οι στόχοι που τέθηκαν τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο δεν είναι ανεξάρτητοι αλλά αλληλένδετοι και αλληλοενισχυόμενοι: *«η τεχνολογική πρόοδος είναι ο θεμέλιος λίθος των προσπαθειών για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, όπως η ορθολογική διαχείριση των πόρων και η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Η επένδυση στην Έρευνα & Ανάπτυξη και την καινοτομία, καθώς και σε καθαρότερες τεχνολογίες καταπολεμά την κλιματική αλλαγή αλλά ταυτόχρονα δημιουργεί νέες ευκαιρίες επιχειρηματικότητας και αντιμετώπισης της ανεργίας, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα»* ανέφερε το 2010 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Στρατηγική «Ευρώπη 2020»

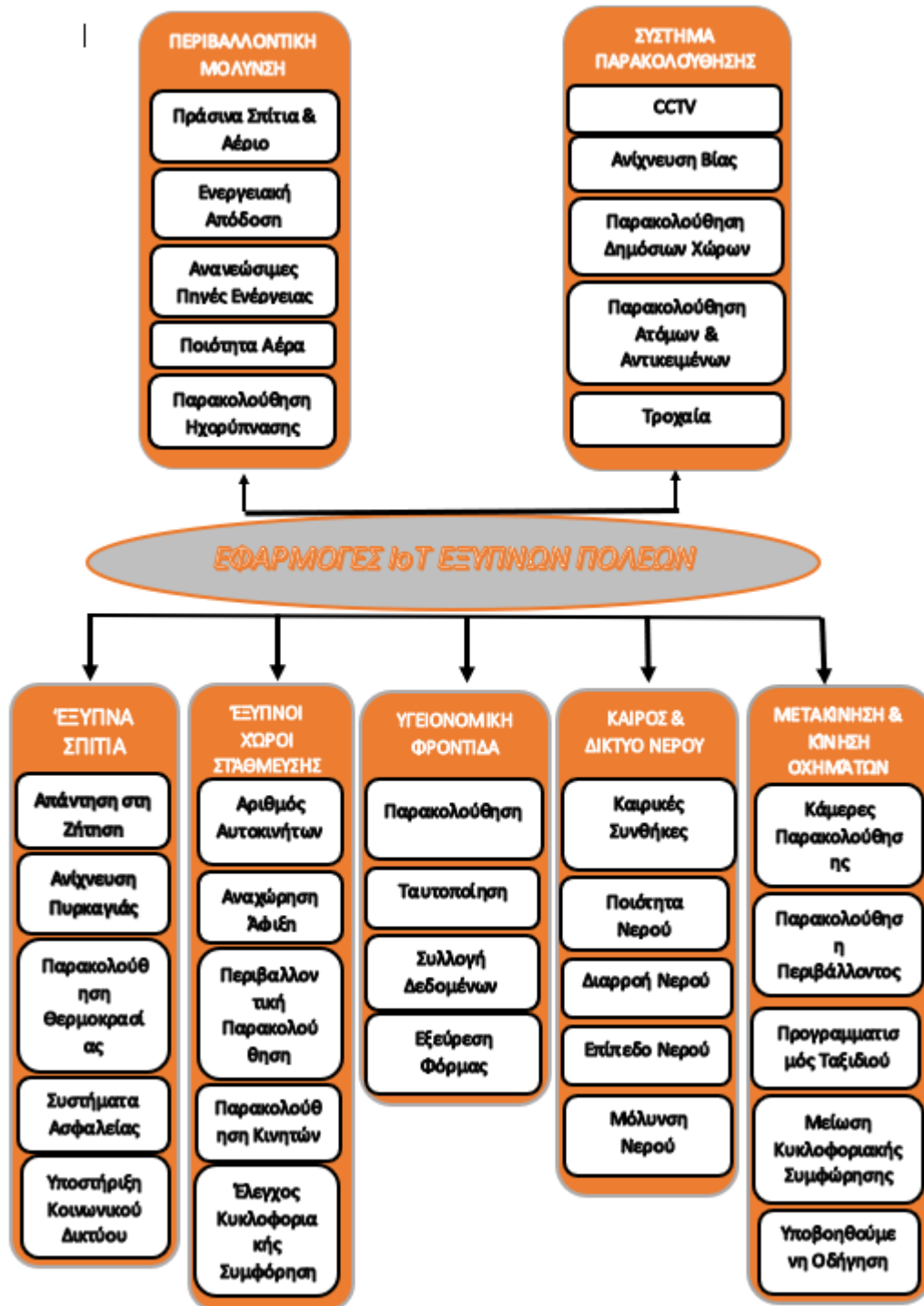
Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι η χρησιμοποίηση των όρων «έξυπνες πόλεις» - «πράσινες πόλεις» - «έξυπνη ανάπτυξη» - «πράσινη ανάπτυξη» έχει μεγάλη επιχειρησιακή χρησιμότητα στη συγκρότηση χωρικών σχεδίων και αστικών σχεδίων, γιατί διευκολύνει την συγκρότηση ολοκληρωμένων (ολιστικών) χωρικών στρατηγικών και παρεμβάσεων. Η υποστήριξη της ΕΕ στην «έξυπνη και πράσινη ανάπτυξη» των πόλεων υλοποιείται μέσα από άμεσες ή έμμεσες παρεμβάσεις κάποιες από τις οποίες αναπτύσσονται παρακάτω:

- Η Ευρωπαϊκή Εταιρική Σχέση Καινοτομίας για τις έξυπνες πόλεις και κοινότητες (EIP-SCC-European Innovation Partnership on Smart Cities) είναι ένα χρηματοδοτικό μέσο της ΕΕ που συγκεντρώνει τις πόλεις, τη βιομηχανία και τους πολίτες για να βελτιώσει την αστική ζωή μέσω βιώσιμων ολοκληρωμένων λύσεων. Αφορά σε προκλήσεις που αντιμετωπίζουν συγκεκριμένες πόλεις σε διαφορετικούς τομείς πολιτικής, όπως η ενέργεια, η κινητικότητα, οι μεταφορές και οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ)
- Αστικά δεδομένα και μελέτες (Urban data and studies) Ενδεικτικά: Συλλογή Πληροφοριών Πόλεων (Smart Cities Information System - SCIS) σε διάφορες πλατφόρμες.
- Ένταξη ορισμένων επιχορηγούμενων προγραμμάτων έρευνας, συνεδρίων κλπ. για τις έξυπνες πόλεις στο πρόγραμμα Horizon 2020.
- Υποστήριξη – επιβράβευση «καλών πρακτικών» που ακολουθούνται από την τοπική αυτοδιοίκηση και τις υπόλοιπες αρχές σε συγκεκριμένες πόλεις. Σε αυτό το πλαίσιο γεννήθηκε η ιδέα για το Βραβείο «Πράσινης Πρωτεύουσας» της Ευρώπης, με στόχο να αναγνωρίζονται και να επιβραβεύονται οι τοπικές προσπάθειες για τη βελτίωση του περιβάλλοντος, της πράσινης οικονομίας και της ποιότητας ζωής στις πόλεις. Το βραβείο απονέμεται κάθε χρόνο σε μια πόλη, όχι απαραίτητα πρωτεύουσα, που ηγείται στον τομέα της φιλικής προς το περιβάλλον αστικής διαβίωσης και συνεπώς μπορεί να λειτουργήσει ως πρότυπο, εμπνέοντας άλλες πόλεις. Ανάμεσα στις πόλεις που βραβεύτηκαν με το Βραβείο Πράσινης Πρωτεύουσας ήταν: η Στοκχόλμη, το Αμβούργο, η Βιτόρια-Γκαστίς, η Νάντη, η Κοπεγχάγη, το Μπρίστολ, η Λιουμπλιάνα, το Έσσεν, το Ναϊμέχεν, το Όσλο και η Λισαβόνα.
- Βραβείο «Πράσινου Φύλλου» το οποίο απευθύνεται σε όλες τις ευρωπαϊκές πόλεις και κωμοπόλεις με πληθυσμό μεταξύ 20.000 και 100.000 κατοίκων, αναγνωρίζει την αφοσίωση στην επίτευξη καλύτερων περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην παραγωγή πράσινης ανάπτυξης και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας (European Commission, European Green Capital 2019).

2 Κεφάλαιο 2^ο: Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης

Εισαγωγή

Η κατανόηση του εύρους και της τεράστιας δύναμης της τεχνητής νοημοσύνης είναι εξίσου δύσκολη όσο και διορατική. Σε αυτό το κεφάλαιο, αρχικά αναλύονται οι κοινοί τομείς επιρροής της ΑΙ. Στη συνέχεια στο γενικό σύνολο γίνεται εκτεταμένη αναφορά στο τομέα του πολιτικού μηχανικού και του αρχιτέκτονα, παρατίθενται θεωρίες, μέθοδοι και παραδείγματα εφαρμογών στα επαγγέλματα αυτά καθώς και τις αδυναμίες που επιφέρουν. Τέλος, γνωστοποιούνται και αναλύονται ήδη υπάρχουσες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στο τομέα του Πολιτικού Μηχανικού.



Εικόνα 4 - Εφαρμογές IoT Ξευπνων Πόλεων

2.1 Εφαρμογή Ψηφιακών Τεχνολογιών σε Πόλεις

«Οι τεχνολογίες μίας Smart City περιλαμβάνουν τέσσερα βασικά στοιχεία: αισθητήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας, της ρύπανσης, της κίνησης των ανθρώπων, της αλλαγής θερμοκρασίας κ.ο.κ. τις τεράστιες ποσότητες δεδομένων που ρέουν σε πραγματικό χρόνο από αυτές τις συνδεδεμένες συσκευές. Τα ισχυρά αυτά συστήματα (οι λεγόμενοι υπολογιστές) είναι ικανά να κατανοήσουν όλα αυτά τα δεδομένα και έχουν την ικανότητα να αναλάβουν δράση όταν και όπου χρειαστεί.» δηλώνει ο Arnould de Meyer Βέλγος ακαδημαϊκός εδραιωμένος στην Σιγκαπούρη.

2.2 Οι 4 Βασικοί Τομείς μιας Έξυπνης Πόλης:

✓ Ενέργεια

Στόχος είναι: η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και πόρων, η ορθολογική διαχείρισή τους, η εφαρμογή διαδικασιών έξυπνης «εφοδιαστικής αλυσίδας» και η χρήση έξυπνων δικτύων και ευφυών συστημάτων παρακολούθησης και μέτρησης των ενεργειακών ροών (παραγωγή, αποθήκευση και κατανάλωση ενέργειας).

Οι έξυπνες παρεμβάσεις ενέργειας αφορούν την ενεργειακή αναβάθμιση των κτηρίων, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για παραγωγή θέρμανσης και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού, τον «έξυπνο» φωτισμό, την ανάπτυξη δικτύου τηλεθέρμανσης αλλά και ηλεκτροκίνησης. Για παράδειγμα, στα κτήρια η απόδοση των ενεργειακών συστημάτων μεγιστοποιείται όταν προσαρμόζεται η λειτουργία τους στις εξωκλιματικές ή εσωκλιματικές συνθήκες. Ωστόσο, επειδή, ο χρήστης αδυνατεί ή δεν γνωρίζει πως να εκτελέσει τις σύνθετες λειτουργίες των συστημάτων ελέγχου, η χρησιμοποίηση αυτοματισμών (Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου - Building Energy Management System) βελτιώνει τη λειτουργία των ενεργειακά σχεδιασμένων κτηρίων αυξάνοντας την ενεργειακή τους αποδοτικότητα. Με το σύστημα του έξυπνου αστικού φωτισμού πραγματοποιείται αποτελεσματικότερη διαχείριση του αστικού ηλεκτροφωτισμού, ενώ επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας έναντι των συμβατικών φωτιστικών συστημάτων.

✓ Κινητικότητα

Στόχοι είναι: η προσβασιμότητα, η οικονομικότητα και η ασφάλεια των συστημάτων μεταφορών, η στροφή των πολιτών σε ολοκληρωμένα συστήματα μεταφορών φιλικών προς το περιβάλλον, ο περιορισμός των «επιβλαβών» μετακινήσεων με την προώθηση της συμπαγούς αστικής ανάπτυξης και ο εκσυγχρονισμός των πολιτικών μεταφοράς, όπως π.χ. η κοινή χρήση αυτοκινήτων («car sharing»).



Εικόνα 5 - Car Sharing

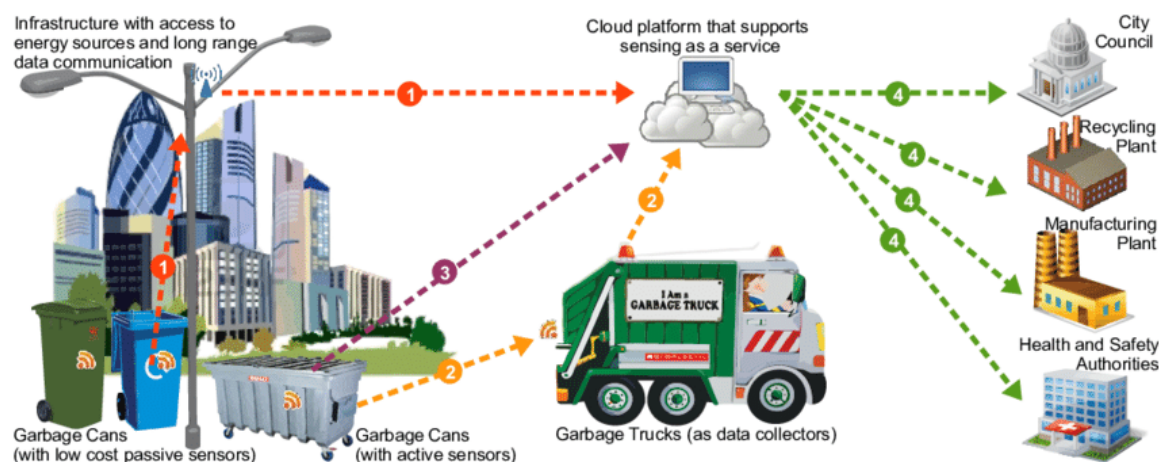
Ειδικότερη «έξυπνη» παρέμβαση στον τομέα των μεταφορών αποτελεί ο εξοπλισμός με «ευφυή» συστήματα ελέγχου, παρακολούθησης και διαχείρισης των μετακινήσεων. Με αυτά επιτυγχάνεται η καταγραφή χρήσιμων κυκλοφοριακών μεγεθών που υποστηρίζουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση των οδών και της κυκλοφορίας, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται η ομαλή ροή των μετακινήσεων και η διασύνδεση των διαθέσιμων μεταφορικών μέσων, περιορίζοντας την εμφάνιση φαινομένων συμφόρησης και ενισχύοντας την ελκυστικότητα εναλλακτικών μέσων μεταφοράς (μέσα μαζικής μεταφοράς, ποδήλατο, πατίνι). Ανάμεσα στις πράσινες επιπτώσεις της έξυπνης αυτής παρέμβασης συγκαταλέγονται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για μετακινήσεις (εξαιτίας του περιορισμού των φαινομένων συμφόρησης και της ενθάρρυνσης χρήσης περιβαλλοντικά φιλικότερων μέσων), η βελτίωση της ποιότητας του αέρα λόγω του περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και η μείωση της ηχορύπανσης.

Άξιο αναφοράς αποτελεί και το Σύστημα Έξυπνης Διαχείρισης Στάθμευσης με το οποίο επιτυγχάνεται η εύρεση, η απεικόνιση και ο έλεγχος οριοθετημένων θέσεων στάθμευσης στο εσωτερικό της πόλης με το οποίο αποφεύγονται οι άσκοπες μετακινήσεις αλλά και ευκολότερη εφαρμογή του προαναφερόμενου «car sharing».

Στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα μπορεί να συμβάλλει η χρήση ειδικών συσκευών για περιβαλλοντικές μετρήσεις (π.χ. συγκέντρωση αέριων ρύπων, αιωρούμενων σωματιδίων και θορύβου οι οποίες απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο και επιτρέπουν συγκριτική αξιολόγηση-benchmarking), επισημάνσεις (alerts) και αναγνώριση τάσεων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη λήψη προληπτικών, αλλά και κατασταλτικών μέτρων.

✓ Απορρίμματα

Στόχοι είναι: η βελτιστοποίηση των διαδρομών και της συχνότητας των δρομολογίων (εξοικονόμηση καυσίμων και μείωση των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου) και η αμεσότητα αποκομιδής (βελτίωση υγιεινής). Η έξυπνη διαχείρισή των απορριμμάτων περιλαμβάνει εκτός από τον εκσυγχρονισμό και τη δημιουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας πριν από την τελική διάθεσή τους, διάφορες άλλες εφαρμογές έξυπνης διαχείρισης με τη χρήση εργαλείων ΤΠΕ, όπως η χρήση αισθητήρων για την ενημέρωση του κέντρου αποκομιδής σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 6 - Έξυπνοι Κάδοι και Διαχείριση Αποβλήτων

Η αξιοποίηση της τεχνολογίας και ιδιαίτερα η ηλεκτρονική αποτύπωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του δικτύου ύδρευσης, η ανάπτυξη ειδικών λογισμικών διαχείρισης και η ενσωμάτωση αισθητήρων και αυτοματισμών, διαμορφώνουν ένα πολύ ισχυρό και καινοτόμο εργαλείο διαχείρισης που βοηθά τα σύγχρονα αστικά κέντρα να διαχειριστούν έξυπνα τα δίκτυα ύδρευσης, επιτυγχάνοντας απρόσκοπτη υδροδότηση με νερό υψηλής ποιότητας.

✓ Διακυβέρνηση

Στον τομέα αυτό: προωθούνται αλλαγές στις διαδικασίες διοίκησης, συντονισμού και σχεδιασμού ενθαρρύνοντας τη συμμετοχή του κοινού, τη συνεργασία μεταξύ των αρμόδιων αρχών και το «άνοιγμα» στις επιχειρήσεις. Πολύ σημαντικός στόχος είναι τα δημόσια ψηφιακά δεδομένα να γίνουν ευρέως προσβάσιμα.

2.3 Γενικοί Τομείς:

- ΥΓΕΙΑ: Αυτόματη συνταγογράφηση, Άμεση Δράση - 911 apps, ανάλυση καρδιακού χτύπου, πίεση αίματος κ.α.
- ΥΠΟΔΟΜΕΣ: Αισθητήρες -> σε κτήρια, σε σωλήνες, σε αγωγούς (παρακολούθηση - επισκευή - συντήρηση)
- ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: εξατομικευμένος εκπαιδευτής για κάθε μαθητή, συγκεκριμένη και ειδική βοήθεια ανάλογα με την ανάγκη κάθε παιδιού.
- ΓΕΩΡΓΙΑ: γρηγορότερες σοδιές, πρόβλεψη & αποφυγή καταστροφών,
- ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ: παρακολούθηση θερμότητας - ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- ΔΗΜΟΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑ: εγκληματικότητα, ναρκωτικά, συντρίμια κατασκευής που μπλοκάρουν ένα δρόμο
- ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ: προσωπική (Digit) και επιχειρησιακή, χρηματοοικονομικές συναλλαγές,
- ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ: ταχύτερη και οικονομικότερη δρομολόγηση παράδοσης, μείωση καυσίμων.
- ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

- ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ: υλικές ζημιές σε ταμπέλες, σήμανση, σύμβολα ποδηλατοδρόμων και στάσεις λεωφορείων
- ΠΩΛΗΣΕΙΣ: συνδυασμός δημογραφικών στοιχείων ενός πελάτη μέσω προηγούμενων δεδομένων, συναλλαγών και κοινωνικών μέσων τα οποία οδηγούν σε προτάσεις προσαρμοσμένες στον πελάτη.
- MMM: Μείωση περιττών μετακινήσεων, μείωση καυσίμων και εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, πρόβλεψη συντήρησης, ανίχνευση ανωμαλιών σε αυτοκίνητα σε γραμμές συναρμολόγησης, διαρροή από ένα φορτηγό όχημα.
- ΑΕΡΟΠΟΡΙΑ: Βοηθητικά μέσα διαχείρισης αποστολών, προσομοιωτές μάχης, εκπαίδευσης και υποστήριξη για τακτικές αποφάσεις (AOD - Air Operations Division)
- MARKETING
- ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΣΗ
- ΚΕΝΤΡΑ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

2.3.1 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στις Υποδομές

Οι πόλεις διαθέτουν πληθώρα πιθανών πηγών δεδομένων, όπως πωλήσεις εισιτηρίων για μαζική διαμετακόμιση, τοπικές φορολογικές πληροφορίες, αστυνομικές αναφορές, αισθητήρες στους δρόμους και τοπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς.

Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα IoT στα σπίτια και στα κτίρια, ο ετερογενής εξοπλισμός ενισχύει την αυτοματοποίηση παρόμοιων και τακτικών δραστηριοτήτων. Πράγματι, μετατρέποντας τα πράγματα σε δεδομένα συσκευών που συνδέονται πλήρως με την εφαρμογή του Διαδικτύου μπορούν να υλοποιήσουν υπηρεσίες μέσω διεπαφών με τον Παγκόσμιο Ιστό. Τα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιούνται από τεράστιο αριθμό έξυπνων οικιακών εφαρμογών. Η σύνδεση της έξυπνης συσκευής στο Διαδίκτυο πραγματοποιείται μέσω των δηλωμένων εφαρμογών για παρακολούθηση ή έλεγχο από απόσταση. Για παράδειγμα, ο έξυπνος φωτισμός έχει διερευνηθεί ευρέως τα τελευταία χρόνια. Περίπου το 19% του συνολικού φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για

φωτισμό, γεγονός που οδηγεί στο 6% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Κατά συνέπεια, περίπου το 45% της ενέργειας που απαιτείται για το φωτισμό μπορεί να εξοικονομηθεί. Σε μερικούς συνεισφέροντες αρέσει η θερμότητα, ο εξαερισμός και ο κλιματισμός τα οποία αυξάνουν την κατανάλωση. Πριν από μια ενέργεια όπως η μείωση των φώτων ή η αλλαγή του κλιματισμού, ελέγχεται η κατάσταση του περιβάλλοντος και αυτό γίνεται από έξυπνους μετρητές οι οποίοι θα βοηθήσουν και σε διάφορες μελλοντικές προβλέψεις.

2.3.2 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Στάθμευση

Μεγάλη ποσότητα υφιστάμενης δημόσιας υποδομής δεν χρησιμοποιείται επαρκώς, χρησιμοποιείται υπερβολικά ή χρησιμοποιείται αναποτελεσματικά λόγω έλλειψης πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μεταξύ ατόμων, εταιρειών και κυβερνητικών υπηρεσιών. Οι οδηγοί δεν γνωρίζουν πού είναι διαθέσιμος χώρος στάθμευσης, σύμφωνα με ανάλυση του *INRIX New York City*, οι οδηγοί περνούν κατά μέσο όρο *107 ώρες ετησίως αναζητώντας στάθμευση*.

Το μεγαλύτερο μέρος των κατοίκων στις πόλεις δεν γνωρίζει ποιο είναι το σωστό χρονικό μήκος ενός κόκκινου φαναριού σε κάθε δεδομένο λεπτό.

Για παράδειγμα, η εφαρμογή *Waze*, που αποκτήθηκε από την Google το 2013, χρησιμοποιεί το δίκτυο προγραμμάτων οδήγησης για να παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κυκλοφορία και τα ατυχήματα.

Η χρήση AI για την διευκολύνει στη στάθμευση έχει εφαρμοστεί και από την εταιρεία *VIMOC* η οποία εγκατέστησε αισθητήρες για την ανίχνευση και την αναφορά οχημάτων σε δύο από τους μεγάλους χώρους στάθμευσης της πόλης. Το ποσό του διαθέσιμου χώρου στάθμευσης εμφανίζεται έξω από το γκαράζ σε μεγάλες πινακίδες LED και μοιράζεται με μια ανοιχτή πλατφόρμα για χρήση από προγραμματιστές εφαρμογών.



Εικόνα 7 - Έξυπνη Στάθμευση

Μια ακόμα τεράστια πηγή πρωτογενών δεδομένων είναι τα βίντεο και οι φωτογραφίες. Η NVIDIA έως το 2020 έχει αναπτύξει 1 δισεκατομμύριο κάμερες σε κρατικά ακίνητα, υποδομές και εμπορικά κτίρια. Τα ακατέργαστα αυτά δεδομένα είναι ο λόγος που μόνο ένα μικρό μέρος των καμερών παρακολουθείται ενεργά από ανθρώπους. Εδώ γίνεται και η πρώτη αναφορά στην βαθιά μάθηση η οποία έχει τη δυνατότητα να μετρήσει οχήματα και πεζούς, να διαβάσει πινακίδες, να αναγνωρίσει πρόσωπα ακόμα και να παρακολουθεί την ταχύτητα και τις κινήσεις εκατομμυρίων οχημάτων. Μπορεί να επεξεργαστεί τον τεράστιο όγκο δορυφορικών δεδομένων για να μετρήσει αυτοκίνητα σε χώρο στάθμευσης ή να παρακολουθεί τη χρήση του δρόμου. Για να βοηθήσει τις πόλεις να χειριστούν αυτό το χείμαρρο βίντεο, η NVIDIA ξεκίνησε το *Metropolis*, την έξυπνη πλατφόρμα ανάλυσης βίντεο. Τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό θέσεων στάθμευσης για οδηγούς, επικίνδυνων διασταυρώσεων κ.ά. Μια απλή εφαρμογή βίντεο επεξεργασίας μηχανών για πόλεις είναι η αναγνώριση πινακίδας κυκλοφορίας (LPR), η οποία χρησιμοποιείται με πολλούς τρόπους.

Από το 2014 η πόλη του Galveston χρησιμοποιεί το σύστημα στάθμευσης αριθμού *Pay by Plate* της εταιρείας Gtechna. Αντί των παραδοσιακών αναλογικών μετρητών, οι χρήστες μπορούν να πληρώνουν μέσω τηλεφώνου και η τεχνολογία LPR επιβεβαιώνει ποιος είναι σταθμευμένος νόμιμα. Η εταιρεία ισχυρίζεται ότι το πρώτο έτος το σύστημα παρήγαγε 700.000 \$ σε νέα έσοδα και η πόλη σημείωσε αύξηση κατά 80% στα ποσοστά είσπραξης. Παρόμοια συστήματα στάθμευσης χρησιμοποιούνται σε πολλές πόλεις και από μεγάλα ιδιωτικά ιδρύματα, τα οποία είναι σχεδόν μικρές, αυτοτελείς πόλεις. Το Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ χρησιμοποιεί το σύστημα LPR της VIMOC Technologies στους χώρους στάθμευσης για να ελέγχει γρήγορα εάν τα οχήματα που σταθμεύουν εκεί έχουν τις σωστές άδειες.

2.3.3 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στη Σήμανση



Εικόνα 8 - Έξυπνη Σήμανση

Προσαρμοστικές τεχνολογίες ελέγχου σήμανσης. Η τεχνολογία *Adaptive Signal Control* επιτρέπει στα φώτα κυκλοφορίας να αλλάζουν το χρονισμό τους, βάσει δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο. Σύμφωνα με το Υπουργείο Μεταφορών, κατά μέσο όρο βελτιώνεται ο χρόνος ταξιδιού κατά περισσότερο από 10 τοις εκατό. Σε περιοχές με ιδιαίτερα ξεπερασμένο χρονισμό σήματος, οι βελτιώσεις μπορεί να είναι 50 τοις εκατό ή περισσότερο. Δεδομένου ότι η κυκλοφοριακή συμφόρηση από σπαταλημένα καύσιμα κοστίζει στην Αμερικανική χώρα περίπου 87,2 δισεκατομμύρια δολάρια (σύμφωνα με το DOT), υπάρχει ένας ισχυρός λόγος για τον οποίο πολλές πόλεις και εταιρείες χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία. Για παράδειγμα, το Σαν Ντιέγκο εγκατέστησε 12 Adaptive Traffic Systems σε έναν από τους πιο πολυσύχναστους διαδρόμους του το περασμένο φθινόπωρο και διαπίστωσε ότι «μείωσε το χρόνο ταξιδιού έως και 25 τοις εκατό και μείωσε τον αριθμό των στάσεων του οχήματος έως και 53 τοις εκατό κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής». Ομοίως, το 2012 η εταιρεία Surtrac ανέπτυξε για πρώτη φορά έξυπνα σήματα κυκλοφορίας σε εννέα διασταυρώσεις στο κέντρο του Πίτσμπουργκ. Μείωσε τους χρόνους ταξιδιού κατά περισσότερο από 25% κατά μέσο όρο και τους χρόνους αναμονής κατά 40% κατά μέσο όρο. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στα λεωφορεία και τα τρένα να επικοινωνούν μεταξύ τους και με το ευρύ κοινό. Η ενημέρωση των ατόμων πότε έρχονται λεωφορεία ή τρένα και αν πρόκειται να λειτουργήσουν αργά τα καθιστά πιο χρήσιμα για τα άτομα. Η Massachusetts Bay Transportation Authority ήταν η πρώτη εταιρεία που έδωσε διαθέσιμες τοποθεσίες λεωφορείων και προβλέψεις για την ώρα άφιξης, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν εφαρμογές παρακολούθησης όπου διαπιστώθηκε αύξηση της αναβάθμισης, σε καθημερινό επίπεδο διαδρομής, κατά 1,7%.

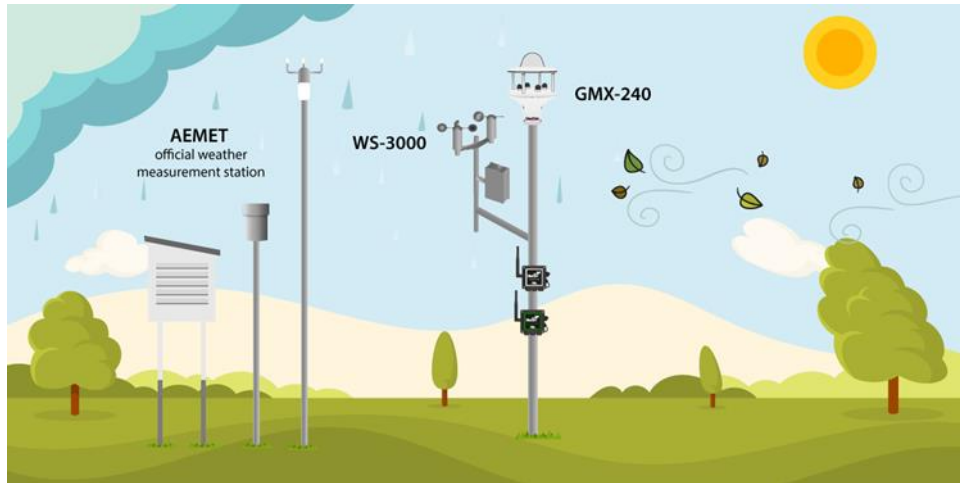
2.3.4 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εγκληματικότητα

Οι έξυπνες πόλεις δεν αφορούν μόνο τη μείωση του χρόνου μετακίνησης και την εξοικονόμηση καυσίμου. Τα ίδια δίκτυα αισθητήρων και καμερών χρησιμοποιούνται για να σώσουν ζωές και να καταπολεμήσουν το έγκλημα. Η ίδια τεχνολογία *LPR* που χρησιμοποιείται

για την παρακολούθηση του χώρου στάθμευσης χρησιμοποιείται από τις αρχές επιβολής του νόμου για την εύρεση κλεμμένων αυτοκινήτων και την παρακολούθηση εγκληματιών. Τα ίδια έξυπνα φανάρια που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται από ασθενοφόρα και πυροσβεστικά οχήματα για να φτάσουν στη σκηνή μιας έκτακτης ανάγκης γρηγορότερα και με μεγαλύτερη ασφάλεια. Η *Shotspotter*, μια εταιρεία που εντοπίζει αυτόματα πυροβολισμούς με βάση ένα δίκτυο αισθητήρων, έχει ενσωματώσει την τεχνολογία της σε έξυπνα φώτα δρόμου της GE. Πέρυσι, η *Shotspotter* ειδοποίησε την επιβολή του νόμου για 74.916 περιστατικά πυροβολισμών. Στην πρόσφατη δημόσια εγγραφή της, έλαβε συνολικά έσοδα περίπου 35,4 εκατομμυρίων δολαρίων. Ο αυξανόμενος αριθμός δεδομένων που συλλέγονται από πόλεις “εξορύσσεται” με σκοπό να γίνει γνωστό ποιες διασταυρώσεις αντιμετωπίζουν τα περισσότερα ατυχήματα, και κυρίως πώς ακριβώς συμβαίνουν αυτά τα ατυχήματα, για να τα αποτρέψουμε στο μέλλον. Στο πλαίσιο της προσπάθειας της *Vision Zero* για εξάλειψη όλων των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων, οι πόλεις στρέφονται σε μεγάλα δεδομένα για να σχεδιάσουν και να δώσουν προτεραιότητα σε έργα υποδομής.

2.3.5 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στις Καιρικές Συνθήκες

Η *Microsoft* και η *DataKind* συνεργάστηκαν πρόσφατα με τη Νέα Υόρκη, το Σιάτλ και τη Νέα Ορλεάνη για να χρησιμοποιήσουν την επιστήμη δεδομένων για τη βελτίωση της ασφάλειας. Οι πολύ συνδεδεμένες πόλεις παρέχουν επίσης τη δυνατότητα να παρέχουν μεμονωμένες υπερ-εντοπισμένες προειδοποιήσεις για πιθανή φυσική καταστροφή. Χάρη στη μοναδική γεωγραφία του, οι βροχοπτώσεις μπορεί να διαφέρουν σημαντικά σε όλη την πόλη του Σιάτλ. Για να το αντιμετωπίσουν, δημιούργησαν το *RainWatch* το οποίο συνδυάζει δεδομένα ραντάρ με ένα δίκτυο μετρητών βροχής για την παρακολούθηση των βροχοπτώσεων με υψηλό βαθμό ανάλυσης. Επιτρέπει στους εργαζομένους της συντήρησης της πόλης να ανταποκρίνονται πιο γρήγορα σε πιθανά προβλήματα και να παρέχουν πιο ακριβείς προειδοποιήσεις πλημμύρας στους κατοίκους.



Εικόνα 9 - Έξυπνος Μετεωρολογικός Σταθμός

2.3.6 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Χαρτογραφική Κάλυψη Γης

Η χαρτογραφική κάλυψη γης είναι μια εφαρμογή που είναι απόλυτα κατάλληλη για τη σύγχρονη τεχνητή νοημοσύνη. Κατά τη διάρκεια του 2020, η *Microsoft* συνεργάστηκε με το *Chesapeake Conservancy*, και την εταιρεία γεωγραφικής χαρτογράφησης και τεχνολογίας *Esri*, για τη βελτίωση της πρόσβασης σε χάρτες κάλυψης γης υψηλής ανάλυσης σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες. Ξεκινήσαμε με δεδομένα που δημιουργήθηκαν από το *Chesapeake Conservancy*, ο οποίος συνεργάστηκε με τις τεχνολογίες *Microsoft* και *ESRI*, μαζί με συνεργάτες σε ολόκληρη την λεκάνη απορροής *Chesapeake Bay*, για να χαρτογραφήσει περίπου 160000km. Ο νέος χάρτης παρέχει 900 φορές τον αριθμό των πληροφοριών από τα συμβατικά δεδομένα κάλυψης γης με ανάλυση 30 μέτρων και επιτρέπει στους διαχειριστές γης να δουν συγκεκριμένες λεπτομέρειες όπως κτίρια ή δέντρα σε μεγαλύτερα οικοπέδα ανάπτυξης ή δασικής γης και να εντοπίσουν ακριβώς πού τα οικοσυστήματα του κόλπου γίνονται κατακερματισμένα ή είναι ήδη κατεστραμμένα. Τώρα, χρησιμοποιούμε αυτά τα δεδομένα για να εκπαιδύσουμε έναν μοναδικό, ισχυρό αλγόριθμο AI για τη χαρτογράφηση κάλυψης γης σε ανάλυση 1 μέτρου σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες, με τη φιλοδοξία να επιτρέψουμε τη χαρτογραφική κάλυψη γης μέσω μιας απλής διεπαφής χρήστη (παρεμβολή συσκευής και λογισμικού με σκοπό την “επικοινωνία” του χρήστη με το λογισμικό). Τα πρώιμα αποτελέσματα είναι πολλά υποσχόμενα, με την επιτυχία αυτού,

οι διαχειριστές χρήσης γης σε οργανισμούς όλων των μεγεθών θα είναι σε θέση να αναπτύξουν ακριβείς, ενεργές και ευδιάκριτες πληροφορίες σχετικά με το τι συμβαίνει στη γη τους πιο γρήγορα από ποτέ.



Εικόνα 10 – GIS

Αυτό το έργο μας έδειξε πόσο αποτελεσματική μπορεί να είναι η τεχνητή νοημοσύνη στην επίλυση ήδη υπαρχόντων αλλά και ανερχόμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων καθώς και στις προκλήσεις των πόρων που αντιμετωπίζουν οι πόλεις. Η χαρτογραφική κάλυψη γης βοηθά στην κατανόηση του φυσικού τοπίου του κόσμου γύρω μας, κάτι που αποτελεί προϋπόθεση για τη λήψη πιο έξυπνων αποφάσεων σχετικά με τη συνολική διαχείριση των πόρων, τις έξυπνες λύσεις μεταφοράς και δικτύου και μια σειρά από άλλες περιοχές που είναι κρίσιμες για την οικοδόμηση πιο βιώσιμων πόλεων.

2.3.7 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στα Λύματα

Οι *Trondheim Bydrift* και *Sintef* συνεργάζονται σε ένα πιλοτικό πρόγραμμα όπου θα χρησιμοποιήσουν τη μηχανική μάθηση, έναν κλάδο τεχνητής νοημοσύνης, για να βελτιώσουν τη λειτουργία των εγκαταστάσεων θεραπείας. Στο τμήμα ύδρευσης και αποχέτευσης του Τρόντχαϊμ χρησιμοποίησαν την τεχνητή νοημοσύνη για να προβλέψουν πόσο καθαρό είναι το νερό που αποβάλλεται στο φιόρντ δηλαδή τον Βαθμό Καθαρισμού. Ο *Herman Helness*, ερευνητής νερού και λυμάτων στο *Sintef* λέει ότι η μηχανική μάθηση μπορεί να βοηθήσει την αστική διαχείριση να καθαρίσει καλύτερα τον αποχετευτικό σταθμό το οποίο θα σώσει το περιβάλλον, θα βελτιώσει τις λειτουργίες και θα βοηθήσει στην απελευθέρωση όσο το δυνατόν περισσότερου καθαρού νερού. Μέσω της τεχνητής νοημοσύνης στο *Sintef Digital* συλλέγουν δεδομένα και τα επεξεργάζονται.

Η χρήση της AI είναι στα μηχανήματα, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν τους υπαλλήλους σε μεγάλο βαθμό στο να προβλέψουν τις ποσότητες που θα υποβάλουν σε θεραπεία και σε ποιο βαθμό, θα τους “αναδείξουν” ποιες διαδικασίες καθαρισμού βοήθησαν περισσότερο (πχ. σχάρες, καθίζηση κα) και επίσης θα τους προετοιμάσουν ακόμη καλύτερα για την ποσότητα λάσπης που παράγεται εάν εισέλθουν πολλά απόβλητα στο εργοστάσιο. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι με την τεχνητή νοημοσύνη θα βοηθήσουν τους εργαζόμενους να είναι πιο προετοιμασμένοι.

Το συγκεκριμένο έργο βρίσκεται μόνο σε φάση εκκίνησης, αλλά τα πρώτα αποτελέσματα είναι πολλά υποσχόμενα. Η AI μπορεί να βρει μοτίβα από μεγάλες ποσότητες επιχειρησιακών δεδομένων για αρκετά χρόνια τα οποία είναι δύσκολο να διακριθούν από τους ανθρώπους. Οι εργαζόμενοι στο εργοστάσιο επεξεργασίας έχουν εμπειρίες που αποτελούν τη βάση για αποφάσεις σε λειτουργία. Στο μέλλον, οι εργαζόμενοι μπορούν, για παράδειγμα, να λάβουν υποστήριξη από τη μηχανική εκμάθηση για να είναι σε θέση να προετοιμάσουν, να κάνουν σωστή δόση με χημικά, έτσι ώστε το νερό να είναι όσο το δυνατόν καθαρότερο όλο το χρόνο. Τώρα το έργο βρήκε μια γέφυρα μεταξύ της γνώσης εκείνων που εργάζονται και των δεδομένων που μπορούν να δείξουν τα δεδομένα. Πρέπει τώρα να δημιουργηθεί ένα μοντέλο για βέλτιστη λειτουργία και να συνδεθούν δεδομένα από το μοντέλο στο

σύστημα ελέγχου. Αλλά δεν υπάρχει αμφιβολία ότι αυτό είναι το εργοστάσιο επεξεργασίας του μέλλοντος.

2.4 Συγκεκριμένοι Επαγγελματικοί Τομείς:

• 2.4.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑΣ

Η αρχιτεκτονική είναι εδώ και νοείται ως το σημείο τομής μεταξύ *Στυλ* και *Οργάνωσης*. Από τη μία πλευρά, θεωρούμε τα κτίρια ως φορείς πολιτιστικής σημασίας, που εκφράζουν, μέσω της γεωμετρίας, της ταξινομίας, της τυπολογίας και της διακόσμησής τους, ένα συγκεκριμένο στυλ που μπορούμε να βρούμε μέσα από μια προσεκτική μελέτη κατόψεων. Από την άλλη πλευρά, τα κτίρια είναι το προϊόν της μηχανικής και της επιστήμης, απαντώντας σε αυστηρά πλαίσια και κανόνες - κώδικες κατασκευής, εργονομία, ενεργειακή απόδοση, πρόγραμμα κ.λπ. - που μπορούμε να βρούμε καθώς διαβάζουμε μια κάτοψη.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη θα εφαρμοστεί, χρησιμοποιώντας δύο από τους κύριους τομείς: την **Ανάλυση**(*Analytics*)-ως έρευνα και τα **Γενετικά Διαφορικά Δίκτυα**(*Generative Adversarial Networks = GAN*) - ως ερευνητικό εργαλείο.

Χρησιμοποιώντας τα GAN πλοηγούμαστε στο θέμα της Γενετικής, προσπαθώντας να εκπαιδύσουμε τα δικά μας συστήματα AI στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Αυτό το πεδίο είναι τόσο πρόσφατο όσο είναι πειραματικό και αποδίδει μέχρι σήμερα εκπληκτικά αποτελέσματα. Το πλάνο του είναι να καταφέρει να σχεδιάσει πραγματικές κατόψεις κτιρίων καταλήγοντας σε ένα ισχυρό αναλυτικό πλαίσιο για την πιστοποίηση και την ταξινόμηση των παραγόμενων κατόψεων. Τελικός στόχος είναι η οργάνωση των αποτελεσμάτων GAN, προσφέροντας τη δυνατότητα στον χρήστη να περιηγείται στην ποικιλία των δημιουργημένων σχεδιαστικών επιλογών. Για το σκοπό αυτό, η ποσότητα και η παρουσία των εργαλείων που προσφέρονται από την *Data Science* αποδεικνύονται πολύτιμα.

Ο σχεδιασμός των αρχιτεκτονικών κατόψεων βρίσκεται στον πυρήνα της αρχιτεκτονικής πρακτικής. Η γνώση του είναι το χρυσό πρότυπο της πειθαρχίας. Είναι μια άσκηση που οι επαγγελματίες έχουν προσπαθήσει αδιάκοπα να βελτιώσουν με την τεχνολογία διερευνώντας

τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης που εφαρμόζονται στη δημιουργία κάτοψης, ως μέσο ώθησης.

Η πρόκληση είναι τριπλή:

1. επιλογή του σωστού συνόλου εργαλείων
2. απομόνωση των σωστών «φαινομένων» που θα εμφανίζονται στο μηχάνημα
3. εξασφάλιση ότι το μηχάνημα «μαθαίνει» σωστά.

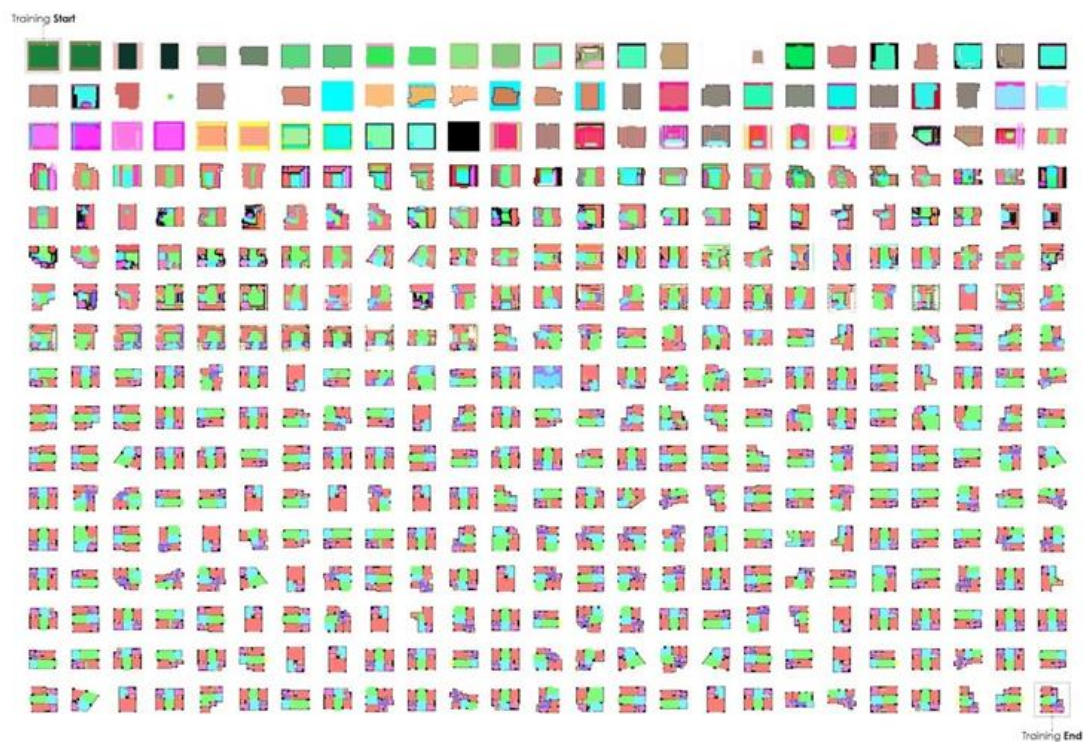
Η δομή των GAN φτιαγμένη από δύο βασικά μοντέλα, την **Γεννήτρια** (Generator) και το **Διακριτή** (Discriminator), αξιοποιούν έναν βρόχο ανατροφοδότησης μεταξύ των δύο μοντέλων για να βελτιώσουν την ικανότητά τους να δημιουργούν σχετικές εικόνες. Ο Διακριτής εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει εικόνες από ένα σύνολο δεδομένων. Κατάλληλα εκπαιδευμένο, αυτό το μοντέλο μπορεί να διακρίνει μεταξύ ενός πραγματικού παραδείγματος, το οποίο έχει ληφθεί από το σύνολο δεδομένων, από μια «ψεύτικη» εικόνα, ξένη προς το σύνολο δεδομένων. Η Γεννήτρια, ωστόσο, έχει εκπαιδευτεί να δημιουργεί εικόνες που μοιάζουν με εικόνες από το ίδιο σύνολο δεδομένων. Καθώς η Γεννήτρια δημιουργεί εικόνες, ο Διακριτής της παρέχει κάποια σχόλια σχετικά με την ποιότητα της παραγωγής του. Σε απάντηση, η Γεννήτρια προσαρμόζεται, για να παράξει ακόμα πιο ρεαλιστικές εικόνες.

Μέσω αυτού του βρόχου ανατροφοδότησης, τα GAN αυξάνουν σιγά-σιγά την ικανότητά τους να δημιουργήσουν σχετικές συνθετικές εικόνες, λαμβάνοντας υπόψη τα φαινόμενα που εντοπίζονται μεταξύ των παρατηρούμενων δεδομένων.

Εάν τα GAN αντιπροσωπεύουν μια τεράστια ευκαιρία για εμάς, το να γνωρίζουμε *τι να τους δείχνουμε είναι ζωτικής σημασίας*. Έχουμε εδώ την ευκαιρία να αφήσουμε το μοντέλο να μάθει απευθείας από εικόνες κάτοψης. Διαμορφώνοντας εικόνες, μπορούμε να ελέγξουμε τον τύπο πληροφοριών που θα μάθει το μοντέλο. Για παράδειγμα, απλώς δείχνοντας στο μοντέλο μας το σχήμα ενός αγροτεμαχίου και το σχετικό αποτύπωμα του κτιρίου θα αποδώσει ένα μοντέλο ικανό να δημιουργήσει τυπικά ίχνη κτιρίου δεδομένου του σχήματος του αγροτεμαχίου. Για να διασφαλίσουμε την ποιότητα των αποτελεσμάτων, θα χρησιμοποιήσουμε τη δική μας αρχιτεκτονική «αίσθηση» για την επιμέλεια του περιεχομένου των εκπαιδευτικών μας sets: ένα μοντέλο

θα είναι τόσο καλό όσο τα δεδομένα που του δίνουμε ως οι αρχιτέκτονες.

Παραδείγματα εικόνων εφαρμογής σε GAN:



Εικόνα 11 - Εφαρμογή GAN

- 2.4.2 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Η πρόοδος της τεχνητής νοημοσύνης στο επάγγελμα του πολιτικού μηχανικού είναι εξίσου μεγάλη. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει μια ευρεία προοπτική εφαρμογής στην πρακτική των πολιτικών μηχανικών. Πολλές οι αναπτυγμένες μέθοδοι και θεωρίες στην αναπτυσσόμενη κατεύθυνση για εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στον πολιτικό μηχανικό, συμπεριλαμβανομένων των *Εξελικτικών Υπολογισμών*, των *Νευρικών Δικτύων*, των *ασαφών συστημάτων*, του *Ειδικού Συστήματος*, της *Συλλογιστικής*, της *Ταξινόμησης*, καθώς και άλλων όπως η *Θεωρία του Χάους*, ο *Κούκος Αναζήτηση*, *Αλγόριθμος Πυγολαμπίδα*, *Γνώση βασισμένη στη Μηχανική και Προσομοίωση Ανόπτησης*.

2.5 Λίγα λόγια για την κάθε μέθοδο:

1. Εξελικτικός Υπολογισμός - Evolutionary Computation

Η μέθοδος: εξελικτικός υπολογισμός αναφέρεται στη δημιουργία ενός αρχικού συνόλου υποψήφιας λύσεων που ενημερώνεται επαναληπτικά. Κάθε νέα γενιά παράγεται με στοχαστική αφαίρεση λιγότερων επιθυμητών λύσεων και εισάγοντας μικρές τυχαίες αλλαγές. Η EC είναι μια υπολογιστική τεχνική ευφυΐας εμπνευσμένη από τη φυσική εξέλιξη. Ένας αλγόριθμος EC ξεκινά με τη δημιουργία ενός πληθυσμού που αποτελείται από άτομα που αντιπροσωπεύουν λύσεις στο πρόβλημα. Ο πρώτος πληθυσμός θα μπορούσε να δημιουργηθεί τυχαία ή να τροφοδοτηθεί στον αλγόριθμο.

2. Νευρικό Δίκτυο - Neural Network

Ένα νευρικό δίκτυο είναι μια σειρά αλγορίθμων που προσπαθούν να αναγνωρίσουν τις υποκείμενες σχέσεις σε ένα σύνολο δεδομένων μέσω μιας διαδικασίας που μιμείται τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου. Υπό αυτήν την έννοια, τα νευρικά δίκτυα αναφέρονται σε συστήματα νευρώνων, οργανικής ή τεχνητής φύσης. Τα νευρικά δίκτυα μπορούν να προσαρμοστούν στην αλλαγή εισόδου, έτσι το δίκτυο δημιουργεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα χωρίς να χρειάζεται να επανασχεδιάσουμε τα κριτήρια εξόδου. Η έννοια των νευρικών δικτύων, η οποία έχει τις ρίζες της στην τεχνητή νοημοσύνη, αποκτά γρήγορα δημοτικότητα στην ανάπτυξη συστημάτων διαπραγμάτευσης.

3. Ασαφή Συστήματα - Fuzzy Systems

Η Fuzzy Logic (FL) είναι μια μέθοδος συλλογιστικής που μοιάζει με την ανθρώπινη λογική. Η προσέγγιση της FL μιμείται τον τρόπο λήψης αποφάσεων στον άνθρωπο η οποία , σε αντίθεση με τους υπολογιστές, περιλαμβάνει μία σειρά ενδιάμεσων δυνατοτήτων μεταξύ ΝΑΙ και ΌΧΙ όπως - ΟΡΙΣΜΕΝΑ ΝΑΙ - ΠΙΘΑΝΟ ΝΑΙ - ΔΕΝ ΜΠΟΡΩ ΝΑ ΠΩ - ΠΙΘΑΝΟ ΟΧΙ - ΟΡΙΣΤΙΚΑ ΟΧΙ .Το συμβατικό λογικό μπλοκ που μπορεί να κατανοήσει ένας υπολογιστής παίρνει ακριβή είσοδο και παράγει μια συγκεκριμένη έξοδο ως ΑΛΗΘΕΙΑ ή ΛΑΘΟΣ, το οποίο είναι ισοδύναμο με το ΝΑΙ ή ΟΧΙ του ανθρώπου.

4. Ειδικά Συστήματα - Expert Systems

Ένα ειδικό σύστημα είναι ένα σύστημα υπολογιστή που μιμείται την ικανότητα λήψης αποφάσεων ενός ανθρώπινου, εμπειρογνώμονα. Τα εξειδικευμένα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων μέσω συλλογισμού μέσω σωμάτων γνώσης, που αντιπροσωπεύονται κυρίως σαν κανόνες if - then μέσω συμβατικού διαδικαστικού κώδικα.

5. Συλλογιστική - Reasoning

Η μέθοδος αυτή είναι η διανοητική διαδικασία εξαγωγής λογικού συμπεράσματος και πραγματοποίησης προβλέψεων από τις διαθέσιμες γνώσεις, γεγονότα και πεποιθήσεις. Στην τεχνητή νοημοσύνη, ο συλλογισμός είναι ουσιαστικός, ώστε η μηχανή να μπορεί επίσης να σκεφτεί ορθολογικά ως ανθρώπινο εγκέφαλο, να μπορεί να λειτουργεί σαν άνθρωπος ενώ χωρίζεται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Συμπερασματικός συλλογισμό
- Επαγωγική συλλογιστική
- Απαγωγική συλλογιστική
- Συλλογιστική κοινής λογικής
- Μονοτονική λογική
- Μη μονοτονική λογική

7. Ταξινόμηση - Classification

Ταξινόμηση στη μηχανική εκμάθηση είναι όταν μια μηχανή ή ένας υπολογιστής χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για να εξαγάγει συμπεράσματα από δεδομένα που έχει ήδη και στη συνέχεια χρησιμοποιεί αυτά τα συμπεράσματα για να κατηγοριοποιήσει νέα δεδομένα που λαμβάνει.

8. Θεωρία του Χάους - Chaos Theory

9. Αναζήτηση Κούκος - Cuckoo Search

Ο αλγόριθμος Cuckoo Search είναι ένας πρόσφατα αναπτυγμένος αλγόριθμος μεταερευτικής βελτιστοποίησης, ο οποίος χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης.

10. Αλγόριθμος Πυγολαμπίδα - Firefly Algorithm

Ο Αλγόριθμος Πυγολαμπίδα προσφέρει αυτόματο διαχωρισμό του πληθυσμού σε ομάδες. Αυτός ο διαχωρισμός μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμος σε προβλήματα στα οποία μας ενδιαφέρει το πλήθος των ακροτάτων, και όχι μονάχα η μέγιστη ή η ελάχιστη τιμή. Μπορεί να είναι κατάλληλο για προβλήματα δομικής μηχανικής, ειδικά όταν πρέπει να προετοιμάσουμε κάποιες μηχανικές εναλλακτικές λύσεις σε πολυτροπικά προβλήματα ενώ έχει χρησιμοποιηθεί για βελτιστοποίηση σχεδιασμού δομών πύργων.

11. Γνώση βασισμένη στη Μηχανική - Knowledge-based Engineering

Ο “μηχανικός της γνώσης” είναι ο επαγγελματίας που ασχολείται με την επιστήμη της προηγμένης λογικής σε συστήματα υπολογιστών προκειμένου να προσομοιώσει τη λήψη αποφάσεων από τον άνθρωπο και τις γνωστικές εργασίες υψηλού επιπέδου. Ένας “μηχανικός γνώσης” παρέχει ένα μέρος ή το σύνολο της «γνώσης» που τελικά ενσωματώνεται στην τεχνολογία.

12. Προσομοίωση Ανόπτωσης - Simulated Annealing

Η προσομοιωμένη ανόπτωση είναι μια μέθοδος επίλυσης προβλημάτων βελτιστοποίησης χωρίς περιορισμούς. Η μέθοδος μοντελοποιεί τη φυσική διαδικασία θέρμανσης ενός υλικού και στη συνέχεια χαμηλώνει αργά τη θερμοκρασία για να μειώσει τα ελαττώματα, ελαχιστοποιώντας έτσι την ενέργεια του συστήματος. Σε

κάθε επανάληψη του προσομοιωμένου αλγόριθμου ανόπτησης, δημιουργείται ένα νέο σημείο τυχαία. Η απόσταση του νέου σημείου από το τρέχον σημείο, ή η έκταση της αναζήτησης, βασίζεται σε κατανομή πιθανότητας με κλίμακα ανάλογη της θερμοκρασίας. Ο αλγόριθμος δέχεται όλα τα νέα σημεία που μειώνουν τον στόχο, αλλά επίσης, με κάποια πιθανότητα, σημεία που αυξάνουν τον στόχο. Με την αποδοχή σημείων που αυξάνουν τον στόχο, ο αλγόριθμος αποφεύγει την παγίδευση σε τοπικά ελάχιστα και είναι σε θέση να εξερευνήσει παγκοσμίως για περισσότερες πιθανές λύσεις. Επιλέγεται ένα πρόγραμμα ανόπτησης για συστηματική μείωση της θερμοκρασίας καθώς προχωρά ο αλγόριθμος. Καθώς μειώνεται η θερμοκρασία, ο αλγόριθμος μειώνει την έκταση της αναζήτησής του για σύγκλιση στο ελάχιστο.

Μέχρι πρότινος η πρόοδος στην προσαρμογή των δομών του πολιτικού μηχανικού στην τεχνητή νοημοσύνη είναι τεράστια. Διαδικασίες όπως η *αυτοδιάγνωση*, ο *έλεγχος σχήματος πολλαπλών αντικειμένων* και η *ενίσχυση δομής* έχουν εφαρμοστεί, στο πλαίσιο ελέγχου, σε ενεργή εφελκυσόμενη κατασκευή. Μεταξύ των υπολογιστικών τεχνικών που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, τα συμπεράσματα που προέκυψαν με εφαρμογές σε Νευρικά Δικτυα (Nural Systems) και Ασαφή Συστήματα (Fuzzy Systems) ήταν ιδιαίτερα ικανά για μοντελοποίηση σύνθετων συστημάτων με γνωστά σύνολα δεδομένων εισόδου-εξόδου. Τέτοια συστήματα μπορεί να είναι αποτελεσματικά στη μοντελοποίηση μη γραμμικής, περίπλοκης και ασαφής συμπεριφοράς υλικών με βάση το τσιμέντο που υφίστανται μονό, διπλούς ή πολλαπλούς παράγοντες βλάβης διαφορετικών μορφών στο τομέα του πολιτικού μηχανικού.

2.6 Παραδείγματα εφαρμογών στο επάγγελμα:

- Οι **Bassuoni** και **Nehdi**, οι οποίοι ανέπτυξαν μία νευρο-ασαφή πρόβλεψη για την ανθεκτικότητα του αυτο-ενοποιημένου σκυροδέματος σε διάφορα καθεστώτα έκθεσης σε θειικό νάτριο.
- Ο **Prasad** παρουσίασε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο (Artificial Neural Network - ANN) για την πρόβλεψη των 28 ημερών συμπίεσης ενός κανονικού και υψηλής αντοχής αυτοσυμπυκνωμένου σκυροδέματος (Self-Compacting Concrete - SCC) και υψηλής απόδοσης σκυροδέματος (High-Performance Concrete - HPC) με υψηλή, σε όγκο, ιπτάμενη τέφρα.
- Ο **Lee** χρησιμοποίησε μια τεχνική τεχνητής νοημοσύνης νευρωνικών δικτύων οπίσθιας διάδοσης για να εκτιμήσει την αποτυχία της κλίσης. Τα αριθμητικά αποτελέσματα καταδεικνύουν την αποτελεσματικότητα των τεχνητών νευρικών δικτύων στην αξιολόγηση του δυναμικού αποτυχίας της κλίσης.
- Ο **Shaheen** παρουσίασε μια προτεινόμενη μεθοδολογία για την εξαγωγή των πληροφοριών από εμπειρογνώμονες ενώ για την απεικόνιση των χαρακτηριστικών του ολοκληρωμένου συστήματος χρησιμοποιήθηκε μια μελέτη σήραγγας
- Ο **Das** περιέγραψε δύο τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για την πρόβλεψη της μέγιστης ξηρής πυκνότητας (Maximum Dry Density - MDD) και της μη περιορισμένης αντοχής σε θλίψη (Unconfined Compressive Strength - UCS) του εδάφους σταθεροποιημένου με τσιμέντο.
- Ο **Forcael** παρουσίασε τα αποτελέσματα μιας μελέτης που ενσωματώνει προσομοιώσεις υπολογιστών στη διδασκαλία εννοιών και τεχνικών γραμμικού προγραμματισμού, σε ένα μάθημα πολιτικού μηχανικού «Σχεδιασμός και προγραμματισμός κατασκευών». Η επίδραση που έχει η ενσωμάτωση προσομοίωσης σε υπολογιστή εκτιμήθηκε με τη σύγκριση των στατιστικών από τις αξιολογήσεις των μαθητών και τις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο.
- Οι **Krcaronemen** και **Kouba** πρότειναν μια μεθοδολογία για το σχεδιασμό εφαρμογών λογισμικού οι οποίες καθιστούν δυνατή την εξέλιξη της οντολογίας, ενώ ταυτόχρονα εκμεταλλεύονται μία ή περισσότερες εφαρμογές. Η μεθοδολογία βασίζεται σε ένα

“συμφωνητικό” μεταξύ της οντολογίας και της εφαρμογής που εκφράζεται επισήμως σε όρους ακεραιότητας.

Τεχνητά Ανοσοποιητικά Συστήματα - Artificial Immune Systems

Προκαλούμενο από τη θεωρητική ανοσολογία, τις παρατηρούμενες ανοσολογικές λειτουργίες, τις αρχές και τα μοντέλα, το τεχνητό ανοσοποιητικό σύστημα (Artificial Immune Systems - AIS) διεγείρει το προσαρμοστικό ανοσοποιητικό σύστημα ενός ζωντανού πλάσματος για να αποκαλύψει τις διάφορες πολυπλοκότητες στα προβλήματα βελτιστοποίησης μηχανικής του πραγματικού κόσμου

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Οι **Dessalegne** και **Nicklrow** χρησιμοποίησαν έναν αλγόριθμο τεχνητής ζωής, που προήλθε από το πρότυπο τεχνητής ζωής. Το προκύπτον μοντέλο διαχείρισης πολλαπλών ταμιευτήρων εφαρμόστηκε με επιτυχία σε ένα τμήμα του Ιλλινόις River Waterway.

Γενετικός Προγραμματισμός - Genetic Programming

Ο γενετικός προγραμματισμός είναι ένα μοντέλο προγραμματισμού που χρησιμοποιεί τις ιδέες της βιολογικής εξέλιξης για την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων βελτιστοποίησης.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Ο **Aminian** παρουσίασε ένα νέο εμπειρικό μοντέλο για την εκτίμηση της βασικής διάτμησης των επιφανειακών σε χαλύβδινες κατασκευές που υπέστησαν σεισμικό φορτίο χρησιμοποιώντας μια υβριδική μέθοδο ενσωμάτωσης γενετικού προγραμματισμού (Genetic Programming - GP) και προσομοιωμένης απόπτωσης (Simulated Annealing - SA), που ονομάζεται GP / SA.


ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Ο **Hsie** πρότεινε μια νέα προσέγγιση, που ονομάζεται "LMGOT", η οποία ενσωματώνει δύο τεχνικές βελτιστοποίησης: τη μέθοδο Levenberg Marquardt (LM) και το δέντρο γενετικής λειτουργίας (Genetic Operation Tree - GOT). Το GOT δανείζεται την ιδέα από τον γενετικό αλγόριθμο, έναν διάσημο αλγόριθμο για την επίλυση διακριτών προβλημάτων βελτιστοποίησης, για τη δημιουργία λειτουργικών Δέντρων (Operation Trees - OTs), τα οποία αντιπροσωπεύουν τις δομές των τύπων. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια συνοπτική φόρμουλα για την πρόβλεψη του μήκους της εγκάρσιας ρωγμής οδοστρώματος και δείχνουν ότι το LMGOT ήταν μια αποτελεσματική προσέγγιση για τη δημιουργία ενός ακριβούς μοντέλου ρωγμών.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Οι **Cevik** και **Guzelbey** παρουσίασαν δύο πλάκες αντοχής που εφαρμόζονται σε μέταλλα με καμπύλες μη γραμμικής τάσης, όπως κράματα αλουμινίου και ανοξείδωτου χάλυβα, που λαμβάνονται από νευρωνικά δίκτυα και Genetic Programming. Οι προτεινόμενες συνθέσεις επιτρέπουν τον προσδιορισμό της αντοχής λυγισμού των ορθογώνιων πλακών σε όρους παραμέτρων Ramberg-Osgood.

Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στο κλάδο των Πολιτικών Μηχανικών:

1. Για την εκτίμηση του ποσοστού της υγρασίας του εδάφους και περαιτέρω ταξινομήσεων.
2. Στον τομέα της δομικής μηχανικής, η μηχανική εκμάθηση μπορεί να εφαρμοστεί για την ανίχνευση ζημιών χρησιμοποιώντας αισθητήρα ή δεδομένα εικόνας, προσδιορίζοντας την τοποθεσία και την έκτασή τους.
3. Βελτίωση της παραγωγικότητας μειώνοντας τον χρόνο αδράνειας.
4. Για την πρόβλεψη της μέγιστης ξηρής πυκνότητας και της βέλτιστης περιεκτικότητας υγρασίας στο σκυρόδεμα.
5. Αναγνώριση εικόνας για σωστή παρακολούθηση της τοποθεσίας, συμπεριλαμβανομένων πτυχών ασφάλειας και επικίνδυνων συνθηκών εργασίας.
6. Προσδιορισμός κενών και απαιτήσεων για την κάλυψη των εργασιών χωρίς καθυστέρηση.
7. Αποτελεσματικός σχεδιασμός και διαχείριση υποδομών χρησιμοποιώντας την Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Modeling - BIM).
8. Αξιοποίηση τεχνητού νευρικού δικτύου για τον σχεδιασμό σκυροδέματος.
9. Για την παρακολούθηση της δραστηριότητας στο εργοτάξιο και την πρόβλεψη αλλαγών στο κόστος βάσει των τιμών της πρώτης ύλης.
10. Για παρακολούθηση, σε πραγματικό χρόνο, της δομικής υγείας του κτιρίου, δίνοντας προειδοποιήσεις για το πότε και πού απαιτείται επισκευή.
11. Βοηθώντας στην παλιρροιακή πρόβλεψη για την ενίσχυση της κατασκευής σε θαλάσσιο περιβάλλον.
12. Μείωση σφαλμάτων στο έργο με αυτόματη ανάλυση δεδομένων.

13. Ανάπτυξη διατάξεων ισότοπου και πρόβλεψη κινδύνων στο πλαίσιο της διαχείρισης έργων.
14. Εύρεση λύσης για ζημιές που σχετίζονται με την οδήγηση σωρού σκυροδέματος με προεντεταμένη πίεση.
15. Για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων σε διάφορα στάδια του έργου.
16. Λήψη αποφάσεων στον τομέα του σχεδιασμού.
17. Στον τομέα διαχείρισης απορριμμάτων κατασκευής και διαχείριση έξυπνων υλικών.
18. Για παρακολούθηση και βελτιστοποίηση από ειδικούς για το κόστος στο σύστημα εργασίας.

 Παρακολούθηση της δομικής υγείας με βάση την τεχνητή νοημοσύνη στις κατασκευές

Η «Παρακολούθηση της Διαρθρωτικής Υγείας» (Structural Health Monitoring - SHM) είναι η διαδικασία κατά την οποία τα δεδομένα συλλέγονται και αξιολογούνται για την ανάλυση και αξιολόγηση των τρωτών σημείων στο δομικό σύστημα ή στο πλαίσιο εργασίας. Γέφυρες, αγωγοί, φράγματα και διάφορα άλλα έργα υποδομής μεγάλης κλίμακας μπορούν να αναλυθούν χρησιμοποιώντας τη διαδικασία παρακολούθησης της διαρθρωτικής υγείας. Ο Γενετικός Αλγόριθμος (GA), μια μέθοδος ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τη διαρθρωτική παρακολούθηση της υγείας για τον εντοπισμό ζημιών στα κτίρια. Μια επιτυχημένη εφαρμογή του ίδιου γίνεται στο έργο Tamar Bridge στο Ηνωμένο Βασίλειο.



Εικόνα 12 - Tamar Bridge UK

Σε αυτήν την περίπτωση, αντί για χειροκίνητη συλλογή χρησιμοποιούνται τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης.

- Σε πρώτο στάδιο, η αυτόματη εξαγωγή δεδομένων από δομικά σήματα δόνησης της γέφυρας γίνεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Nyström.
- Σε δεύτερο στάδιο, με βάση τα χαρακτηριστικά που εξάγονται, οι συνθήκες υγείας της γέφυρας ταξινομούνται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο «Ανάλυση Κύριων Στοιχείων Μετακίνησης Πυρήνα» (Moving Kernel Principal Component Analysis - MKPCA).

Στη μελέτη, σχετικά με την τριώροφη δομή αλουμινίου της γέφυρας, το προτεινόμενο σύστημα παρακολούθησης της υγείας αποδείχθηκε αρκετά καλό για να αναλύσει τις ζημιές και τη συνολική υγεία της γέφυρας.

Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο βασισμένο στην τεχνητή νοημοσύνη στην κατασκευή

Το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο χρησιμοποιεί μεθόδους όπως ο αλγόριθμος Levenberg-Marquardt (LMNN), ο αλγόριθμος διαφορικής

εξέλιξης (DENN) και η μέθοδος Bayesian regularization (BRNN). Αυτή η μελέτη εφαρμόζει τεχνητή νοημοσύνη για την **εύρεση** της μέγιστης ξηρής πυκνότητας και της περιορισμένης αντοχής σε θλίψη του σταθεροποιημένου με τσιμέντο εδάφους.

Εκτός από τα τεχνητά νευρικά δίκτυα, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν Τεχνικές Υποστηρικτικής Μηχανής Φορέα (Support Vector Machine - SVM).

Παράδειγμα: για μέση οριακή τιμή υγρού 32,71%, κλάσματα αργίλου, άμμου και χαλικιού 23,39%, 65,09% και 11,61% αντίστοιχα, δείκτης πλαστικότητας 12,73%, περιεκτικότητα υγρασίας 10,05% και περιεκτικότητα σε τσιμέντο 5,63%, το μοντέλο δίνει μία μέση τιμή αποτελέσματος 18,65 KN / m³ ξηρή πυκνότητα και 2,95 N / mm² Μη περιορισμένη αντοχή σε θλίψη.

Τεχνητά νευρικά δίκτυα και γενετική μοντελοποίηση μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη **μέτρηση της πτώσης του έτοιμου σκυροδέματος**. Η ικανότητα προσέγγισης των τεχνητών νευρικών δικτύων χρησιμοποιείται στη μεθοδολογία της μελέτης. Επιτυγχάνεται μια σχέση μεταξύ των μεταβλητών εισόδου και εξόδου.

Ασαφή συστήματα βασισμένα στην τεχνητή νοημοσύνη και στην κατασκευή.

Τα ασαφή πολυωνυμικά νευρικά δίκτυα χρησιμοποιούνται εκτενώς για την προσέγγιση της συμπίεστικής αντοχής του σκυροδέματος. Από τρεις διαφορετικές πηγές συλλέγονται πειραματικά δεδομένα 458 διαφορετικών μιγμάτων σκυροδέματος. Με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, κατασκευάζονται και δοκιμάζονται έξι πολυωνυμικά νευρικά δίκτυα Fuzzy. Οι παράμετροι εισόδου περιλαμβάνουν υλικά από σκυρόδεμα και η έξοδος δίνεται ως 28 ημέρες αντοχής σε θλίψη.

2.7 Αδυναμίες της Τεχνητής Νοημοσύνης για τον Πολιτικό Μηχανικό

Οι τεχνολογικές εξελίξεις συμβαδίζουν με την αύξηση των εξόδων. Η εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα των κατασκευών απαιτεί συχνή αναβάθμιση λογισμικού. Ομοίως, μια άλλη πτυχή της τεχνολογικής εισβολής είναι η έλλειψη ευκαιριών εργασίας για τους ανθρώπους. Το ανθρώπινο δυναμικό αντικαθίσταται από ρομποτικές λειτουργίες με τεχνητή νοημοσύνη.

Παρόλο που η τεχνητή νοημοσύνη αποδεικνύεται χρήσιμη για τη μείωση των πιθανών κινδύνων στους ιστότοπους, ο κύριος περιορισμός είναι ότι μπορεί να εκτελεί μόνο τις λειτουργίες που έχει προγραμματιστεί να κάνει σε αντίθεση με τους εκπαιδευμένους χειρώνακτες όπου εκτελούν εργασίες με το μυαλό τους σκεπτόμενοι «εκτός κουτιού». Η ανάπτυξη σύνθετων αλγορίθμων ειδικά για το κατασκευαστικό πεδίο απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό και άφθονο χρόνο για την εκτέλεση ενώ οι βελτιώσεις στην τεχνολογία έχουν σίγουρα διευκολύνει τη ζωή. Το κατασκευαστικό πεδίο που υπήρξε ξένο με την εισβολή λογισμικού μέχρι σήμερα, είναι τώρα μάρτυρας μιας αλλαγής. Με τις έννοιες της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης, αναμένονται περισσότερες εξελίξεις και τα επόμενα χρόνια.

Με την ανησυχία της βιωσιμότητας των υποδομών να αυξάνεται συνεχώς, η πανταχού παρούσα ύπαρξη αισθητήρων είναι ένα αναπόσπαστο μέρος των έξυπνων υποδομών. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες έχουν κρυμμένα μοτίβα που πρέπει να αναλυθούν αποτελεσματικά για την ορθή λήψη αποφάσεων ενώ οι τεχνολογικές λύσεις που θα εγκατασταθούν θα πρέπει να γίνουν πιο ευέλικτες.

- ❑ Στο Hangzhou (Κίνα) μια εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης, που ονομάζεται "**City Brain**" εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στη διαχείριση της κυκλοφορίας με βάση ένα πολύ πυκνό δίκτυο φωτογραφικών μηχανών. Αυτό το σύστημα παρακολούθησης μπορεί να παρακολουθεί τις αστικές κινήσεις κάθε αυτοκινήτου ξεχωριστά και να ανιχνεύει αμέσως συγκρούσεις και ατυχήματα. Η ροή της κυκλοφορίας αυξήθηκε κατά 15% στην περιοχή Xiaoshan μέσω του ελέγχου των φωτών κυκλοφορίας αυτής της

πλατφόρμας. Η Μαλαισία βρίσκεται στη διαδικασία εγκατάστασης του City Brain στην Kuala Lumpur.

- ❑ **MicroGrid:** πρόκειται για ένα σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας από πολλές τοπικές ή απόμακρες, ιδιωτικές ή δημόσιες πηγές. Προσφέρει μια εναλλακτική λύση στο συνηθισμένο πρότυπο. Αποτελείται από ένα δίκτυο διανομής, ελεγχόμενο από απόσταση, όπου οι χρήστες δεν έχουν καμία επίδραση στην πηγή προμήθειας ή στην τιμολόγηση.
- ❑ Η Didi Chuxing (το Κινεζικό Uber) ανέπτυξε το «**Smart Transportation Brain (STB)**» Αυτό το σύστημα Cloud Computing συλλέγει και ενσωματώνει μεγάλα δεδομένα. Αυτή η κεντρική πλατφόρμα υπολογιστών ρυθμίζει τους φωτεινούς με σκοπό την βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας κάθε δευτερόλεπτο, σε πραγματικό χρόνο. Στην πόλη Jinan, πρωτεύουσα της επαρχίας Shandong (Κίνα), η Didi ισχυρίζεται ότι το Smart Traffic Signal, που εγκαταστάθηκε πρόσφατα σε 344 διασταυρώσεις, έχει ήδη σώσει τους ντόπιους αυτοκινητιστές 30.000 ώρες κυκλοφοριακής συμφόρησης, που είναι δυνητικά 11 εκατομμύρια ώρες ετησίως.
- ❑ Μια πολύ λεπτομερής τρισδιάστατη προσομοίωση της πόλης της Σιγκαπούρης (από την Dassault Systèmes) η **Virtual Singapore** είναι το πραγματικό SimCity.
- ❑ Η εταιρεία QuiRIX αναπτύσσει (με την τεχνική βοήθεια της δημοτικής υπηρεσίας καινοτομίας «RutaN») το «**Ευφυές Σύστημα Κινητικότητας στη Medellin (Intelligent Mobility System of Medellín - SIMM)**» Μια τεχνολογία που εντοπίζει και ενημερώνει για παραβιάσεις κυκλοφορίας, επίπεδα κυκλοφορίας και κυκλοφοριακή συμφόρηση στα φανάρια.
- ❑ Το **Metro** (σε συνεργασία με την τοπική εταιρεία DoblePlus) είναι μια εφαρμογή καθοδήγησης που θα προσανατολίζει τα άτομα με προβλήματα όρασης, ενώ επίσης θα είναι χρήσιμη για τουρίστες που δεν γνωρίζουν την πόλη.
- ❑ Το **SnooCODE** είναι μια δωρεάν εφαρμογή για κινητά που λύνει το πρόβλημα της έλλειψης διευθύνσεων σε αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Γκάνα. Το motto της είναι το εξής: «Βρείτε το δρόμο σας όταν οι δρόμοι δεν έχουν ονόματα.»
- ❑ Το **OkHi** είναι ένα ψηφιακό σύστημα διευθύνσεων για τους κατοίκους των παραγκουπόλεων όπου δεν υπάρχουν χάρτες.
- ❑ Το **Homed**, σχεδιασμένο από μια εταιρεία αρχιτεκτονικής της Νέας Υόρκης και δοκιμασμένο στο Όσλο, είναι το πρωτότυπο στέγασης έκτακτης ανάγκης. Πραγματοποιείται από την τρισδιάστατη

εκτύπωση μικρών καταφύγιων κατοικιών, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να χτιστούν σε μεγάλες πόλεις παρέχοντας μια λύση στέγασης για τους άστεγους και για τους μετανάστες.

- Το Ντουμπάι εισήγαγε ένα σύστημα **eComplaints** για τους πολίτες. Το Υπουργείο Τουρισμού και Εμπορίου του Ντουμπάι (Dubai Department of Tourism and Commerce Marketing - DTCM) ανακοίνωσε ότι το σύστημα χειρισμού παραπόνων πελατών, το οποίο πρωτοεμφανίστηκε το 2000, είναι πλέον πιστοποιημένο με ISO. Το σύστημα καταγγελιών DTCM αποτελεί πλέον μέρος του συστήματος ηλεκτρονικής διακυβέρνησης του Ντουμπάι που συνδέει διάφορες κυβερνητικές υπηρεσίες.

3 Κεφάλαιο 3^ο: Τα πάντα για τις Μεγαλουπόλεις

Εισαγωγή

Το περιεχόμενο αυτού του κεφαλαίου επικεντρώνεται στις μεγαλουπόλεις και στην επείγουσα, πλέον, ανάγκη για οικολογική συνείδηση. Αρχικά, ανοίγεται ένα μεγάλο θέμα εν ονόματι «Μεγαλουπόλεις», επισημαίνοντας τακτικές και παραδείγματα υλοποίησής τους. Στη συνέχεια, ανθολογούνται οι αναπτυσσόμενες, νέες υπό-ομάδες των μεγαλουπόλεων οι οποίες αναβαθμίζονται συνεχώς με σκοπό την ανάκτηση του χαμένου εδάφους όσον αφορά τη βιωσιμότητα, την οικολογία και την αειφορία. Επιπλέον, σημαντικό θέμα ανάπτυξης στο παρών κεφάλαιο είναι τα κοινωνιολογικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί λόγω των μεγαλουπόλεων. Κλείνοντας, τονίζονται οι βασικοί, πλέον, κανόνες που είναι απαραίτητοι να εφαρμόζονται για την υλοποίηση μελλοντικών σχεδίων και παρουσιάζεται μία νέα ιδέα «έξυπνων πόλεων από το μηδέν».

«[...]Πολλές από αυτές τις πόλεις χρησιμεύουν ως αστική ενδοχώρα για τις πιο εύκολα αναγνωρίσιμες παγκόσμιες πόλεις ή κοσμοπολίτικα κέντρα. Καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το πληθυσμό, τα παγκόσμια δίκτυα και τους κόμβους που περιέχονται σε αυτά.[...] Δεν είχαν προβλεφθεί να καταλάβουν τις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου αλλά προέκυψε λόγω της ταχείας εξάπλωσης και του σχεδόν εκ των υστέρων χαρακτήρα του σχεδιασμού που βρέθηκε σε πολλούς από αυτούς τους ιστότοπους» δήλωσε πρόσφατα ο *Ryan Bishop* σε συνέντευξή του στο ακαδημαϊκό περιοδικό *Theory Culture & Society*

3.1 Οι 7 κορυφαίες Έξυπνες Πόλεις σε όλο το κόσμο

ο *Νέα Υόρκη*

Το Γραφείο Τεχνολογίας και Καινοτομίας της πόλης της Νέας Υόρκης συνεργάζεται με την τοπική αυτοδιοίκηση προκειμένου να καταστήσει το Big Apple μια έξυπνη πόλη. Είναι μια πόλη που δικαιοματικά θεωρείται ότι θα συμβάλει στη βελτίωση της ζωής για

κάθε Νεοϋορκέζο. Με έργα τόσο του δημόσιου όσο και του ιδιωτικού τομέα, η πόλη υποβάλλεται επί του παρόντος σε ψηφιακό μετασχηματισμό για να κάνει την να εξοικονομεί κόστος, να βελτιώνει την αποδοτικότητα και να αναλύει καλύτερα τι συμβαίνει στη Νέα Υόρκη, αξιοποιώντας πλήρως τις δυνατότητες που προσφέρει το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και οι συνδεδεμένες συσκευές.

ο Σιγκαπούρη

Η Σιγκαπούρη έχει τη φήμη ότι βρίσκεται μπροστά όσον αφορά την τεχνολογία, οπότε δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι είναι μια από τις πιο έξυπνες πόλεις. Το πρόγραμμα Smart Nation κυκλοφόρησε το 2014 και περιλάμβανε την εγκατάσταση πολλών αισθητήρων σε όλη την πόλη. Αυτοί οι αισθητήρες θα συλλέγουν μια τεράστια ποσότητα πληροφοριών σχετικά με το τι κάνουν οι πολίτες σε καθημερινή βάση. Μπορούν να μετρήσουν τα πάντα, από το πόσο καθαρή είναι μια συγκεκριμένη περιοχή έως το ποσοστό συνωστισμού σε ένα γεγονός. Στη συνέχεια, η κυβέρνηση ρίχνει ματιές, σε πραγματικό χρόνο, για το τι συμβαίνει στην πόλη. Αυτό που κάνει το έργο «Έξυπνη Πόλη της Σιγκαπούρης» να ξεχωρίζει είναι ότι αυτά τα δεδομένα φιλοξενούνται συνολικά στην κυβέρνηση και όχι σε μια μεμονωμένη εταιρεία.

ο Λονδίνο

Το Γραφείο Τεχνολογίας του Λονδίνου εργάζεται για να διασφαλίσει την “έξυπνάδα” του Λονδίνου. Πολλά έργα βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη για την υποστήριξη της καινοτομίας και της τεχνολογίας σε όλα τα επίπεδα. Ένας τρόπος για να το κάνουν αυτό είναι μέσω της συνεργασίας *Tech.London*, η οποία έχει ως στόχο να βοηθήσει επιχειρηματίες και νεοσύστατες επιχειρήσεις. Έχουν επίσης το *Smart London Board* που παρέχει τακτικά ενημερώσεις και προτάσεις για το πώς η πόλη μπορεί να γίνει όλο και πιο έξυπνη. Το Λονδίνο εργάζεται επί του παρόντος σε βασικά ζητήματα όπως η υγειονομική περίθαλψη, οι μεταφορές και η διαχείριση ενέργειας.



Εικόνα 13 - Smart London Dashboard

ο Βαρκελώνη

Η Βαρκελώνη πραγματοποιεί πολλές πρωτοβουλίες που την κατατάσσουν σταθερά σε λίστες με τις κορυφαίες έξυπνες πόλεις. Ένα σημαντικό έργο είναι η διάθεση δωρεάν κάλυψης Wi-Fi σε ολόκληρη την πόλη. Η Βαρκελώνη κάνει επίσης καλή χρήση των τεχνολογιών Internet of Things (IoT) συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων αισθητήρων για τη μείωση του κόστους ενέργειας και την αύξηση της οδικής ασφάλειας. Με όλα αυτά κατά νου, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι η Βαρκελώνη φιλοξενεί μερικά από τα πιο συναρπαστικά τεχνολογικά γεγονότα. Η Bismart δηλώνει περήφανη που αποτελεί μία από τις εταιρείες που βοηθάνε την πρωτεύουσα της Καταλονίας να εξελιχθεί σε έξυπνη πόλη.

ο Όσλο

Το Όσλο ξεχωρίζει μεταξύ των έξυπνων πόλεων για την έμφαση που δίνει στη δημιουργία ενός βιώσιμου, οικολογικού περιβάλλοντος. Διαθέτει πάνω από 650.000 φώτα LED συνδεδεμένα με σταθμούς επεξεργασίας τα οποία μπορούν να προσαρμόσουν “έξυπνα” στην ποσότητα φωτισμού με βάση τις τρέχουσες ανάγκες. Το Όσλο χρησιμοποιεί επίσης “έξυπνους” ανιχνευτές πινακίδων κυκλοφορίας για τη βελτίωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Η πόλη σχεδιάζει επίσης να ανακατασκευάσει πλήρως το δίκτυο μεταφορών της μέσα στα επόμενα χρόνια.

ο *Τορόντο*

Ιδιαίτερη έμφαση αξίζει να δοθεί στην πόλη του Τορόντο καθώς υπάρχουν μερικά καταπληκτικά πράγματα που συμβαίνουν εκεί όσον αφορά τα έργα έξυπνης πόλης. Η καναδική πόλη χρησιμοποιείται σήμερα ως ένα είδος “εργαστηριακών δοκιμών πραγματικής ζωής” για κάποιες από τις πιο προηγμένες τεχνολογίες της Google μέσω της μητρικής εταιρείας Alphabet, η οποία διαχειρίζεται τα *Sidewalk Labs* (ανάπτυξη θέματος παρακάτω). Το σχέδιό τους είναι να αναπτύξουν έναν παραθαλάσσιο βιώσιμο χώρο ξεκινώντας από το. Αυτός ο χώρος διαθέτει πάνω από 800 στρέμματα και θα αντιμετωπίζει ζητήματα όπως η αστική επέκταση, η κλιματική αλλαγή, η αποδοτικότητα και η οικονομική προσιτότητα. Οι λεπτομέρειες αυτού του έργου δεν έχουν καθοριστεί ακόμη και οι κάτοικοι της πόλης ενθαρρύνονται όλο και περισσότερο να συμμετάσχουν στην όλη διαδικασία.

ο *Τόκιο*

Παρόμοια με το Όσλο, το Τόκιο επικεντρώνει πολλές από τις πολιτικές έξυπνων πόλεων στο να είναι ενεργειακά “έξυπνες”. Αυτό περιλαμβάνει την αποθήκευση ισχύος και τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων. Η πόλη έχει μια μεγάλη πρόκληση μπροστά της, καθώς πολλές από τις προσπάθειές του επικεντρώθηκαν στο έτος 2020, όταν η πόλη θα φιλοξενούσε τους Θερινούς Ολυμπιακούς Αγώνες, όμως λόγω της πανδημίας οι Ιαπωνικοί ρυθμοί χαμήλωσαν ταχύτητα.

«Οι πόλεις, μέσω των «έξυπνων δράσεων», θα πρέπει να δώσουν προτεραιότητα στην ανάπτυξη νέων οικονομικών δραστηριοτήτων, αξιοποιώντας, μεταξύ άλλων, το ενδογενές δυναμικό τους, να δώσουν έμφαση στην ανάπτυξη «από κάτω προς τα πάνω» και, πάνω από όλα να υποστηρίξουν τις «νέες οικονομίες» σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη / Πρόγραμμα Δικτύου Αστικής Ανάπτυξης, Νέες Αστικές Οικονομίες, 2015 (European Union / URBACT, New urban economies, 2015).

3.2 «πολύ-πολική Μεγαλόπολη»

Αυτό είναι ένα μοντέλο που συγκεντρώνει τις υπάρχουσες πόλεις για να σχηματίσει μια σούπερ οντότητα που περιλαμβάνει όλους τους πόρους και τις λειτουργίες που σχεδιάζονται και μοιράζονται από την οικογένεια των πόλεων. Αυτή η τακτική έχει κατηγοριοποιηθεί ως πόλεις “από πάνω προς τα κάτω” (top-down) και “από κάτω προς τα πάνω” (bottom-up).

3.2.1 Παραδείγματα “από πάνω προς τα κάτω” πρωτοβουλιών:

ο SongDo • Νότια Κορέα



Εικόνα 14 - SongDo

Το έργο για τη δημιουργία της *Songdo International Business District* στη Νότια Κορέα πραγματοποιήθηκε στις αρχές του 21ου αιώνα, με στόχο τη δοκιμή υπολογιστικών συστημάτων σε μεγάλη κλίμακα, και την προσέλκυση διεθνών επιχειρηματικών εταιρειών στη Νότια Κορέα. Ολόκληρη η πόλη χτίστηκε μετά από μια δεκαετία, με συστήματα για έξυπνα απόβλητα, νερό και έκτακτης ανάγκης ενσωματωμένα στην ίδια τη δομή της αστικής παρέμβασης. Η πόλη κατασκευάστηκε επίσης με πολλαπλές αποβάθρες φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων και με wi-fi σε υπόγεια συστήματα μεταφοράς. Ωστόσο, μέχρι το 2013 το ποσοστό κατοίκων ήταν μικρότερο του 50% και μόνο το 20% των εμπορικών χώρων και γραφείων ενοικιάστηκαν.

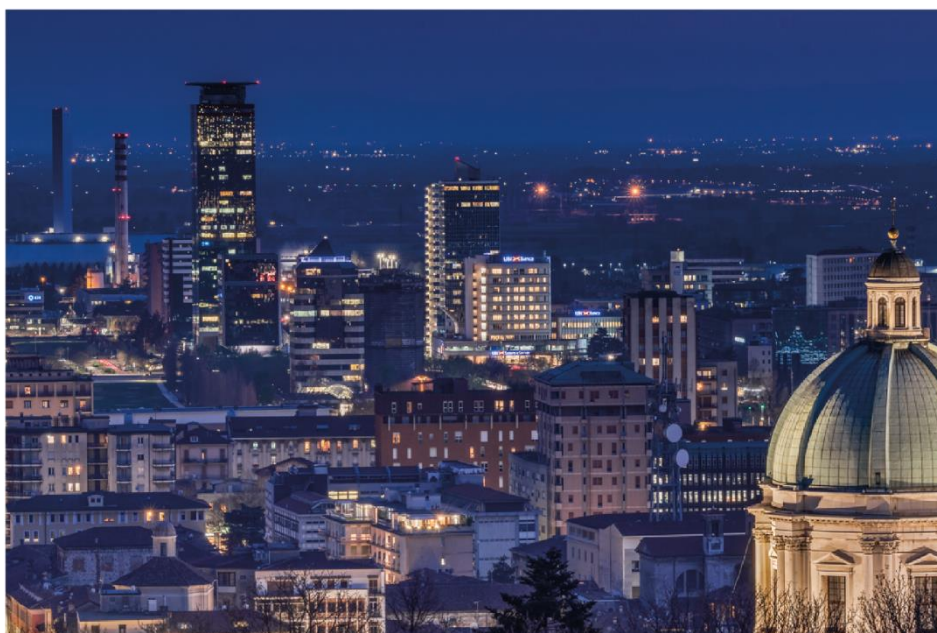
ο Ρίο Ντε Τζανέιρο • Βραζιλία

Το Ρίο ντε Τζανέιρο στη Βραζιλία είναι μια πόλη 6 εκατομμυρίων κατοίκων και η προσπάθεια δημιουργίας του «*Smart Rio*» προήλθε από τη διοργάνωση των Ολυμπιακών Αγώνων το 2016. Προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα (από ατυχήματα έως φυσικές καταστροφές) η πόλη έχει εξοπλιστεί με ένα πλήθος αισθητήρων που τροφοδοτούν με πληροφορίες το «Εξυπνο Κέντρο Λειτουργίας». Οι πληροφορίες που πηγάζουν στο κέντρο πρέπει να παρακολουθούνται από 600 εκπαιδευμένους ανθρώπους. Με αυτόν τον τρόπο, η διοίκηση της πόλης έχει μια πλήρη επισκόπηση τυχόν προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν.

ο Smart Flanders • Βέλγιο

Το πρόγραμμα Smart Flanders στοχεύει στη δημιουργία μιας έξυπνης περιοχής συγκεντρώνοντας 13 πόλεις, συμπεριλαμβανομένης της Αμβέρσας. Μέσω μιας ανοικτής προσέγγισης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, το πρόγραμμα επιδιώκει να ενισχύσει τη συνεργασία όλων των ενδιαφερόμενων κατοίκων. Η προσέγγιση «εκμάθηση με πράξη» επιτρέπει τη δοκιμή και την ανάπτυξη γρήγορων υπηρεσιών και εφαρμογών.

ο Μπρέσκια • Ιταλία



Εικόνα 15 - Brescia

Η επαρχία Lombard με δημόσιες και ιδιωτικές ενέργειες κατάφερε να ενοποιήσει 28 μικρούς δήμους. 23.000 έξυπνοι φωτεινοί σηματοδότες στις πόλεις έχουν εξοικονομήσει αρκετή ενέργεια για να αναπτυχθούν σε αγροτικές περιοχές.

3.2.2 Παραδείγματα “από κάτω προς τα πάνω” κινημάτων:

ο Κίνημα «DIY city»

Το DIYcity.org σχεδιάστηκε από τον John Geraci το 2008 ως μια πρωτοβουλία για την ένωση αστικών σχεδιαστών, περιβαλλοντικών σχεδιαστών, φοιτητών, κυβερνήσεων και προγραμματιστών ιστοσελίδων. Ο στόχος είναι να μπορούν οι κάτοικοι οπουδήποτε να χρησιμοποιούν τα εργαλεία που παρέχονται από το δίκτυο του ιστότοπου, με στόχο τη βελτίωση της περιοχής τους. Μία εκ των πολλών προκλήσεων που δέχτηκε να λύσει ο Geraci ήταν η δημιουργία μιας εφαρμογής που εκπέμπει εξατομικευμένα μηνύματα κειμένου σχετικά με καταστάσεις της κυκλοφορίας στους δρόμους.

ο Κίνημα «Botanicalls»



Εικόνα 16 - Botanicalls Arduino

Ξεκίνησε από μια ομάδα Αμερικανών φοιτητών που ήθελαν τους ανθρώπους να είναι σε περισσότερη επαφή με το πράσινο περιβάλλον. Για να το επιτύχουν αυτό, ανέπτυξαν έναν αισθητήρα που ελέγχει το επίπεδο ενυδάτωσης του φυτού. Εάν χρειάζεται νερό, ο αισθητήρας καλεί ή στέλνει μήνυμα κειμένου στον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης για να τον ειδοποιήσει για την συγκεκριμένη ανάγκη του φυτού του.

3.3 Ενάντια στη Κοινωνική «Δυστοπία» των Μεγαλουπόλεων



Εικόνα 17 - MegaCities

Ο ΟΗΕ εκτιμά ότι μέχρι το 2030, θα υπάρχουν 43 μεγαλουπόλεις στον κόσμο, που ορίζονται ως μητροπολιτικές περιοχές με πληθυσμό άνω των 10 εκατομμυρίων. Οι περισσότερες από αυτές θα βρίσκονται σε αναπτυσσόμενες περιοχές της Μέσης Ανατολής, της Ασίας και της Αφρικής.

Παραδείγματα τέτοιων πόλεων είναι τα εξής:

- Ευρύτερο Δελχί (Greater Delhi), Ινδία - 39 εκατομμύρια (+ 10 εκατομμύρια)
- Ευρύτερο Τόκιο (Greater Tokyo), Ιαπωνία - 36,6 εκατομμύρια (- 1 εκατομμύριο)
- Σαγκάη (Shanghai), Κίνα - 32,9 εκατομμύρια (+ 7 εκατομμύρια)
- Ευρύτερη Ντάκα (Greater Dhaka), Μπαγκλαντές - 28,1 εκατομμύρια (+ 9 εκατομμύρια)

- Ευρύτερο Κάιρο (Greater Cairo), Αίγυπτος - 25,6 εκατομμύρια
- Ευρύτερη Μομβάι Greater Mumbai, Ινδία - 24,6 εκατομμύρια (+ 4,5 εκατομμύρια)
- Ευρύτερο Πεκίνο (Greater Beijing), Κίνα - 24,3 εκατομμύρια (+ 5 εκατομμύρια)
- Ευρύτερη Πόλη του Μεξικό (Greater Mexico City), Μεξικό - 24,1 εκατομμύρια (+ 3 εκατομμύρια)
- Ευρύτερο Σάο Πάολο(Greater Sao Paolo), Βραζιλία - 23,8 εκατομμύρια (+ 2 εκατομμύρια)
- Κινσάσα(Kinshasa), Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό - 21,9 εκατομμύρια (+ 8 εκατομμύρια)
- Πολιτεία του Λάγος(Lagos State), Νιγηρία - 20,6 εκατομμύρια Καράτσι
- Πακιστάν(Pakistan) - 20,4 εκατομμύρια (+ 5 εκατομμύρια)
- Ευρύτερη Πόλη της Νέας Υόρκης(Greater New York City), Ηνωμένες Πολιτείες - 20 εκατομμύρια (+ 1,5 εκατομμύρια)

NOTE: Το μέλλον του 2050, με 3 βασικά στοιχεία: το 90% της αστικής ανάπτυξης θα πραγματοποιηθεί στην Αφρική (κυρίως στο Λάγος, στην Κινσάσα και στο Κάιρο) και στην Ασία (κυρίως στο Δελχί, τη Ντάκα, τη Σαγκάη, το Πεκίνο, το Καράτσι, το Γκουάνγκτζου και την Κωνσταντινούπολη). Το 80% των αστικών υποδομών που θα υπάρχουν στην Ινδία δεν έχουν ακόμη κατασκευαστεί. Επιπλέον 2,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι θα ζουν σε αστικές περιοχές.

3.4 Τα «Έξυπνα Μικρό-Εδάφη» Ανθίζουν

«Οι περισσότερες από τις λεγόμενες έξυπνες πόλεις είναι απλώς πόλεις με πολλά έξυπνα έργα. Η πιο υποσχόμενη τάση είναι η δημιουργία “έξυπνων μικρό-περιοχών”, που ορίζονται ως μικρές πόλεις, περιοχές ή δορυφορικές πόλεις υψηλής τεχνολογίας κοντά σε μεγαλουπόλεις. Με την τρέχουσα διαθεσιμότητα τεράστιου όγκου δεδομένων, η πρόκληση είναι να εντοπιστούν ευφυείς και προσαρμοστικοί τρόποι συνδυασμού των πληροφοριών για τη δημιουργία πολύτιμων γνώσεων. Η ευαισθητοποίηση έχει διαδραματίσει θεμελιώδη ρόλο στη συλλογή δεδομένων, τα οποία, όταν αναλύθηκαν σε πλατφόρμες IoT και έξυπνες πόλεις, επέτρεψαν τη βελτιστοποίηση

πολλαπλών αποφάσεων σχετικά με τη διακυβέρνηση και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης πόρων.» Από το Διεθνές Συνέδριο Βιώσιμων Έξυπνων Πόλεων και Εδαφών στη Ντόχα, Κατάρ (Sustainable Smart Cities and Territories International Conference 2021 - SSCT2021)

Το "Urban Smartness" είναι μια πιο πρόσφατη και εξυπνότερη τάση που περιλαμβάνει την εξέταση των υπαρχουσών πόλεων ως δεινοσαύρων που είναι πολύ δύσκολο να εκσυγχρονιστούν, καθώς είναι πολύ ιστορικές για να επιτρέψουν την καταστροφή. Η υποδομή τους είναι πολύ παλιά για γρήγορη αποκατάσταση, είναι πολύ δραστήρια για να επιτρέψει χρόνια κατασκευή και πολύ κατοικημένη από ανθρώπους που είναι πολύ προσκολλημένοι στις συνήθειες τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, θεωρείται ευκολότερο να δημιουργηθεί μια έξυπνη ζώνη από το μηδέν, σε κοντινή απόσταση ή πιο μακριά, η οποία ίσως μια μέρα θα γίνει η κύρια "έξυπνη πόλη".

Οι παρακάτω "έξυπνες πόλεις" υπάρχουν ή πρόκειται να υπάρξουν και αποτελούν παραδείγματα όλων των προσφερόμενων:

- Το Χαϊντεραμπάντ (Ινδία) έχει μια απομακρυσμένη περιοχή που ονομάζεται ρητά *Cyberabad* ή «*Hi-Tech City*».
- Η *Konza* κατασκευάζεται επί του παρόντος ως δορυφορική πόλη του Ναϊρόμπι (Κένυα)
- Η μελλοντική περιοχή *Rublyovo-Arkhangelskoye*, ένας δορυφόρος αφιερωμένος στον τριτογενή τομέα που ειδικεύεται στις χρηματοοικονομικές και νομικές υπηρεσίες κατά μήκος του ποταμού δυτικά της Μόσχας (Ρωσία).
- Στη Νιγηρία, κοντά στο Λάγος, το έργο «*Eko Atlantic City (EAC)*» στοχεύει στην οικοδόμηση μιας έξυπνης πόλης στη γη που ανακτάται από τον Ατλαντικό Ωκεανό (Κόλπος της Γουινέας). Μακροπρόθεσμα, η έξυπνη πόλη προορίζεται να έχει πληθυσμό 250.000, με 150.000 θέσεις εργασίας, ιδίως σε έναν υπεσύγχρονο χρηματοοικονομικό κόμβο, ενώ ελπίζει να σταματήσει τη διάβρωση των ακτών ως συμπλήρωμα ενός τείχους που είναι ήδη χτιστεί (το Σινικό Τείχος του Λάγος).

3.5 Μεγαλόπολη των Χωριών

Η βασική ιδέα εδώ είναι η αναδημιουργία μίνι γειτονιών ή χωριών: «Μία πόλη εντός μίας πόλης»

Μια πιο ρεαλιστική τάση για το μέλλον φαίνεται να είναι η έννοια της μεγαλούπολης που οριοθετείται από αρτηριακούς δρόμους και έχει το τυπικό μέγεθος μίας μέσης πόλης.

Έξυπνες ζώνες που είναι αρκετά καλά εξοπλισμένες για να προσφέρουν ένα ολοκληρωμένο και ικανοποιητικό περιβάλλον ζωής / εργασίας / σχέσεων / κατανάλωσης. Παραδείγματα:

- Superilles3 (ή Superblocks) στη Βαρκελώνη



Εικόνα 18 - Superilles3/Superblocks - Spain

- Amaravati στην Ινδία: Η δημιουργία του Amaravati είναι μια πολιτική επιλογή (μετά από διαμάχη το 2014) για την κατασκευή της νέας πρωτεύουσας της πολιτείας Andhra Pradesh (Ινδία). Είναι υπό κατασκευή από τον Οκτώβριο του 2016 και η ιδέα είναι να δημιουργηθεί μια έξυπνη πόλη από το μηδέν με έκταση 217 km², με στόχο την φιλοξενία 4,5 εκατομμυρίων κατοίκους. Το πρόγραμμα ανάπτυξης προβλέπεται να συνεχιστεί έως το 2050.

«Στην αρχή οι έξυπνες πόλεις θεωρήθηκαν ως εκσυγχρονισμός μεγαπόλεων, σχετικά εύπορων πρωτευουσών ή περιφερειακών μητροπόλεων. Σήμερα πρέπει να προετοιμαστούμε επινοώντας έξυπνες λύσεις που έχουν ως επίκεντρο τον πλανήτη και το οικοσύστημα, έμμεσα σκεπτόμενοι το έμβιο ον»

3.6 Κάθε Πόλη είναι ένα Οικοσύστημα

Το τεχνητό αστικό οικοσύστημα δεν διαφέρει τόσο πολύ από άλλα φυσικά οικοσυστήματα:

> Το αστικό «περιβάλλον» (που ονομάζεται «βιότοπος») αποτελείται από τοπική γεωγραφία και κλιματολογία, με την προσθήκη δομημένων υποδομών, οδών κυκλοφορίας, δικτύων και κινήσεων ενέργειας, αποβλήτων, πληροφοριών.

> «Ζωντανά είδη» («βιοκένωση») είναι οι διαφορετικοί πληθυσμοί που κατοικούν ή επισκέπτονται την πόλη (και τα λίγα ζώα που επιβιώνουν). Όπως σε οποιοδήποτε οικοσύστημα, υπάρχουν αρπακτικά και θηράματα, συμβιώσεις και παρασιτισμοί, αλλά όλα συμβάλλουν σε μια γενική βιώσιμη ισορροπία.

3.7 Οικολογικά Χωριά - EcoVillages

Οι οικολογικές περιοχές μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις στο περιβάλλον ενώ προσφέρουν ιδέες για τη δημιουργία πόλεων, στις οποίες ο καθένας έχει πρόσβαση σε πόρους.

Το “Οικολογικό Χωριό” είναι μια αστική ή αγροτική κοινότητα ανθρώπων που ζουν σε μικρές κοινωνικές ομάδες και εξερευνούν

τρόπους ζωής με χαμηλό αντίκτυπο. Τα οικολογικά χωριά έχουν σχεδιαστεί για να προστατεύουν την ευημερία των ανθρώπων και του περιβάλλοντος. Οι άνθρωποι συνδυάζουν ιδέες για καλλιέργεια φυτών και τροφίμων, βιώσιμα κτίρια, πράσινες τεχνολογίες και εναλλακτικές πηγές ενέργειας για να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Το Παγκόσμιο Δίκτυο Ecovillage μοιράζεται τις πρακτικές ιδέες, τις πληροφορίες και τις τεχνολογίες που μαθαίνουν οι άνθρωποι μέσω της διαβίωσης σε οικολογικές περιοχές βάση των οποίων δημιουργήθηκε η φουτουριστική ιδέα των ECOCITIES.

«Χρησιμοποιώντας ηλιακούς συλλέκτες σε πόλεις, παρέχοντας περισσότερα μέσα μεταφοράς και ηλεκτρικά οχήματα, ανεμογεννήτριες σε λαμπτήρες, ηλιακούς συλλέκτες σε φώτα στάσεων ή σήματα, προωθώντας και αναπτύσσοντας τη χρήση ποδηλάτων [...] οι Έξυπνες Πόλεις χρησιμοποιούν μια ποικιλία πόρων και αυτές οι μικρές ενέργειες βοηθούν μια πόλη για να γίνει πιο αποτελεσματική και βιώσιμη.»
αναφέρεται από τον ιστότοπο ActiveSustainability.com

3.8 EcoCity

3.8.1. Προς ένα βιώσιμο μέλλον με τη χρήση λιγότερων πόρων

Ο όρος «ecocity» είναι εν συντομία η «Οικολογικά Βιώσιμη Πόλη», μια πόλη που θα είναι βιώσιμη στο μέλλον ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Στην Κίνα, χτίζονται δοκιμαστικοί οικότοποι (φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο βιώνουν και αναπτύσσονται οργανισμοί) ενώ από το 2010 υπήρχαν ήδη σχέδια για την κατασκευή τουλάχιστον 400 νέων οικότοπων έως το 2030. Μέχρι το 2012 είχαν δημιουργηθεί 11 και μόλις τέσσερα χρόνια αργότερα (2016) η χώρα ανακοίνωσε την 284η Οικολογικά Βιώσιμη Πόλη. Παραδείγματα τέτοιων πόλεων είναι:

- Yichun: η πρώτη οικολογική πόλη
- Tianjin eco-city: ένα συνεχές πείραμα
- Shenzhen: η πόλη αυξάνεται

- Chengdu: η αγγλική πόλη στον κήπο
- Meixi Lake, Τσανγκσά

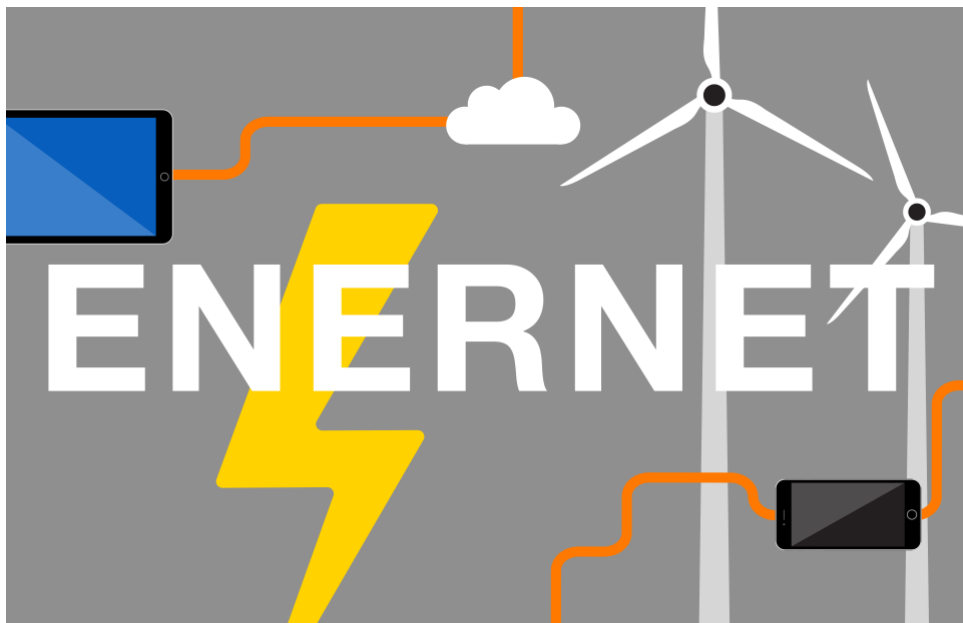
ο Μικρότερα Σπίτια

Τα καλά σχεδιασμένα, μικρότερα σπίτια μπορούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κάθε νοικοκυριού, ενώ εξακολουθούν να είναι άνετοι χώροι διαμονής. Τα μικρότερα σπίτια χρησιμοποιούν λιγότερα υλικά στην κατασκευή τους, καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.

ο Συμπαγείς Πόλεις

Οι συμπαγείς πόλεις καταλαμβάνουν μικρό μερίδιο γης έχοντας μικρότερα σπίτια και διαμερίσματα σε πολυώροφα κτίρια. Στις συμπαγείς πόλεις ο κάτοικος είναι κοντά σε όλες τις υπηρεσίες, επομένως οι αποστάσεις μειώνονται. Η συμπαγής πόλη μπορεί να είναι ο καλύτερος τρόπος για να περιοριστεί η χρήση και κατανάλωση πόρων.

«Environment + Internet = ENernet»



Εικόνα 19 - Περιβάλλον και Ιντερνετ

Ο όρος «αειφορία» συχνά περιορίζεται στην οικολογία. Η ,περιβαλλοντικά, επείγουσα ανάγκη για παγκόσμιο οικοσύστημα έχει καταστεί κοινωνικό θέμα ωστόσο η υλοποίηση συγκεκριμένων ενεργειών από τις κυβερνήσεις και τις μεγάλες εταιρείες είναι ανησυχητικά αργή. Ορισμένες πόλεις θέτουν προτεραιότητες προς ένα βιώσιμο εκσυγχρονισμό με πολύ χαμηλό αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον και τους ζωντανούς οργανισμούς.

Ένας μελλοντολόγος περιγράφει την έξυπνη πόλη ως πλέγμα, ένα «Enernet» (Environment + Internet) που προσαρμόζεται στις ανάγκες πολλαπλών δυνατοτήτων παραγωγής, όσο το δυνατόν πιο τοπικές, και ένα έξυπνο δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το έξυπνο δίκτυο θα μπορεί επίσης να αποθηκεύει προσωρινά την ενέργεια.

Το λογισμικό παρακολούθησης και οι καινοτόμες συλλογικές εγκαταστάσεις αποτελούν προτεραιότητες για μια EcoCity, π.χ. όταν πρόκειται για διαχείριση ενέργειας (έξυπνο δίκτυο), νερού, επεξεργασίας αποβλήτων και ανακύκλωσης.

Η Κίνα βρίσκεται στην πρώτη γραμμή αυτής της πολυτεχνικής καινοτομίας, με ένα πείραμα μεγάλης κλίμακας στο *Lingang*, μια συνοικία της Σαγκάης, με προληπτικό στόχο να διαθέτει το 80% των αστικών περιοχών, προκειμένου να ανακτήσει το 70% των όμβριων υδάτων.

Για παράδειγμα, η κατάταξη που προτείνεται από τον δείκτη Arcadis είναι η εξής:

- Η Ζυρίχη στην πρώτη θέση για τη μακροπρόθεσμη στρατηγική της να γίνει «κοινωνία 2000 watts» έως το 2050.
- Το Σίδνεϊ κατατάσσεται δεύτερο για το πρόγραμμα «Sustainable Sydney 2030» με τη μείωση εκπομπών κατά 70%.

3.8.1 Πόλη Σφουγγάρι - Sponge City

Μία από τις πιο θεαματικές ανακαλύψεις, που συνδυάζουν πολλαπλές τεχνικές και υλικοτεχνικές καινοτομίες, είναι ο έλεγχος των πλημμυρών βάσει της αρχής «*Sponge City*». Ο όρος αναφέρεται στον πολεοδομικό σχεδιασμό που έχει σχεδιαστεί για να απορροφά μεγάλες

ποσότητες νερού περιορίζοντας την καταστροφική απορροή: Οι αρνητικές επιπτώσεις της περίσσειας νερού δεν υφίστανται πλέον. Το νερό απομακρύνεται από δρόμους με περατά πεζοδρόμια, συλλαμβάνεται σε απορροφητικές βεράντες και καταπράσινους κήπους, ένα τριχοειδές δίκτυο σωλήνων μετατρέπει το νερό της πλημμύρας σε λίμνες που χρησιμεύουν ως επαναχρησιμοποιήσιμα αποθέματα, καθώς και ως χώροι αναψυχής.

3.9 Μία Ανησυχητική Κοινωνιολογική Πραγματικότητα

«Οι φτωχογειτονιές φαίνεται να είναι αναπόφευκτο συστατικό κάθε Μεγαλόπολης. Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί για τους άστεγους, που πετιούνται στο δρόμο, στους πρόποδες των πολυώροφων κτιρίων τελευταίας τεχνολογίας, λόγω της αύξησης των τιμών των κατοικιών. Ο συναγερμός και προειδοποιήσεις για τις «δύο πλευρές της αστικοποίησης», που περιλαμβάνει ένα άνισο μοντέλο αστικής ανάπτυξης σε αστικά συγκροτήματα, χωρίζεται μεταξύ “έξυπνων πόλεων” και “παραγκουπόλεων”. Το ένα τρίτο του αστικού πληθυσμού ζει ήδη στις φτωχογειτονιές σήμερα. Αυτό συνεπάγεται πάνω από ένα δισεκατομμύριο άστεγους ανθρώπους το 2007, 1,4 δισεκατομμύρια το 2020 και 2 δισεκατομμύρια το 2030» λέει ο Julien Damon λέκτορας στο Ινστιτούτο Πολιτικών Σπουδών του Παρισιού.

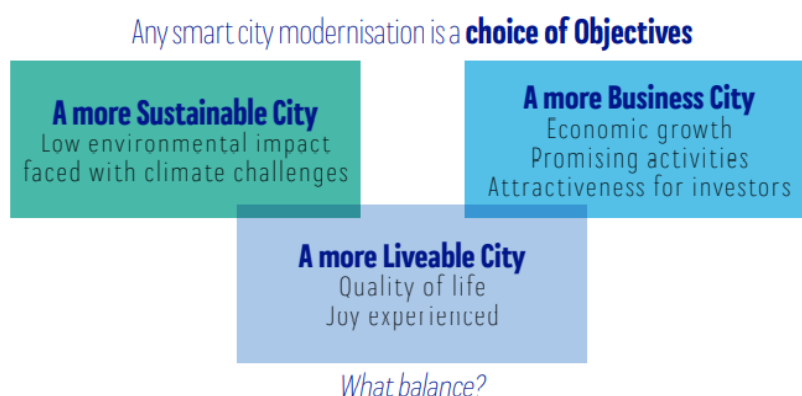
Η στατιστική ανακάλυψη εκρηκτικής βίας ανάλογα με τις πόλεις και τις γειτονιές, διατηρεί την εικόνα της ανασφάλειας που σχετίζεται με τη μοναχική ανωνυμία, μέσα σε μεγάλες πόλεις με σημαντικές ανισότητες.

- Οι ανθρωποκτονίες αυξήθηκαν κατά 100% στο Γιοχάνεσμπουργκ (έρευνα του London School of Economics).
- Μειώθηκαν κατά 200% στο Σάο Πάολο (έρευνα του London School of Economics).
- Το Λονδίνο, μια πόλη που κατέχει τον τίτλο της πλούσιας, έχει δείκτη φτώχειας που έχει μειωθεί ελαφρώς παρά την απότομη μείωση των ποσοστών ανεργίας. Η πόλη είναι στην πραγματικότητα πολύ ακριβή για να ζουν άτομα με χαμηλά εισοδήματα και το ποσοστό του πληθυσμού κάτω από το όριο της φτώχειας έχει αυξηθεί.
- Σε πόλεις όπως το Δελχί και η Πόλη του Μεξικού ισχύει το ίδιο.

- Στο Λος Άντζελες ο όγκος της φτώχειας έχει διπλασιαστεί, με αύξηση κατά 75% στον αριθμό των αστέγων σε 6 χρόνια.

Τέλος, η ρύπανση φαίνεται αναπόφευκτη καθώς ακόμη και στις μεγάλες σύγχρονες πόλεις των πλούσιων χωρών, ακόμη και για τους προνομιούχους που ξεφεύγουν από αυτές τις ταλαιπωρίες, το αστικό άγχος κάνει τη ζωή δύσκολη.

«Το επίκεντρο είναι στον πολίτη. Όταν ο στόχος είναι ο πολίτης, το επιχειρηματικό περιβάλλον χτίζεται ανάλογα. Αν ψάχνω μόνο για επιχειρήσεις, χάνω τις δυνατότητες της πόλης. Χάνεται το νόημα της πόλη χωρίς αποκλεισμούς, το νόημα της βιωσιμότητας, της συνδεσιμότητας, ακόμη και με ασφάλεια. Ο λιγότερο σημαντικός παράγοντας είναι η επιχείρηση.» João Octaviano de Machado Neto, γραμματέας διοικητικής μέριμνας και μεταφορών του Σάο Πάολο



Εικόνα 20 - Η Πόλη των Πολιτών

Η ιδέα μιας έξυπνης πόλης είναι να την κάνει όχι μόνο ευημερούσα (Business City), όχι μόνο ακίνδυνη και επιβιώσιμη (EcoCity) αλλά και, πάνω από όλα ζωντανή και κοινωνιολογικά “ευχάριστη”.

Το Citizen City προσφέρει ένα τρίτο μοντέλο για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη των πόλεων, με κοινωνιολογικές προτεραιότητες, χωρίς αποκλεισμούς. Ο πρωταρχικός στόχος αυτού του εκσυγχρονισμού είναι εσωτερικός. Η πόλη έχει βελτιστοποιηθεί «για εμάς και ανάμεσα σε εμάς» προτού ξεκινήσει να προσελκύει τον έξω κόσμο των πολυεθνικών εταιρειών και τουριστών.

Ο πληθυσμός των κατοίκων, σε όλες τις συνιστώσες του, έρχεται ακόμη και πριν από τις εταιρείες όσον αφορά τον καθορισμό προτεραιοτήτων που σχετίζονται με τις εγκαταστάσεις, τον πολεοδομικό

σχεδιασμό και τις υπηρεσίες, σε αντίθεση με το Business City όπου στόχος του είναι η συγκέντρωση επιχειρήσεων, εμπορικών κέντρων και κέντρων διασκέδασης. Αυτή είναι μια πολιτική επιλογή, μια επιλογή της κοινωνίας, όπως κάθε προσέγγιση της “έξυπνης πόλης”.

Στο Medellin, περίπου το 23% των δαπανών εκσυγχρονισμού διατίθεται για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής σε μειονεκτούσες γειτονιές για τη στήριξη φτωχών και κοινωνικά εγκαταλελειμμένων πληθυσμών. Αυτά δεν είναι πάντα «έξυπνα έργα», αλλά βελτιώσεις στην καθημερινότητα με στόχο να κάνουν τη ζωή πιο ευχάριστη.

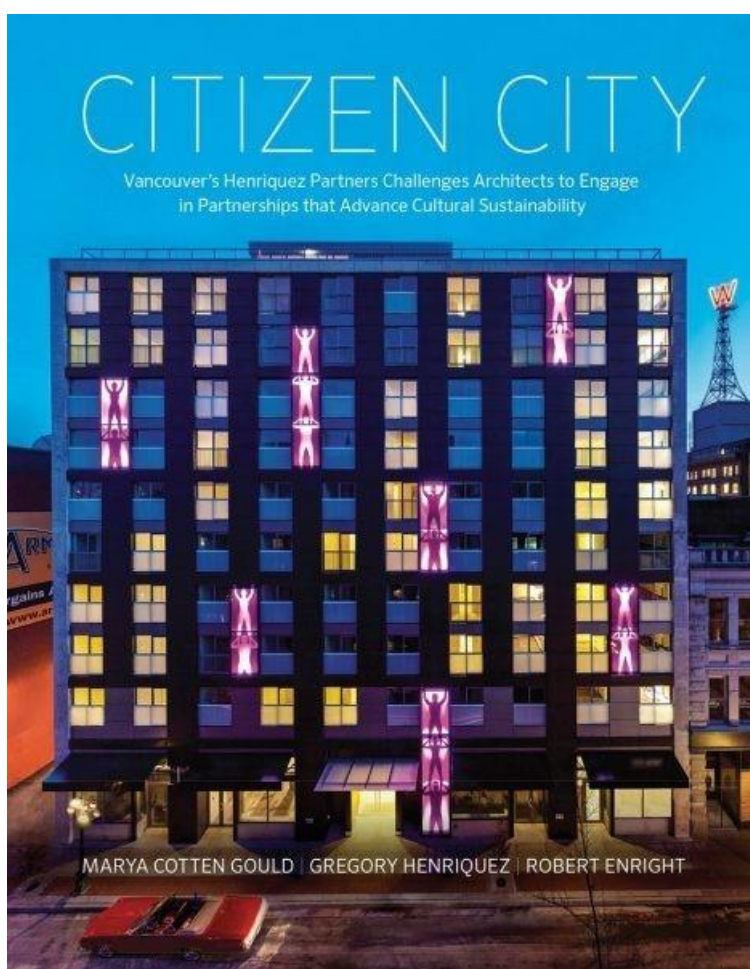
Μερικά από τα «έξυπνα έργα» επικεντρώνονται στην ψηφιοποίηση του αστικού τρόπου ζωής, όπως η δωρεάν πρόσβαση σε Wi-Fi σε δημόσιους χώρους. Ωστόσο, ο στόχος της πλειονότητας των έργων είναι να απλοποιηθεί η ζωή των πολιτών:

Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών με επίκεντρο τους πολίτες αναφέρονται παρακάτω:

- ✓ "Empreenda Fácil" (Easy Business): Ψηφιακή απλοποίηση διαδικτυακών διαδικασιών για τη δημιουργία επιχείρησης. Ο απαιτούμενος χρόνος μειώθηκε από 100 σε 5 ημέρες.
- ✓ "SEI" Ηλεκτρονικό Σύστημα Πληροφοριών - Electronic Information System: ένα νέο είδος “ψηφιακής γραφειοκρατίας” που καταργεί το χαρτί μεταξύ πολιτών και διοικητικών φορέων, ψηφιοποιώντας τα έντυπα και την επικοινωνία.
- ✓ Decomplica: ένα κέντρο που θα ενοποιεί όλες τις διοικητικές υπηρεσίες μέσω ανθρώπινης βοήθειας σε κάθε γειτονιά.
- ✓ Easy Agenda: είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα κρατήσεων ραντεβού για τη δημόσια υγεία με αυτόματες υπενθυμίσεις.
- ✓ Το πιο φιλόδοξο έργο στοχεύει στο να κάνει όλες τις υπηρεσίες της πόλης προσβάσιμες στο διαδίκτυο στον ίδιο ιστότοπο διαδικτυακής πύλης μέσω εφαρμογών για κινητά ή χρησιμοποιώντας έναν μόνο αριθμό τηλεφώνου. Αυτό συνεπάγεται εκπαίδευση όχι μόνο για ορισμένες ομάδες ηλικιωμένων ή λιγότερο μορφωμένων πολιτών, αλλά και για δημόσιους υπαλλήλους και δημόσιο προσωπικό. Το δωρεάν Wi-Fi στους κοινόχρηστους χώρους αποτελεί μέρος αυτής της λειτουργικής ποιότητας ζωής.

«Έξυπνο σημαίνει υπηρεσίες βιώσιμης κινητικότητας, ένα υγιές εταιρικό περιβάλλον και εξαιρετικές συνθήκες διαβίωσης. Πάνω από όλα, “έξυπνο” σημαίνει μια λειτουργική καθημερινή εμπειρία για τους κατοίκους του κάθε τόπου» δηλώνει η Johanna Juselius, ανώτερη σύμβουλος της ΕΕ και διαχειρίστρια της Smart Specialisation Strategy (Εξυπνης Στρατηγικής Εξειδίκευσης) της περιοχής Ελσίνκι-Usimaa στη Φινλανδία.

3.10 «Citizen City»



Εικόνα 21 - Εξώφυλλο Citizen City - Βανκούβερ Καναδάς

Το *Citizen City* επικεντρώνεται στα δικά του προβλήματα, με τις δικές του λύσεις, τους δικούς του οικονομικούς πόρους και το τοπικό ανθρώπινο ταλέντο. Αυτές είναι συχνά “ανθεκτικές” πόλεις που

ξαναγεννιούνται μετά από κλιματολογικές, κοινωνικές ή οικονομικές καταστροφές.

Η στρατηγική του 2017-2021 είναι να καταστήσει το Ελσίνκι «την πιο λειτουργική πόλη στον κόσμο»: Μια πόλη που παρέχει υπηρεσίες στους πολίτες, που είναι ασφαλής και καθαρή, με οικονομική ανάπτυξη και διαφανή διακυβέρνηση. Όλες αυτές οι λειτουργίες είναι αφιερωμένες στον τρόπο ζωής των κατοίκων, περισσότερο από το Machine City – Business City.

3.11 Οι 10 αρχές “ΚΛΕΙΔΙΑ” για τον έκτοτε Σχεδιασμό των Πόλεων

1. ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Η μελλοντική πόλη έχει σχεδιαστεί γύρω από φυσικά χαρακτηριστικά και ενέργειες, προστατεύοντας τους βιότοπους της άγριας πανίδας και τους φυσικούς πόρους. Με βάση ένα ενοποιημένο όραμα για την περιοχή, γίνεται συμπαγής και πυκνή για να περιορίσει τις επιπτώσεις στο οικοσύστημα.

2. ΝΕΡΟ

Η προστασία των συστημάτων ορεινών υδάτων και η αυστηρή συλλογή και καθαρισμός των όμβριων υδάτων βελτιώνουν την ποιότητα του νερού. Τα μέτρα αποκατάστασης υγροτόπων και οι επονομαζόμενες «πόλεις-σφουγγάρια» (έχει γίνει αναφορά παραπάνω) αναβιώνουν τους οικοτόπους και προστατεύουν από τις πλημμύρες και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στην πόλη του μέλλοντος, η ενέργεια είναι 100% ανανεώσιμη. Παράγεται αρκετή ισχύς μέσα ή κοντά στην πόλη για να υπάρχει αυτάρκεια. Τα κτίρια της περιοχής μοιράζονται τους ενεργειακούς πόρους, παράγοντας όση ενέργεια καταναλώνουν χωρίς υπερβολές και υπερκαταναλώσεις.

4. ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Τα απόβλητα γίνονται ένας πόρος για την παραγωγή ενέργειας ή εναλλακτικού υλικού (πρωτοπόρα σε αυτό υπήρξε η Σουηδία). Οι χώροι υγειονομικής ταφής και οι εγκαταλελειμμένες βιομηχανικές περιοχές μετατρέπονται σταδιακά για άλλους σκοπούς μετά την αποκατάσταση του εδάφους. Τα λύματα επεξεργάζονται και οδηγούνται στην άρδευση και στην ανθρώπινη κατανάλωση.

5. ΦΑΓΗΤΟ

Οι πρακτικές αειφορίας επιβάλλονται σε όλο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, από την παραγωγή έως την παράδοση και τη διάθεσή του. Καθιερώνονται παγκόσμια πρότυπα για τη βιολογική γεωργία και τη θεραπεία ζώων ενώ τα περισσότερα παραγόμενα προϊόντα προέρχονται από τοπικούς πόρους και τοπικούς φορείς.

6. ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Το ταξίδι στην πόλη του μέλλοντος είναι πιο προσιτό, ασφαλές και βολικό λόγω της αυτοματοποιημένης τεχνολογίας και των σιδηροδρόμων υψηλής ταχύτητας. Λιγότερα προσωπικά αυτοκίνητα βρίσκονται στο δρόμο και υπάρχει περισσότερος χώρος για πεζούς.

7. ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ

Στην πυκνοκατοικημένη και ποικίλα πόλη του μέλλοντος, η ιστορική κληρονομιά διατηρείται και γιορτάζεται. Η ψυχαγωγία, οι τέχνες και η διασκέδαση μπορούν να μοιραστούν παγκοσμίως μέσω της εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας.

8. ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

Η πόλη του μέλλοντος έχει σχεδιαστεί για προσβασιμότητα και ασφάλεια καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι κατοικούν σε αστικές περιοχές. Οι κάτοικοι έχουν πιο υγιείς ζωές με πιο απλοποιημένη πρόσβαση στη φύση, τις υπηρεσίες και την αυτοματοποιημένη τεχνολογία.

9. ΥΠΟΔΟΜΗ

Τα κτίρια κατασκευάζονται πιο αποτελεσματικά και αποτελούνται από τεχνολογίες που βελτιώνουν την ποιότητα των φυσικών πόρων όπως το νερό, το έδαφος και ο αέρας. Η υποδομή έχει σχεδιαστεί με

γνώμονα τον πολίτη και την πρόσβαση πεζών με περιορισμένους δρόμους για αυτοκίνητα.

10. ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Η οικονομία της μελλοντικής πόλης πρέπει να λειτουργεί σε συνδυασμό με πολιτικές που διασφαλίζουν την οικολογική βιωσιμότητα. Οι άνθρωποι προσαρμόζονται σε πιο ευέλικτες ώρες εργασίας καθώς η τεχνητή νοημοσύνη και ο αυτοματισμός διαδίδονται.

3.12 Φουτουριστικά Πλάνα Εφαρμογής των Παραπάνω Προϋποθέσεων

➤ 3.12.1. ΑΣΤΙΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ:

Σε έναν πυκνά αναπτυγμένο κόμβο, η βιώσιμη χρήση γης εντός και εκτός των συνόρων βοηθά τους ανθρώπους να ευδοκιμήσουν παρέχοντας νερό, τρόφιμα και αναψυχή. Η διαμετακόμιση υψηλής χωρητικότητας μειώνει τις εκπομπές και τις ταχύτητες μετακίνησης.

- *Καθαρισμός Βρόχινου Νερού:* Αντί των υδρορροών, οι βιολογικές “φάλαινες” (απορροφητικοί κήποι βροχής) και οι πισίνες συλλέγουν και φιλτράρουν νερό της βροχής για επαναχρησιμοποίηση
- *Κοινωνική Διέλευση:* Οι περιφερειακοί σιδηροδρομικοί σταθμοί υψηλής ταχύτητας γίνονται κέντρα επιχειρηματικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων.
- *Πράσινες Στέγες:* Οι ηλιακοί συλλέκτες και οι οροφές συνδυάζονται, ενισχύοντας τη βιώσιμη ενέργεια και τη γεωργία μικρής κλίμακας.
- *Αστικά Αγροκτήματα και Κήποι:* Νέες κοινότητες και εξελίξεις εκμεταλλεύονται την προηγμένη υδροπονική τεχνολογία για την αστική γεωργία.

➤ 3.12.2. ΕΞΥΠΝΑ ΣΠΙΤΙΑ:

Τα κτίρια ενσωματώνουν φυσικά στοιχεία και είναι σε μεγάλο βαθμό αρθρωτά, οδηγώντας στην ταχύτερη παραγωγή με λιγότερα απόβλητα. Οι χώροι μπορούν γρήγορα να μεταμορφωθούν για να καλύψουν και να ικανοποιήσουν πλήρως τις μεταβαλλόμενες κατοικίες, βιομηχανικές ή επιχειρηματικές ανάγκες.

- *Κήποι Ουρανού:* Οι διασπαρμένοι χώροι πρασίνου προωθούν τη φυσική ροή του αέρα σε κτίρια παρέχοντας ταυτόχρονα σκιά και κοινωνικούς χώρους.
- *Ηλιακοί Τοίχοι και Παράθυρα:* Οι ηλιακοί συλλέκτες ενσωματωμένοι σε όλες τις επιφάνειες της πρόσοψης του κτηρίου κατά τη διάρκεια της κατασκευής απορροφώντας την ενέργεια του ήλιου.
- *Η Χαμηλή Λάμψη:* Τα χαμηλά κτίρια επιτρέπουν περισσότερο φως και αέρα να φτάσει στο έδαφος, προωθώντας την υγεία και την ευεξία.
- *Πράσινοι Δρόμοι:* Το φιλτράρισμα του νερού, η περιβαλλοντική παρακολούθηση και ο φυσικός εξωραϊσμός αποτελούν μέρος του τοπίου.

➤ 3.12.3. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ:

Οι κοινόχρηστοι χώροι και οι ανέσεις αυξάνουν την αλληλεπίδραση του ανθρώπου και επιτρέπουν λιγότερες και μικρότερες κατοικίες. Οι δραστηριότητες σε όλη την κοινότητα στοχεύουν στην προαγωγή της αίσθησης του ανήκειν και της κοινωνικής ισότητας.

- *Χώρος για Αναπνοή:* Με λιγότερα αυτοκίνητα έξω και περισσότερα φυτά μέσα, η ποιότητα του αέρα βελτιώνεται και τα αερομεταφερόμενα σωματίδια μειώνονται.
- *Διαγενεακή Στέγαση:* Μικρές μονάδες οικογενειακού μεγέθους, καθώς και εύκολη πρόσβαση σε υπηρεσίες και διαμετακόμιση, καλωσορίζουν μια σειρά ηλικιών σε ένα κτήριο.
- *Ανακύκλωση και Επαναχρησιμοποίηση:* Τα χρησιμοποιημένα αντικείμενα - αυτά που δεν είναι ήδη βιοαποικοδομήσιμα

επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται πιο εύκολα σε πυκνές κοινότητες.

- *Μια Μελλοντική Πόλη για Όλους:* Οι μελλοντικές πόλεις είναι πλήρως προσβάσιμες για τα άτομα με ειδικές ανάγκες, χωρίς διακρίσεις και οίκτο, δίνοντας σε όλους τους κατοίκους απεριόριστη πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες.

➤ 3.12.4. ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΓΕΙΤΟΝΙΕΣ:

Οι γειτονιές έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε οι αποστάσεις για τις καθημερινές υποχρεώσεις να μην ξεπερνάνε τα 10 λεπτά. Ποικίλοι τύποι κατοικιών προσελκύουν κοινότητες μικτού εισοδήματος, άνθρωποι όλων των οικονομικών στρωμάτων μπορούν να ζήσουν κοντά στη δουλειά.

- *Καθαρή Ενέργεια:* Ελαφρύτερες και φθηνότερες ανεμογεννήτριες χωρίς χάλυβα στις στέγες κτιρίων παρέχουν συμπληρωματική ενέργεια.
- *Μετακίνηση Drones:* Προγραμματισμένα εξ αποστάσεως τα drones γίνονται αρκετά μεγάλα και αρκετά ισχυρά για να μεταφέρουν ανθρώπους μέσα στην πόλη.
- *Ευέλικτα Κτίρια:* Οι αρθρωτοί εσωτερικοί χώροι μπορούν να «ανταλλάσσονται» για άλλες χρήσεις ως απάντηση σε νέες οικονομικές συνθήκες ή καινοτομίες.
- *Αποκατάσταση Υγροτόπων:* Ο κόσμος έχει χάσει το ένα τρίτο των υγροτόπων του από το 1970. Οι μελλοντικές πόλεις διατηρούν και αποκαθιστούν όλα όσα απομένουν.
- *Υπόγεια Γεωργία:* Οι υδροπονικές εκμεταλλεύσεις χωρίς έδαφος καλλιεργούνται προϊόντα με φώτα LED υψηλής απόδοσης, ακριβώς κάτω από τα σπίτια και τα γραφεία.
- *Στρατηγικός Εξωραϊσμός:* Μόνο τοπικά είδη φυτών χρησιμοποιούνται σε στυλ κηπουρικής γνωστό ως xeriscaping, το οποίο απαιτεί ελάχιστη ή καθόλου άρδευση.

➤ 3.12.5. ΑΝΘΕΚΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ:

Οι μελλοντικές πόλεις αποτελούνται από μια σειρά αστικών κόμβων με σιδηροδρόμους υψηλής ταχύτητας. Η περιφερειακή οικολογία υπαγορεύει πού και πώς αναπτύσσονται οι κόμβοι ενώ τα κέντρα της πόλης μετακινούνται στην ενδοχώρα, μακριά από την άνοδο της θάλασσας.

- *Κλιμακούμενη Διαμετακόμιση:* Η κάθε περιοχή συνδέεται με τοπικές σιδηροδρομικές γραμμές, λεωφορεία και τρένα υψηλής ταχύτητας ικανά να φτάσουν τα 1000 km/h (600mph).
- *Μένουμε Τοπικά:* Η βιώσιμη γεωργία αναπτύσσεται κοντά στους κόμβους της πόλης για τον περιορισμό των μεταφορών.
- *Συνδεδεμένη Απασχόληση:* Μικρά κέντρα πόλεων που συνδέονται με σιδηροδρομικές συνδέσεις υψηλής ταχύτητας, ενώνονται ως κόμβοι απασχόλησης και μειώνουν την αστική επέκταση.
- *1/2 Άγριο:* Σύμφωνα με τον Εθνικό Οργανισμό Δημόσιας Υγείας (E.O.) στο έργο Halston-Earth του Wilson, το 50% του οικοσυστήματος και τα νερά του προστατεύονται.

3.13 Έξυπνες Πόλεις από το ΜΗΔΕΝ

«Η πρόθεσή μας είναι να οικοδομήσουμε μια πόλη ανοιχτή στον κόσμο, ενώνοντας επιχειρήσεις, πανεπιστήμια και κατοικίες σε ένα οικολογικό και ευχάριστο περιβάλλον διαβίωσης» έχει δηλώσει ο Chi Chang-Yeoul κύριος ερευνητής στο Ινστιτούτο Κεραμικής Μηχανικής και Τεχνολογίας στην Κορέα.

Η Παλιά Ευρώπη εξαρτάται από τις ιστορικές πόλεις όπου ο εκσυγχρονισμός περιπλέκεται με πολλαπλούς περιορισμούς. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα εκσυγχρονισμού των κέντρων των πόλεων (Πόλη στο Λονδίνο) και δορυφορικών περιοχών (La Défense στο Παρίσι), ή ακόμη και «νέων πόλεων» που δημιουργήθηκαν πριν ακόμα η ιδέα των «έξυπνων πόλεων» γίνει της μόδας. Οι περιορισμοί του χώρου δεν επιτρέπουν τη δημιουργία νέων έξυπνων μεγάλων πόλεων, επομένως, «αγνά» μοντέλα έξυπνης πόλης θα αναζητηθούν.

Η δημιουργία μιας ιδανικής πόλης από το μηδέν είναι μια αρχαία έννοια. Οι Έλληνες φιλόσοφοι “φλέρταραν” ήδη με την ιδέα, και οι βιομηχανικοί καπιταλιστές του 19ου αιώνα το δοκίμασαν στην Ευρώπη. Η ουτοπία περιλαμβάνει την επίτευξη αστικής και κοινωνικής τελειότητας, χωρίς να παρεμποδίζεται, να παρακωλύεται ή να αμφισβητείται από υπάρχοντες πληθυσμούς, εδραιωμένες δραστηριότητες, αφοσιωμένες γειτονιές ή το ιστορικό στυλ.

○ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Δυτικά της Μόσχας, το έργο “δορυφορικής περιοχής” *Rublyovo-Arkhangelskoye*, είναι ένα παράδειγμα στη Ρωσία, με 4 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα τολμηρής αρχιτεκτονικής αφιερωμένη στην οικονομική ανάπτυξη του τριτογενή τομέα.

○ ΣΤΙΣ Η.Π.Α.

Στην περιοχή του Ντένβερ, το *CityNOW*, είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της τάσης. Είναι μια ιδιωτική πρωτοβουλία της Panasonic, ενός ιαπωνικού κολοσσού ηλεκτρονικών συσκευών, η οποία με αυτό το έργο δείχνει την πρόθεσή της να γίνει μέλος στο σχεδιασμό και τη διαχείριση έργων έξυπνων πόλεων. Το έργο είναι μια αμερικανική επέκταση του προγράμματος βιτρίνας εν ονόματι επίσης *CityNOW*, το οποίο δοκιμάζεται κοντά στο Τόκιο στην Ιαπωνία. Η αειφόρος έξυπνη πόλη Fuijisawa διαθέτει χίλια σπίτια που επωφελούνται από νέες τεχνολογικές χρήσεις όσον αφορά την κινητικότητα, την ασφάλεια, την σιγουριά, την υγεία και τις κοινοτικές υπηρεσίες.

Η εστίαση είναι στις οικολογικές και βιώσιμες λειτουργίες και στο IoT για την παρακολούθηση. Ως παράδειγμα πειραματισμού στο *CityNow*, το *RoadX* μία «Πόλη Λογισμικού» («SoftwareCity») όπως χαρακτηρίζεται, επιτρέπει σε ένα όχημα, εξοπλισμένο με πολλαπλούς αισθητήρες και συνδεδεμένο σε ένα δίκτυο 5G, να επικοινωνεί και να αλληλοεπιδρά, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, με το περιβάλλον του (δηλαδή με το δρόμο, με οποιοδήποτε άνθρωπο συνδεδεμένο στο κινητό του - smartphone, με άλλα οχήματα) με σκοπό να παρέχει στη πόλη δεδομένα

κίνησης και, πιο γενικά, τη κατάσταση της πόλης σε πραγματικό χρόνο, σε κλίμακα μόλις μερικών μέτρων. Αν το πείραμα στη Δύση βγει επιτυχημένο, η προτεραιότητα της Panasonic είναι η αναπαραγωγή της ιδέας και σε άλλες πόλεις της Ευρώπης και των Η.Π.Α. Οπότε σαφώς συμπεραίνουμε πως αυτό αποτελεί, ένα εργαστήριο προθηκών, με τεχνικό και εμπορικό επίκεντρο.



Εικόνα 22 - CityNOW project - Αμερική

ο ΣΤΗΝ ΑΣΙΑ

Στην Κίνα, το πείραμα των πόλεων χωρίς αυτοκίνητα είχε προγραμματιστεί ήδη από το 2012.

- Για παράδειγμα, το έργο δορυφορικής περιοχής *Chengdu Great City*, που κατασκευάστηκε από το μηδέν για 80.000 κατοίκους, είναι οικολογικό και χωρίς αυτοκίνητα, αλλά αυτό το πείραμα είναι ακόμα πολύ πρωτοποριακό για σήμερα.



Εικόνα 23 - Chengdu Great City - Μελλοντικό πλάνο Έξυπνης Πόλης

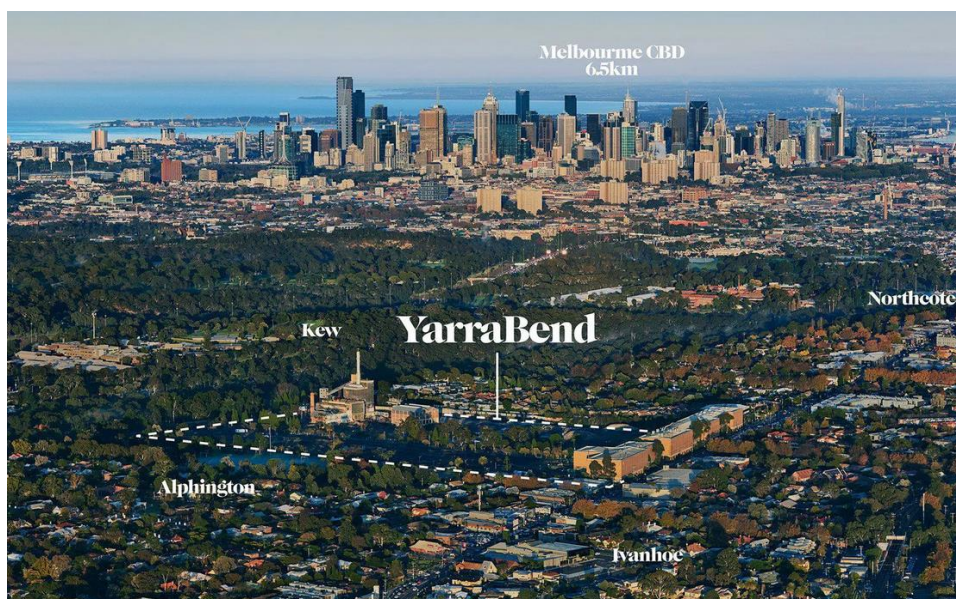
- Στη Νότια Κορέα, η *Songdo City*, ένας πρωταρχικός δορυφόρος της Σεούλ, στην περιοχή Incheon, ήταν ένα από τα πρωτοποριακά παραδείγματα μιας εργαστηριακής πόλης, η οποία ανακηρύχθηκε παγκοσμίως ως πόλη του μέλλοντος από τους ιδιωτικούς προγραμματιστές της. Το έργο επωφελήθηκε από την παγκόσμια κάλυψη των μέσων ενημέρωσης.

Πριν από 6 ή 7 χρόνια, το εξυπνότερο πράγμα που έπρεπε να κάνει ο καθένας ήταν να επισκεφθεί αυτήν την πόλη, αλλά το πείραμα χαρακτηρίστηκε ως μερική αποτυχία. Όμως αυτός δεν ήταν ο στόχος των δημόσιων αρχών, οι οποίες στη συνέχεια ανέλαβαν την εξουσία στην ανάπτυξη μιας ελεύθερης αστικής ζώνης.

ο ΣΤΟΝ ΕΙΡΗΝΙΚΟ

Στην Αυστραλία, ένα νέο προάστιο της Μελβούρνης βρίσκεται υπό κατασκευή στο Yarrabend, το οποίο έχει ήδη περιγραφεί ως «μια από τις πιο ευχάριστες πόλεις στον κόσμο για να ζήσει ο άνθρωπος». Μια έξυπνη περιοχή που δημιουργήθηκε από το μηδέν, αντιστοιχεί φυσικά

σε όλες τις συνήθειες υποσχέσεις βιωσιμότητας (ηλιακή ενέργεια, χώροι πρασίνου, carpooling και καθαρά οχήματα, δίκτυο 5G, ανακύκλωση νερού κ.λπ.) Αλλά πάνω από όλα, είναι μια πόλη με βιτρίνα, σχεδιασμένη να αποδείξει την απόδοση των ηλεκτρικών μπαταριών του Powerwall της Tesla. Εξ ου και το ψευδώνυμο αυτού του πολυτελούς προάστιου, «*Tesla City*», που πήρε το όνομά της από τον συν-προγραμματιστή, Elon Musk.



Εικόνα 24 - Yarrabend - Μελβούρνη Αυστραλίας

ο ΣΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ

Ως ένδειξη κινήτρου και φιλοδοξιών της αφρικανικής ηπείρου, οι κάτοικοι του Αλγέρι φιλοξένησαν την παγκόσμια σύνοδο κορυφής της Smart City, συμπεριλαμβανομένων 40 πολιτειών και 15 διεθνών ιδρυμάτων, με συνολικά 4.000 συμμετέχοντες.

- *Diamniadio*, η πρώτη μελλοντική έξυπνη πόλη στη Σενεγάλη, ένας δορυφόρος 30 χιλιάμετρα από την πρωτεύουσα.
- Η κοιλάδα *Yabacon*, σε μια από τις περιοχές του Λάγος της Νιγηρίας, είναι ήδη το πιο διάσημο αφρικανικό κέντρο.
- Benin Smart City
- «e-madina» στην Καζαμπλάνκα, Μαρόκο

- Νέα Ταγγέρη στο Μαρόκο
- The Zenata Eco-City στο Μαρόκο
- Το Konza, 60 χιλιόμετρα από την πρωτεύουσα της Κένυας, είναι ένα πολιτικό και οικονομικό σχέδιο που στοχεύει στην ενσωμάτωση του προληπτικού έργου εκσυγχρονισμού «*Vision 2030*» ως «*techropolis*». Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί μια αναμνηστική πόλη: «η δίδυμη πόλη του Ναϊρόμπι».

«Μία από τις συνέπειες αυτού του νέου τρόπου προώθησης είναι η τάση να ενθαρρύνεται η δημιουργία έξυπνων περιοχών (επαρχιών ή πόλεων) από κενή και ακατοίκητη γη»: δημοσιεύει το Weforum.org, ως εισαγωγή σε μια επαινούσα περιγραφή της ανάπτυξης του Amaravati , η νέα πρωτεύουσα της πολιτείας της Άντρα Πραντές στην Ινδία.

Σύμφωνα με το αρχικό έργο, αυτή η «έξυπνη πόλη από το μηδέν» δεν πρέπει να είναι μόνο μια επίδειξη ελκυστικού εκσυγχρονισμού για παγκόσμιους επενδυτές και καινοτόμους δηλαδή μια τοποθεσία για ψηφιακές δραστηριότητες, αλλά και μια ευνοϊκή «θερμοκοιτίδα» με ικανότητες επιστημονικής εκπαίδευσης για τους τοπικούς νέους. Μεν, μία καινοτόμα πόλη που ,δε, προορίζεται να πληροί τα πρότυπα της παγκοσμιοποίησης. Σε αυτήν την περίπτωση, ο υπερσυγχρονισμός φαίνεται να είναι γενικότερα προσβάσιμος χωρίς εμπόδια, οικονομικά πιο προσιτός από ό,τι όταν ασχολείται με τις υλικές και κοινωνικές επιπλοκές του Αυτή η τάση υποστηρίζεται από υψηλά, δημοτικά πρόσωπα της πόλης σε χώρες όπου η πρόκληση του εκσυγχρονισμού είναι επείγον και μείζων ζήτημα.

ο ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΑΝΑΤΟΛΗ

Αρκετά έργα ανταγωνίζονται άμεσα με την τρέχουσα δεσπόζουσα θέση του Ντουμπάι ως την ναυαρχίδα του εκσυγχρονισμού στα κράτη του Κόλπου.

- Το έργο *Saudi Neom* μαρτυρεί τόσο τη φιλοδοξία των χωρών που παράγουν πετρέλαιο να αποκτήσουν σημασία στα μάτια του κόσμου μέσω μιας προσέγγισης, υψηλής τεχνολογίας που κάνει τις νομαδικές ρίζες της ερήμου τους κάτι παρελθοντικό. Βέβαια

είναι ακόμη πολύ νωρίς για να προβλέψουμε εάν αυτό το τεράστιο έργο θα είναι επιτυχές ή όχι.

- Το *Masdar City* ξεκίνησε το 2006 ως δορυφόρος του Αμπού Ντάμπι, αλλά απέτυχε να προσελκύσει κατοίκους. Από την άλλη πλευρά, είναι ένα ενδιαφέρον εργαστήριο τεχνολογίας όπου πολλές διεθνείς εταιρείες υψηλής τεχνολογίας έχουν μια πειραματική παρουσία στην αειφόρο ανάπτυξη και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

▫



Εικόνα 25 - Smart City Dubai

Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα συνεχίζουν και θα συνεχίσουν να επενδύουν καθώς η επιθυμία τους για προβολή αποτελεί κινητήρια δύναμη.

Το 2020 ήταν μια ανατρεπτική και ταραχώδης χρονιά για τον όλο το κόσμο, αλλά άμα προσηλωθούμε στην ψηφιοποίηση, η φετινή χρονιά υπήρξε ένα τεράστιο βήμα για το ΗΑΕ.

«Το Ντουμπάι ετοιμάζεται για την πρόοδο της ψηφιοποίησης από το 2015, όπου η ομάδα του *SmartDubai* εργάστηκε για να φτιάξει τη βάση και να δημιουργήσει ένα ολιστικό οικοσύστημα στην ανάπτυξη δεδομένων και της πόλης. Λόγω αυτού, το Ντουμπάι συνέχισε να

λειτουργεί όλο το 24ωρο, ακόμη και κατά τη διάρκεια της πανδημίας, ώστε να εξελίσσεται σε όλες τις πτυχές όπως η αειφορία, η ανέπαφη πληρωμή, η υγειονομική περίθαλψη, η κινητικότητα κ.λπ.» δήλωσε ο Younus Al Nasse, βοηθός γενικού διευθυντή της εταιρίας SmartDubai και CEO στο Ίδρυμα Δεδομένων του Ντουμπάι, σε διαδικτυακή του συνέντευξη στο Smart Dubai Podcast

3.14 Το Σχέδιο για το '21

Στο Ντουμπάι έχουν ήδη υιοθετηθεί νέες ιδέες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική εξυπηρέτηση των πολιτών. Το 2021 ηγήθηκε των ψηφιακών καινοτομιών σε πρωτοπόρες λύσεις για το καλύτερο της χώρας. Στόχος τους είναι να μετατρέψουν το Ντουμπάι σε μια κοινωνία χωρίς μετρητά, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα με στρατηγική σημασία. «Δημιουργία Δεδομένων» και «Σύνδεση» όλων των πόλεων, το Ντουμπάι είναι έτοιμο να ανοίξει το δρόμο για καινοτόμες βιώσιμες ψηφιοποιήσεις που θα το ανυψώσουν περαιτέρω, θα παρουσιάσει τη δύναμή του παγκοσμίως και θα το καταστήσει ακόμη πιο ανταγωνιστικό ως μια έξυπνη πόλη.

3.15 Πίνακας Ελέγχου 2020 και Μελλοντικά Σχέδια

Τα δεδομένα έχουν δείξει τη δύναμή τους και αυτή η δύναμη αυξάνεται όλο περισσότερο χρόνο με το χρόνο. Δεν είναι πια πολυτέλεια αλλά αναγκαιότητα για την καθημερινή ζωή. Λόγω της πανδημίας, το DubaiTeam δημιούργησε έναν πίνακα ελέγχου COVID-19 με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για να δώσει στα ιατρικά επαγγέλματα κάθε πιθανή λύση, να κάνει τις απαραίτητες προβλέψεις για να βοηθήσει στο μέγιστο βαθμό να "ολοκληρωθεί ο αγώνας" και να καταπολεμηθεί ο ιός. Το Ντουμπάι υπήρξε από τις πρώτες μεγάλες πόλεις που επέστρεψε, σχεδόν, στην κανονικότητα σε λιγότερο από 1 χρόνο.

3.16 Εικονικότητα από την αρχή: Μοντέλο Πρόσφορων Κινδύνων

TORONTO QUAYSIDE SIDEWALK: μία βιτρίνα έξυπνης περιοχής



Εικόνα 26 - SideWalk Labs - Τορόντο Καναδάς

Στο τέλος του 2017, η Sidewalk Labs, θυγατρική πολεοδομική εταιρεία της Alphabet, η μητρική εταιρεία του αμερικανικού γίγαντα Google, πήρε το πράσινο φως από το δήμο του Τορόντο του Καναδά, για να αστικοποιήσει εκ νέου την ανατολική προκουμαία, περίπου 800 εκτάρια αστικής χερσαίας περιοχής στις όχθες της λίμνης Οντάριο, και να την καταστήσει «διαδικτυακή πόλη, την πιο οικολογική και τεχνολογική πόλη στον πλανήτη». Στα τέλη Ιουλίου 2018, το Sidewalk Labs υπέγραψε μια συμφωνία για ένα αναπτυξιακό σχέδιο με την Waterfront Toronto, μια εταιρεία που συγκεντρώνει διάφορες δημόσιες δομές στην καναδική πόλη. Ο προϋπολογισμός που θα ανακοινωθεί θα είναι πάνω από 1 δισεκατομμύριο δολάρια, με 50 εκατομμύρια δολάρια να έχουν ήδη επενδυθεί από το Sidewalk Labs. Η εταιρεία ανακοίνωσε τη χρήση

«καθαρότερων» υλικών για την κάλυψη απαιτήσεων αειφόρου ανάπτυξης, όπως ξύλο, υψηλής τεχνολογίας «έξυπνες» οδικές επιφάνειες που καλύπτουν τις μεταβαλλόμενες ανάγκες και τη ζωή της πόλης που οργανώνεται σε πολλούς πεζόδρομους.



Εικόνα 27 - SideWalk Labs - Τορόντο Καναδάς

4 Κεφάλαιο 4^ο: Η συμβολή της Τεχνολογίας Πληροφοριών στη βιωσιμότητα και μία πρώτη αναφορά στους έξυπνους κάδους

Εισαγωγή

Το 4^ο κεφάλαιο της εργασίας θίγει το θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων και πως μέσω της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί αυτό το μείζον ζήτημα να εξαιρεθεί, όχι μόνο μελλοντικά στην ανοικοδόμηση των «έξυπνων πόλεων» αλλά και άμεσα. Γίνεται εμφανής η σπουδαιότητα και ο τρόπος εφαρμογής της Τεχνολογίας Πληροφοριών ενώ παρουσιάζεται, μέσω συγκεκριμένου παραδείγματος αλγορίθμου, η συμβολή στην καταπολέμηση του προβλήματος των αποβλήτων. Τέλος γίνεται αναφορά στο σπουδαίο project των «έξυπνων» κάδων απορριμμάτων γνωστοί και ως e-bins οι οποίοι «στρώνουν» το δρόμο ακόμα και των πιο αδιάφορων στο τομέα της ανακύκλωσης.

«Ένας έξυπνος τρόπος διαχείρισης κάδων απορριμμάτων»

4.1 Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων για Εφαρμογή σε Έξυπνες Πόλεις

Στην έρευνα αυτή παρουσιάζεται μία νέα μέθοδος διαχείρισης έξυπνης αποβλήτων που κάνει το περιβάλλον της πόλης καθαρό με χαμηλό κόστος.

Ο αισθητήρας διαλέγει, μετρά και μεταδίδει δεδομένα όγκου αποβλήτων μέσω του Διαδικτύου. Τα δεδομένα που συλλέγονται συμπεριλαμβανομένης της γεωγραφικής τοποθεσίας του κάδου απορριμμάτων και του σειριακού αριθμού υποβάλλονται σε επεξεργασία χρησιμοποιώντας τις μεθόδους παλινδρόμησης, ταξινόμησης και τη θεωρία γραφημάτων. Στη συνέχεια, προτείνεται μια νέα μέθοδος για τη δυναμική και αποτελεσματική διαχείριση της συλλογής απορριμμάτων, προβλέποντας την κατάσταση των αποβλήτων, ταξινομώντας την τοποθεσία των απορριμμάτων και παρακολουθώντας την ποσότητα των αποβλήτων.

Στην έξυπνη πόλη, το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων αποτελεί ένα βασικό στοιχείο για το περιβάλλον διαβίωσης του ανθρώπου και η ποιοτική του διαχείριση θεωρείται υψίστης σημασία. Ένα πιθανό έξυπνο σύστημα διαχείρισης αστικών αποβλήτων απαιτεί έναν τρόπο ομαδοποίησης των τοποθεσιών του κάθε κάδου απορριμμάτων, τον εντοπισμό της κατάστασης και των επιπέδων των απορριμμάτων σε κάθε κάδο και την επεξεργασία αυτών των συλλεκτικών δεδομένων. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας θα είναι πολύτιμα δεδομένα εισόδου για το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων που υπολογίζει την πιο βέλτιστη διαδρομή για την πρόληψη του κινδύνου ζημιάς, της ρύπανσης των αποβλήτων και της κατανάλωσης πόρων. Για να διαχειριστεί τα απόβλητα μιας έξυπνης πόλης, το σύστημα ενσωματώνει ένα μοντέλο για την ανταλλαγή δεδομένων με τους οδηγούς των φορτηγών σε πραγματικό χρόνο για να εκτελέσουν τη συλλογή απορριμμάτων.

Μια λύση αποτελεί η συλλογή απορριμμάτων βασισμένη στους έξυπνους κάδους απορριμμάτων (smart bins) συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων και του πρωτοτύπου IoT, τα οποία μπορούν να διαβάζουν, να συλλέγουν και να μεταδίδουν δεδομένα όγκου απορριμμάτων μέσω ασύρματου δικτύου. Ένας προσαρμοστικός αλγόριθμος αναζήτησης μεγάλης γειτονιάς που εξισορροπεί τις βέλτιστες τιμές κόστους των απορριμμάτων φορτηγών προτάθηκε, ο οποίος επεξεργάζεται τα δεδομένα όλων των άδειων κάδων απορριμμάτων και των μεταφερόμενων απορριμμάτων σε χώρους διάθεσης με σεβασμό στα χρονικά περιθώρια του πολίτη.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες αποστέλλονται μέσω του Διαδικτύου σε έναν ειδικό για την παρακολούθηση της κατάστασής του. Ενώ το δίκτυο αισθητήρων υπερήχων επέτρεψε στους έξυπνους κάδους να συνδεθούν μέσω του κυψελοειδούς δικτύου και να δημιουργήσουν μεγάλο αριθμό δεδομένων, τα οποία αναλύθηκαν περαιτέρω και οπτικοποιήθηκαν σε πραγματικό χρόνο για να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των αποβλήτων στην πόλη, μιας έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων με αντικείμενα που αυτο-περιγράφονται για να εντοπίζουν το είδος των αποβλήτων βάσει των πληροφοριών αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (Radio Frequency Identification Information RFID) . Ωστόσο, στο σχεδιασμό τους δεν γνώριζαν τον κίνδυνο κάθε κάδου,

όπως έκρηξη ή φλόγα από το μπουκάλι αρώματος, μπαταριών και ηλεκτρονικών αποβλήτων γι'αυτό προτάθηκε μια μέθοδος ανίχνευσης κινδύνου για τον εντοπισμό και την πρόληψη αυτών των ζητημάτων. Ως εκ τούτου, η διαχείριση των αποβλήτων πραγματοποιήθηκε από έναν βέλτιστο αλγόριθμο διαδρομών απορριμμάτων με βάση την κατάσταση του έξυπνου κάδου.

Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι πολίτες τείνουν να πετάνε τα σκουπίδια τους σε διαφορετικές ώρες μέσα στην ημέρα και πως σε περιόδους εκδηλώσεων ή τουριστικών εποχών η ποσότητα των σκουπιδιών αυξάνεται δραματικά. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να προταθεί μία νέα μέθοδος για την αυτόματη ταξινόμηση της θέσης των κάδων απορριμμάτων, την πρόβλεψη της κατάστασης του καθενός και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών των απορριμμάτων. Ο στόχος αυτής της πρότασης είναι να βοηθήσει το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων της πόλης να λειτουργεί πιο αποτελεσματικά.

Συνεισφορές:

- Ο αριθμός των ομάδων εργασίας που συγκεντρώνεται σε κάθε πόλη και η θέση των νέων κάδων απορριμμάτων ταξινομείται αυτόματα.
- Εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος παλινδρόμησης για την πρόβλεψη της κατάστασης των αποβλήτων που μπορούν να αποφύγουν το φαινόμενο της υπερφόρτωσης των απορριμμάτων, ενώ το απορριμματοφόρο έρχεται να συλλέξει τα κάδο απορριμμάτων.
- Η προτεραιότητα του κάθε κάδου θεωρείται ότι διεξάγει τον βέλτιστο αλγόριθμο διαδρομών απορριμμάτων φορτηγών πιο αποτελεσματικά.

4.2 Υπόδειγμα Διαχείρισης Αποβλήτων με IoT

1. Απόκτηση Δεδομένων

Για να λάβουμε ένα σύνολο δεδομένων αποβλήτων, χρησιμοποιούμε μια βάση δεδομένων ανοιχτού κώδικα, η οποία έχει σημαντικό αριθμό γεωγραφικών τοποθεσιών.

Πεδίο	Περιγραφή
<i>SN</i>	Σειριακός Αριθμός κάθε κάδου απορριμμάτων
<i>time</i>	Το Ορόσημο της καταγραφής δεδομένων
<i>level</i>	Ποσοστό αποβλήτων σε κάθε κάδο (Πράσινο,Κίτρινο,Κόκκινο) σε δεδομένο χρόνο
<i>lat</i>	Γεωγραφικό Πλάτος κάθε κάδου
<i>long</i>	Γεωγραφικό Μήκος κάθε κάδου

Πίνακας 2 - Σύνολο Δεδομένων Κάδου Απορριμμάτων

2. Περιγραφή Συστήματος

1. Η Επισκόπηση της Λειτουργικότητας:

Το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται στην κατάσταση αποβλήτων κάθε κάδου απορριμμάτων στην πόλη. Τα δεδομένα που συλλέγονται αποστέλλονται μέσω Διαδικτύου στον διακομιστή όπου αποθηκεύονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία ενώ επίσης χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και την πρόβλεψη της κατάστασης κάθε κάδου απορριμμάτων καθημερινά. Επιπλέον, θα χρησιμοποιηθεί αναλόγως για τον υπολογισμό των βέλτιστων διαδρομών των

απορριμματοφόρων. Η κατάσταση πρόβλεψης κάθε κάδου μπορεί να αναλυθεί με βάση τα δοσμένα δεδομένα προτού πραγματοποιηθεί. Στη συνέχεια, θα εξεταστεί το ενδεχόμενο ενημέρωσης του βάρους του κάδου απορριμμάτων, η οποία είναι η πιο σημαντική παράμετρος εισόδου του αλγορίθμου βέλτιστων διαδρομών των απορριμματοφόρων.

II. *Επεξεργασία και Ταξινόμηση Δεδομένων:*

Η κατάσταση κάθε κάδου δεν είναι ομοιογενής και διαφέρει σημαντικά ανάλογα με την κατάσταση κάθε τοποθεσίας. Εδώ, παρουσιάζεται ένας αλγόριθμος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δυναμική και αποτελεσματική διαχείριση των στρατηγικών συλλογής απορριμμάτων. Το K-means είναι ένας μη εποπτευόμενος αλγόριθμος μηχανικής εκμάθησης που ομαδοποιεί ένα σύνολο δεδομένων σε έναν καθορισμένο από τον χρήστη αριθμό (K) συμπλεγμάτων. Το χρησιμοποιούμε για να δημιουργήσουμε το σύμπλεγμα εργασίας κάθε απορριμματοφόρου. Ωστόσο, αυτός ο αλγόριθμος θεωρείται αναξιόπιστος καθώς συγκεντρώνει τα δεδομένα σε συστάδες K, ακόμη και αν το K δεν είναι ο σωστός αριθμός συστάδων που θα χρησιμοποιηθούν. Επομένως, κατά τη χρήση συμπλέγματος K-means, οι χρήστες χρειάζονται κάποιο τρόπο για να προσδιορίσουν εάν χρησιμοποιούν τον σωστό αριθμό συστάδων.

Οι διαδρομές συλλογής είναι οι κύκλοι ταξιδιού που εμπεριέχουν ένα σύνολο κάδων απορριμμάτων μέσα σε ένα δεδομένο σύμπλεγμα εργασίας. Η βελτιστοποίηση αυτών των κύκλων είναι ένα πρόβλημα συνδυαστικό. Λαμβάνοντας υπόψη έναν μεγάλο αριθμό διαδρομών, χρησιμοποιούμε έναν Γενετικό Αλγόριθμο (Genetic Algorithm - GA) που είναι σχετικά γρήγορος στην παροχή, σχεδόν, βέλτιστων λύσεων. Δεδομένου ότι το φορτηγό απορριμμάτων χρειάζεται χρόνο για να συλλέξει κάθε κάδο απορριμμάτων, είναι πολύ ευχάριστο εάν μπορεί να προβλεφθεί μια κατάσταση κάδου απορριμμάτων. Ως εκ τούτου, μετά την πρόβλεψη, το σύστημα θα προτείνει ποιοι κάδοι θα πρέπει να συλλεχθούν για να αποφευχθεί το φαινόμενο υπερφόρτωσης.

Μεταβλητές	Περιγραφή
S	Κατάσταση κάθε κάδου i (Status)
L	Τοποθεσία κάθε κάδου i (Location)
W	Βάρος κάθε κάδου i (Weight)
T	Συλλογή Δεδομένων Ορόσημο κάθε κάδου i
D	Δεδομένα Εισόδου (Input Data)
M	Βέλτιστη Διαδρομή Απορ/φόρου εντός συμπλέγματος
DC	Σύμπλεγμα Εργασίας
k	Αριθμός συμπλέγματος εργασίας
η	Όριο Ποσού Αποβλήτων
n	Αριθμός Κάδων Απορριμμάτων στη Βάση Δεδομένων
$m()$	Διάνυσμα αριθμών Κάδων Απορρ. σε κάθε Σύμπλεγμα

Πίνακας 3 - Ο Ορισμός κάθε Μεταβλητής

Η συνολική διαδικασία συνοψίζεται στον Αλγόριθμο 1. Σε αυτόν τον αλγόριθμο, οι παράμετροι ορίζονται στον Πίνακα II. Υποθέτουμε ότι

το σύνολο δεδομένων εισαγωγής «D» είναι η βάση δεδομένων. Στη δεδομένη χρονική σήμανση «t», εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος Λογιστικής Παλινδρόμησης (Logistic Regression - LR) για την πρόβλεψη της κατάστασης κάθε κάδου. Εάν η κατάσταση πρόβλεψης του κάδου είναι μεγαλύτερη από το δεδομένο όριο «η», το βάρος «w» ενημερώνεται σε 1, αντίστοιχα, τότε ο αλγόριθμος GA χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση της απόστασης οδήγησης των απορριμματοφόρων για την επίσκεψή των επιλεγμένων κάδων και την επιστροφή στην έδρα. Επομένως, βρίσκουμε τις βέλτιστες διαδρομές απορριμμάτων σε κάθε σύμπλεγμα «M» που μας βοηθά να αποτρέψουμε αποτελεσματικότερα τον συλλεγόμενο κάδο απορριμμάτων.

Input: \mathcal{D}, η

Output: \mathcal{M}

Initialization: $j, k, h, m() = 0, k = [1; 15]$

- 1: $k^* = \text{Elbow}(\mathcal{D} \rightarrow \mathbf{L}, n)$
- 2: $\mathcal{DC} = \text{K-means}(\mathcal{D} \rightarrow \mathbf{L}, k^*)$
- 3: At a given time stamp t in the near future.
- 4: **for** $j = 1$ to k^* **do**
- 5: $m_j = \text{size}(\mathcal{DC}_j)$
- 6: **for** $h = 1$ to m_j **do**
- 7: $s_{jh} = \text{LR}(\mathcal{DC}_j \rightarrow S_j, \mathcal{DC}_j \rightarrow T_j)$
- 8: **if** $(s_{jh} \geq \eta)$ **then**
- 9: $w_{jh} = 1$
- 10: $M_j = \text{GA}(\mathcal{DC}_j \rightarrow L_j, \mathcal{DC}_j \rightarrow W_j)$
- 11: **end if**
- 12: **end for**
- 13: Plot (M_j)
- 14: **end for**

Πίνακας 4 - Παράδειγμα Αλγορίθμου

Είναι πολύ ευχάριστο να προβλέψουμε την κατάσταση ενός κάδου απορριμμάτων και, στη συνέχεια, να ενημερώσουμε το βάρος αυτού. Μετά από αυτό, το σύστημα θα ενημερώσει τη βέλτιστη διαδρομή απορριμμάτων.

Σε κάθε σύνολο δεδομένων συμπλέγματος DC, όπου $j \in [1: k *]$, παρατηρήσαμε ότι το αρχικό σύστημα έχει τρία επίπεδα κατάστασης κάδων όπως ΚΟΚΚΙΝΟ, ΚΙΤΡΙΝΟ και ΠΡΑΣΙΝΟ. Ας υποθέσουμε ότι όταν $\eta = 0,5$, το επίπεδο του κάδου απορριμμάτων είναι ΚΟΚΚΙΝΟ ή ΚΙΤΡΙΝΟ και το βάρος του είναι ίσο με 1, διαφορετικά είναι ίσο με 0. Χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο GA, οι βέλτιστες διαδρομές απορριμματοφόρων κάθε συστάδας εργασίας οργανώνονται βάσει του βάρους και των συντεταγμένων των κάδων απορριμμάτων, δεδομένου ότι οι βέλτιστες διαδρομές των απορριμματοφόρων για τη συλλογή του κάδου υψηλού βάρους πρέπει να ενημερώνονται ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ.

Συμπέρασμα της παραπάνω μελέτης είναι αρχικά η συγκέντρωση της περιοχή εργασίας χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων. Ειδικά, εισήχθη ένας αλγόριθμος που δημιουργεί αυτόματα τις ομάδες εργασίας και υπολογίζει τις βέλτιστες οδούς απορριμμάτων ενώ επίσης χρησιμοποιήθηκε η παλινδρόμηση Logistic για να προβλεφθεί και να ενημερωθεί το βάρος κάθε κάδου απορριμμάτων. Σκοπός όλων των παραπάνω ενεργειών είναι η δημιουργία νέων βέλτιστων οδών απορριμμάτων και διαδρομών απορριμματοφόρων ώστε να μειωθεί αποτελεσματικότερα η ρύπανση και η κατανάλωση καυσίμων.

4.3 Μελλοντικά Σχέδια

Μελλοντική έρευνα και εργασία είναι απαραίτητη για την περαιτέρω βελτίωση των συστημάτων. Η καλύτερη συλλογή δεδομένων με σωστότερο και ακριβέστερο τρόπο είναι το σημαντικότερο βήμα, με άλλα λόγια, να γίνεται ορθή εκτίμηση και μέτρηση όχι μόνο της ποσότητας των αποβλήτων που πρέπει να συλλέγεται αλλά και οι καταστάσεις κινδύνου (π.χ. θερμοκρασία, βλαβερά και δηλητηριώδεις υγρά και αέρια) τότε η εκτιμώμενη προτεραιότητα του βάρους θα υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια. Επιπλέον, θα πρέπει να προστεθούν οι παράμετροι εισόδου για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών των απορριμματοφόρων, για πληροφορίες κυκλοφοριακής

συμφόρησης, κατανάλωση καυσίμου κ.ά. Τέλος οι προβλέψεις και οι ενημερώσεις για τις βέλτιστες διαδρομές των απορριμματοφόρων του κάθε πελάτη ξεχωριστά πρέπει να είναι εφοδιασμένες με τα δεδομένα του χάρτη οδού.

Στη συνέχεια της μελέτης, μέσω μίας έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο κράτος της Ινδίας, η παρούσα εργασία εμβαθύνει περισσότερο στη σημασία, την αναγκαιότητα και τα θετικά αποτελέσματα της εφαρμογής της γλώσσας προγραμματισμού MATLAB όσο αφορά το πρόβλημα της Διαχείριση Αποβλήτων.

4.4 Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

Η διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά και επικρατούσα προβλήματα σε ολόκληρο τον κόσμο. Το ανερχόμενο βιοτικό επίπεδο και τα υψηλά ποσοστά κατανάλωσης έχουν ακούσιες και ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι χώρες αντιμετωπίζουν πολύ σοβαρή απειλή σκουπιδιών, συνεπάγοντας το κόστος διαχείρισή του, τις τεχνικές και πρακτικές απόρριψής τους.

Υπάρχουν πέντε πηγές αποβλήτων που αναφέρονται, ονομαστικά, παρακάτω:

- i. Πλαστικές Σακούλες
- ii. Συσκευασίες
- iii. Μαγείρεμα
- iv. Καθαριότητα
- v. Επιδιόρθωση

4.5 Ανάγκη & Σημασία της Μελέτης

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων που είναι ήδη ένα τεράστιο καθήκον στην Ινδία θα είναι πιο περίπλοκη με την αύξηση της αστικοποίησης, την αλλαγή του τρόπου ζωής και την αύξηση του καταναλωτισμού. Οι οικονομικοί περιορισμοί, η ακατάλληλη επιλογή της τεχνολογίας και οι θεσμικές αδυναμίες και η αδιαφορία του κοινού για τα Δημοτικά Στερεά Απόβλητα (MSW) έχουν επιδεινώσει αυτήν την κατάσταση. Εκτός αυτού, οι υπάρχουσες πρακτικές της ανεξέλεγκτης απόρριψης αποβλήτων στις πόλεις / περίχωρα της πόλης προκαλούν

σοβαρές ανησυχίες για την ασφάλεια του περιβάλλοντος και επηρεάζουν τη δημόσια υγεία. Σε αυτό το πλαίσιο το παρόν έγγραφο παίζει σημαντικό ρόλο.

4.6 «Έξυπνοι Κάδοι Απορριμμάτων - E-BINs»

«E-bin: ο έξυπνος κάδος απορριμμάτων χρησιμοποιεί αισθητήρες για την αναγνώριση πλαστικών, γυαλιού, χαρτιών, υλικών ανάμιξης, αποθηκεύοντας το καθένα σε καθορισμένα δοχεία που μπορούν εύκολα να αφαιρεθούν μόλις γεμίσουν» δημοσιεύθηκε το 2018 στον ιστότοπο Edie.net

Η «Bin-e» είναι μια πολωνική εταιρεία που δημιουργεί και κατασκευάζει έξυπνους κάδους απορριμμάτων, οι οποίοι χρησιμοποιούν τεχνολογία αναγνώρισης αντικειμένων, τεχνητή νοημοσύνη και επεξεργασία δεδομένων. Το προϊόν της εταιρείας, το *Bin-e*, διαχωρίζει τα απόβλητα και συμβάλλει με ουσιαστικό τρόπο στη μείωση του CO₂, βελτιστοποιώντας τη μεταφορά αποβλήτων. Διαθέτει μια ολοκληρωμένη εφαρμογή ιστού που ενημερώνει τον χρήστη και την εταιρεία διαχείρισης αποβλήτων σχετικά με το επίπεδο των αποβλήτων. Είναι μια ιδανική λύση για γραφεία και δημόσιους χώρους.

Το *Bin-e* είναι μια συσκευή IoT που ταξινομεί και συμπιέζει αυτόματα τα ανακυκλώσιμα, συνδυάζει μοναδική αναγνώριση αντικειμένων με βάση την τεχνητή νοημοσύνη, έλεγχο επιπέδου πλήρωσης και επεξεργασία δεδομένων για να κάνει τη διαχείριση αποβλήτων βολική και αποτελεσματική.

Βελτιστοποιεί τη διαχείριση αποβλήτων στις εγκαταστάσεις, επιτρέποντας την εξοικονόμηση κόστους, χρόνου και εργασίας. Εξασφαλίζει με ακρίβεια ταξινομημένη πρώτη ύλη μέσω αυτόματης αναγνώρισης και διαχωρισμού ενώ χάρη στη συμπίεση πλαστικού και χαρτιού, η συχνότητα εκκένωσης των κάδων μειώνεται κατά το ήμισυ.

ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Οι αυτόματες ειδοποιήσεις όταν ένας από τους κάδους είναι γεμάτος επιτρέπουν αποτελεσματικότερη διαχείριση χρόνου των εργαζομένων. Η εφαρμογή

εμφανίζει το επίπεδο πλήρωσης συνεχώς και την κατάσταση της συσκευής σε πραγματικό χρόνο.

- 92% ακρίβεια διαλογής απορριμμάτων
- 80% χαμηλότερο κόστος διαχείρισης αποβλήτων
- 70% βελτιωμένη διαχείριση του χρόνου και αποδοτικότητα των εργαζομένων

«Αυτό το έξυπνο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τις τρέχουσες εργασίες αποβλήτων στο κτίριο και αποτελεί αδιαμφισβήτητα ένα εργαλείο εξοικονόμησης χρημάτων, χρόνου και εργασίας, δημιουργώντας παράλληλα μια αποδοτική χρήση πόρων και φιλική προς το περιβάλλον εγκατάσταση. Η ιδέα είναι ότι η τεχνολογία κάνει, σωστά και χωρίς απόβλητα, τη δουλειά που φαίνεται να δυσκολεύει τον άνθρωπο περισσότερο» αναφέρει το τεύχος του Innovators Magazine στις 19/07/2017

Η διεπαφή εικόνα αφής καθοδηγεί το χρήστη στη διαδικασία και ενημερώνει σχετικά με το επίπεδο πλήρωσης των κάδων.

Διαστάσεις κάδου: 120 cm x 120 cm x 60 cm

Χωρητικότητα συμπιεσμένη: 0,3m³ - Ασυμπίεστης: 0,8m³

Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (AC) 230V

WiFi και σύνδεση στο internet LAN

Το BIN-E συμπιέζει τα απορρίμματα και παρακολουθεί το συμπλήρωμα και το επίπεδο πληρότητας των συσκευών.

SENSONEO

Η εταιρεία Sensoneo ιδρύθηκε το 2017. Έκτοτε, αυτή η εταιρεία τεχνολογίας με έδρα τη Σλοβακία (μεσαία χώρα της Ευρώπης και μέλος της ΕΕ) κατάφερε να κάνει ένα απίστευτο ταξίδι από πολύ απαιτητικές διαδικασίες Έρευνας και Ανάπτυξης - E&A (Research and Development - R&D), διαδικασίες δοκιμών και κατοχύρωσης ευρεσιτεχνιών έως τις πρώτες εγκαταστάσεις, χαρούμενος πελάτες και παγκόσμια επέκταση. Η έξυπνη λύση διαχείρισης απορριμμάτων της Sensoneo έχει προσελκύσει πόλεις και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο και τώρα χρησιμοποιείται σε έργα σε σχεδόν 60 χώρες.

Το σύστημα Sensoneo Waste Monitoring και οι έξυπνοι αισθητήρες χρησιμοποιούν τεχνολογία υπερήχων για τη μέτρηση των επιπέδων πλήρωσης σε κάδους και δοχεία αρκετές φορές την ημέρα και στέλνουν τα δεδομένα στο Smart Waste Management System, μια ισχυρή πλατφόρμα που βασίζεται σε cloud, μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων (Sigfox, NB-IoT, LoRaWAN, GPRS) παρέχοντας στις πόλεις και τις επιχειρήσεις τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών συλλογής αποβλήτων, των συχνοτήτων και των φορτίων οχημάτων, διανομή δοχείων με αποτέλεσμα τη συνολική μείωση του κόστους συλλογής αποβλήτων κατά τουλάχιστον 30% και μείωση των εκπομπών άνθρακα έως και 60% στις πόλεις. Οι αισθητήρες μας μπορούν να παρακολουθούν κάθε τύπο απορριμμάτων (μικτά απορρίμματα, χαρτί, πλαστικά, γυαλί, ρούχα, βιολογικά απόβλητα, υγρά, ηλεκτρονικά, μέταλλα...) Σε κάδους και δοχεία διαφόρων τύπων και μεγεθών. Η λύση της Sensoneo είναι αποτέλεσμα εσωτερικής E&A.

Ορισμένα χαρακτηριστικά των αισθητήρων Sensoneo είναι τα εξής:

- Οι αισθητήρες είναι υπερηχητικοί, στιβαροί, ανθεκτικοί στο νερό και στους κραδασμούς, είναι πλήρως λειτουργικοί σε ευρεία κλίμακα θερμοκρασίας. Οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν κάθε τύπο απορριμμάτων σε δοχεία διαφόρων τύπων και μεγεθών. Το περίβλημα είναι κατασκευασμένο από ανακυκλώσιμες οπτικές ίνες πολυϊμιδίου που παρέχουν όχι μόνο οικολογικό σχεδιασμό, αλλά επίσης βοηθούν στην ανακύκλωση.
- Οι Έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να συνδεθούν σε πολλά δίκτυα IOT ή GPRS για να εξασφαλίσουν γρήγορη μεταφορά δεδομένων. Το ωφέλιμο φορτίο και η επικοινωνία δικτύου είναι κρυπτογραφημένα σε δύο επίπεδα αποτρέποντας την κακή χρήση των Sensoneo Sensors για επιθέσεις DDOS.
- Το υλικό είναι υψηλής ποιότητας, κάνοντας χρήση ηλεκτρονικών τσιπ κορυφαίας ποιότητας. Οι αισθητήρες είναι εξοπλισμένοι με αντικαταστάσιμες μπαταρίες με διάρκεια ζωής αρκετών ετών. Προαιρετικά χαρακτηριστικά είναι η μέτρηση θερμοκρασίας, ο συναγερμός πυρκαγιάς, ο συναγερμός κλίσης και η ενσωματωμένη τεχνολογία BLE.

Διαθεσιμότητα Αισθητήρων: single, quatro, double sensors

Sensoneo Smart Analytics:

1. Ποιότητα δεδομένων
2. Στατιστικές σχετικά με τη χρήση του οχήματος
3. Στατιστικά σχετικά με το επίπεδο πλήρωσης του κάδου
4. Στατιστικά στοιχεία για το κόστος είσπραξης
5. Στατιστικά στοιχεία σχετικά με την κατανομή του κάδου
6. Στατιστικά στοιχεία σχετικά με την απόδοση της διαδρομής

Επιπλέον παραδείγματα εταιριών κατασκευής Έξυπνων Κάδων Απορριμμάτων είναι οι εξής:

- AMCS (με κύρια έδρα το Ballysimon-Castletroy (Γειτονιά στη Δημοκρατία της Ιρλανδίας) και παραρτήματα σε Jacksonville-Φλόριντα, Σίδνεϋ-Lane Cove West, Βοστώνη-Massachusetts, Diemen-Noord-Ολλανδία, Κοπεγχάγη-DK, Renfrew-GB).
- Guardforce AI Co. Ltd (με έδρα τη Ταϊλάνδη και παράρτημα σε Τόκιο)

Δυναμική Συλλογή Αποβλήτων: ένας Νέος Κόσμος και το Αντίκτυπο

Η δυναμική συλλογή απορριμμάτων λαμβάνει δεδομένα από τα επίπεδα πλήρωσης των αισθητήρων κάδου και τα αναλύει, ενημερώνει τότε οι κάδοι είναι έτοιμοι για συλλογή και, στη συνέχεια, βελτιστοποιεί και δίνει προτεραιότητα στις διαδρομές συλλογής. Η δυναμική συλλογή απορριμμάτων δίνει τη δυνατότητα να κατανέμονται οι πόροι πιο αποτελεσματικά, ενώ παράλληλα οι αποδόσεις αυξάνονται, γεγονός που με τη σειρά του μειώνει το λειτουργικό κόστος, τα χιλιόμετρα, τις εργατώρες, ακόμη και τον αριθμό των οχημάτων που χρησιμοποιούνται ενώ μειώνονται οι εκπομπές CO₂.

Μελέτη: Ως υπογράφων της Σύμβασης για τα Βιώσιμα Οχήματα και Καύσιμα στη βιομηχανία καθαρισμού, το Twente Milieu της Ολλανδίας δεσμεύεται για περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες. Η Twente Milieu N.V. ιδρύθηκε το 1997. Ο τομέας της εταιρείας περιλαμβάνει τη συλλογή και διάθεση συστημάτων απορριμμάτων. Το Twente Milieu παρέχει συμβουλές για τη δημοτική πολιτική και συμβάλει στη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και στους στόχους αειφορίας της

περιοχής. Η εταιρεία διαχείρισης αποβλήτων έχει 250 υπαλλήλους και 150 οχήματα, εκ των οποίων τα 100 είναι βαρέα φορτηγά οχήματα. Για να επιτύχουν τους στόχους τους για βιώσιμες συλλογές αποβλήτων, εξέτασαν τον αριθμό τους. Κατά μέσο όρο, έκαναν 43 στάσεις ένα ταξίδι, με βαθμό συμπλήρωσης 50%, συλλέγοντας από 1.800 έως 2.000 σακούλες σκουπιδιών. Για να καταστήσει τη συλλογή των αποβλήτων τους πιο αποτελεσματική, και έτσι να μειώσει τον αριθμό των στάσεων και των εκπομπών CO₂, ο Twente Milieu ζήτησε από την AMCS να ενσωματώσει τη βελτιστοποίηση διαδρομής στο σύστημά τους. Τα αποτελέσματα ήταν περισσότερο ικανοποιητικά από ό, τι αναμενόταν.

5 Κεφάλαιο 5^ο: Η συλλογή πληροφοριών για την διαχείριση αποβλήτων του δήμου Αιγάλεω

Περιπτωσιακή Μελέτη – Case Study

Αυτή η Περιπτωσιακή Μελέτη διερευνά την καλύτερη και βιωσιμότερη διαχείριση των αποβλήτων και συγκεκριμένα των απορριμμάτων για μία δεδομένη περιοχή της Αττικής. Συνεντεύξεις και έρευνες πεδίου πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του Αιγάλεω, στην Δυτική Αττική. Η μείωση των στερεών αποβλήτων είναι μία κρίσιμη διαδικασία για την βιώσιμη διαχείριση και το παρακλάδι με το οποίο θα ασχοληθούμε εμείς είναι οι έξυπνοι κάδοι και το πρόβλημα της αποκομιδής των απορριμμάτων. Επί του παρόντος οι άνθρωποι στην περιοχή και όχι μόνο, δεν ενδιαφέρονται πολύ για την ανακύκλωση των αποβλήτων με σκοπό την μείωση των απορριμμάτων καθώς και του κόστους της διαχείρισης στερεών αποβλήτων, συνήχθη επομένως το συμπέρασμα ότι η ευαισθητοποίηση των ανθρώπων θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση των στερεών αποβλήτων. Με την ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων να έχει αυξηθεί σημαντικά και την αδιαφορία για ανακύκλωση ενός μεγάλου ποσοστού να επιδεινώνεται, κάθε κοινότητα πρέπει να καταβάλει προσπάθειες για να βρει την δική της καλύτερη και βιώσιμη διαδικασία διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Έχοντας ως επίκεντρο μελέτης το Αιγάλεω, οι παρακάτω πληροφορίες συλλέχθηκαν με την ευγενή συνεργασία του Προϊστάμενου Διεύθυνσης Προγραμματισμού, Ανάπτυξης & Διαφάνειας, Υπεύθυνος Τμήματος Απορριμμάτων του Δήμου Αιγάλεω, μέσω της εφαρμογής Nonovile και FixMyCity σχεδιάστηκε, οργανώθηκε και ελέγχεται συνεχώς η κατάσταση των κάδων και των κάδων ανακύκλωσης.

5.1 Αττική και Απορρίμματα

Με την Αττική να υπολογίζεται ότι παράγει περίπου 1 εκατ. τόνους σκουπιδιών ετησίως, ο νομός ασφυκτιά από τη μεγάλη συλλογή. Ο δρόμος για την κατασκευή δύο νέων μεγάλων μονάδων ολοκληρωμένης διαχείρισης των αποβλήτων, ανοίγει και η μεγαλύτερη Περιφέρεια της

Ελλάδος ξανά μπαίνει στον ευρωπαϊκό δρόμο. Με τις μονάδες καύσης, επιδιώκεται να περιορίσει το υπόλειμμα ώστε να προορίζεται για ταφή μόλις το 10% των απορριμμάτων έως το 2030, από 80% που είναι έως σήμερα. Πιο συγκεκριμένα το μέγιστο ποσοστό αστικών αποβλήτων που θα καταλήγουν σε υγειονομική ταφή το 2030 να μην ξεπερνά το 10%.

5.2 Ερευνητικές Μέθοδοι

Περιοχή Μελέτης: Αιγάλεω

Το Αιγάλεω είναι αστική περιοχή και δήμος που βρίσκεται στον Δυτικό Τομέα του Αθηναϊκού Πεδίου της Περιφέρειας Αττικής με πληθυσμό 69.946 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Ο Δήμος και ο Τομέας Καθαριότητας χωρίζεται σε τρία τμήματα:

1. ΤΜΗΜΑ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ
2. ΤΜΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
3. ΤΜΗΜΑ ΜΕΛΕΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΗΣ

Η συμβολή του δήμου Αιγάλεω στο όλο εύρος των απορριμμάτων και της ανακύκλωσης είναι μεγάλο. Σύμφωνα με άρθρο της Τάνιας Γεωργιοπούλου στην εφημερίδα «Καθημερινή» το Αιγάλεω κατατάσσεται στις πρώτες θέσεις των πιο προσιτών δήμων της Αττικής και ένας από τους λόγους είναι και η καθαρότητα του δήμου. Συγκεκριμένα το Αιγάλεω αποτελείται από 1426 κανονικούς κάδους, 654 ανακύκλωσης και 113 γωνίες ανακύκλωσης. Φυσικά μεγάλη βαρύτητα «δίνει» ο δήμος και στους καθαριστές των δρόμων, πάρκων, παρτεριών κτλ.

Η «Γωνιά Ανακύκλωσης» είναι ένα σημείο που τοποθετείται συνήθως σε παρτέρια ή πλατείες και όπου μπορεί ο καθένας να ανακυκλώσει. Η διαφορά της σε σχέση με τον μπλε κάδο είναι η εξής: Στον μπλε κάδο όλα τα ανακυκλώσιμα υλικά πέφτουν ταυτόχρονα, ενώ στις Γωνιές Ανακύκλωσης γίνεται διαλογή στην πηγή. Εκεί λοιπόν υπάρχουν τέσσερα ξεχωριστά “ρεύματα”, δηλαδή κάδοι για χαρτί, πλαστικό, αλουμίνιο, γυαλί. Η διαφορά τους με τα Πράσινα Σημεία είναι ότι οι γωνιές ανακύκλωσης είναι πιο “ελαφριά” επιλογή. Μπορεί ο Δήμος να την τοποθετήσει εύκολα σε κάποιους χώρους και δεν χρειάζεται περιβαλλοντική αδειοδότηση. Με μια απλή περιγραφή, η

γωνιά ανακύκλωσης είναι τέσσερις πλαστικοί κάδοι με διαφορετικό χρώμα και μια περίφραξη.



Εικόνα 28 - Εικονογράφηση Έξυπνων Κάδων στην Ελλάδα

Με τη «Γωνιά Ανακύκλωσης» ο στόχος είναι να μειωθούν τα απορρίμματα, ακόμα, κατά 5.000 τόνους. Ο Δήμος Αιγάλεω αποθέτει στη χωματερή περίπου 30.000 τόνους απορρίμματα το χρόνο, επομένως με τη συλλογή βιοαποβλήτων θα μειωθούν τα σκουπίδια που καταλήγουν στη χωματερή κατά 5.000 τόνους. Αυτοί θα εναποθέτονται δωρεάν στο εργοστάσιο βιομηχανικής ανακύκλωσης και θα μετατρέπονται σε κομπόστ, έτσι η τελική επιβάρυνση υγειονομικής ταφής θα είναι με 5.000 τόνους λιγότερη. Για τη συγκεκριμένη ποσότητα η οικονομική εξοικονόμηση φτάνει τα 250.000 ευρώ (50ευρώ ανά τόνο). Άξιο αναφοράς για το δήμο είναι και η λειτουργία επιπλέον «ρευμάτων» συλλογής απορριμμάτων όπως μπαταρίες, λαμπτήρες, τηγανέλαια, εγκαταλελειμμένα αυτοκίνητα, φθαρμένα λάστιχα οχημάτων, υλικά κατεδαφίσεων και εκσκαφών, πράσινα απόβλητα (π.χ. κλαδιά κ.ά.).

Στο παρακάτω στιγμιότυπο excel παρουσιάζεται ένας πίνακας με τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα του Κεφαλαίου 6.

5.3. ΚΑΝΟΝΙΚΟΙ ΚΑΔΟΙ

Ξεκινώντας από τους κανονικούς κάδους, οι συνολικά 1426 κάδοι χωρίζονται σε 9 κατηγορίες-διαδρομές. Με βάση αυτές έχουμε την «**ΜΠΟΡΝΤΟ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 11475.08 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 22:00-24:00, την «**ΜΑΥΡΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 8807.29 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 24:00-02:00, την «**ΚΙΤΡΙΝΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 9076.63 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 23:00-01:00, την «**ΓΑΛΑΖΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 14034.23 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 22:00-24:00, την «**ΜΟΒ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 9312.12 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 23:00-01:00, την «**ΠΡΑΣΙΝΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 10670.41 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 24:00-02:00, την «**ΚΟΚΚΙΝΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 13332.89 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 22:00-24:00, την «**ΜΠΛΕ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 15660.13 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 24:00-02:00 και τέλος την «**ΓΚΡΙ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με συνολική διαδρομή 13157.63 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 23:00-01:00. Το ωράριο λειτουργίας ενός απορριμματοφόρου είναι 2 ώρες (συνολικά 2.5 ώρες μέχρι να φύγει και να επιστρέψει στο κέντρο) ξεκινώντας από τις 22:00 έως τις 2:00.

Η χωρητικότητα των κάδων και των απορριμματοφόρων αναφέρεται στον παρακάτω πίνακα ενώ ο Μέσος Όρος (Μ.Ο.) του Χρόνου Συλλογής που χρειάζεται το κάθε απορριμματοφόρο, για να αδειάσει έναν κάδο με πληρότητα από 75% και πάνω, υπολογίζεται στα 60sec (για λιγότερη ποσότητα απορριμμάτων ο χρόνος μικραίνει). Τέλος ο συνολικός όγκος απορριμμάτων που συλλέγεται κάθε ημέρα υπολογίζεται περίπου στους 100 tn.

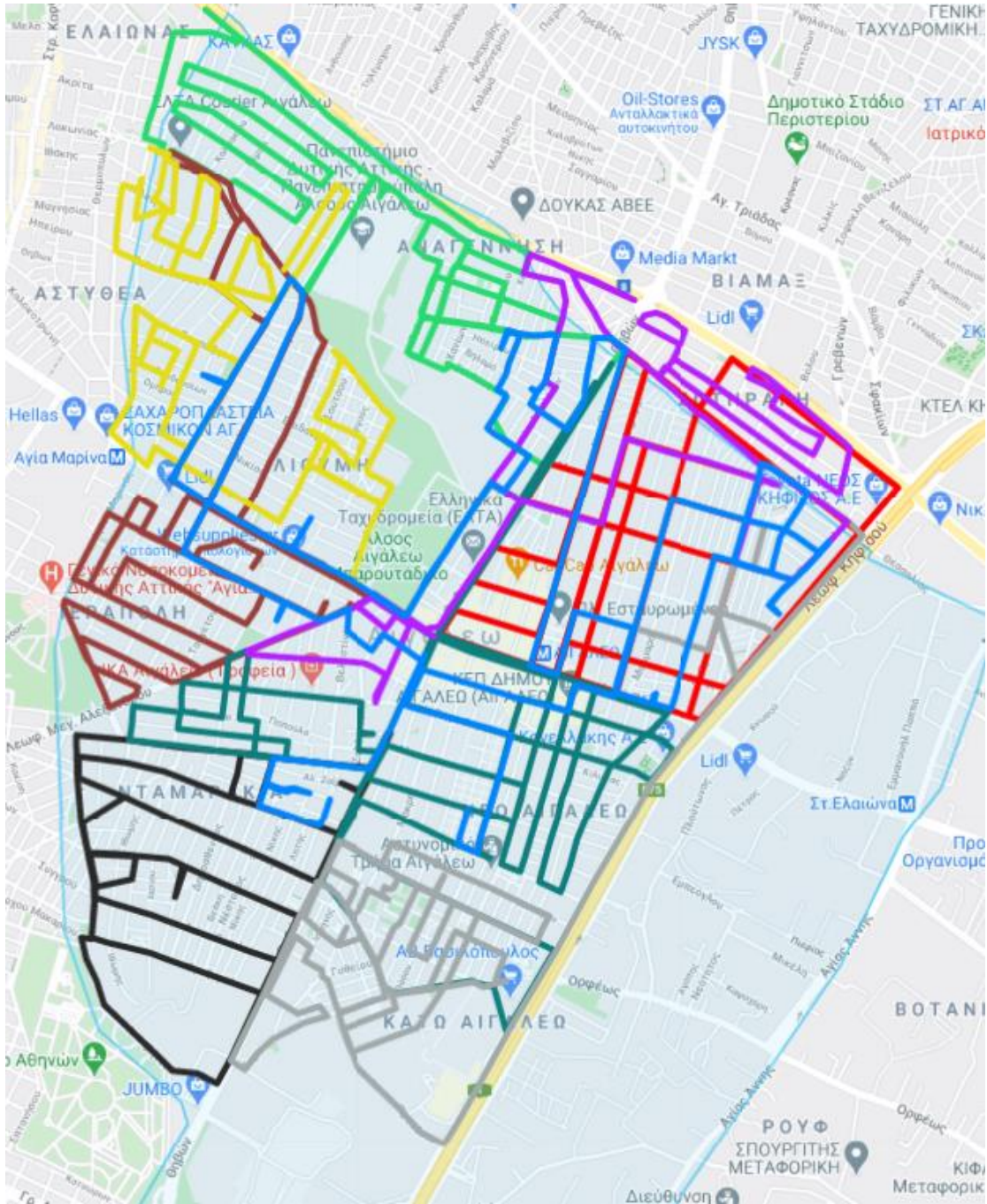
	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3
Χρώμα Διαδρομής			
Αριθμός Κάδων	176	285	136
Μήκος Διαδρομής (m)	11475.08	8807.29	9076.63
Όνομα Οδηγού	Σπάλας	Λυκούρης	Κουρτίδης
Ωράριο Εργασίας	22:00-24:00	24:00-02:00	23:00-01:00
Χωρητικότητα Κάθε Κάδου (lt)	1100	1100	1100
Χωρητικότητα Απορρ/ων (tn)	15	15	15
Μ.Ο. Χρόνου Συλλογής (κάθε κάδου) (sec)	60	60	60
Μ.Ο. Συνολικών Απορριμμάτων ανά Ημέρα (tn)	100		

	Ομάδα 4	Ομάδα 5	Ομάδα 6
Χρώμα Διαδρομής			
Αριθμός Κάδων	91	130	139
Μήκος Διαδρομής (m)	14034.23	9312.12	10670.41
Όνομα Οδηγού	Φερεντίνος	Σουπιώνας	Πολιτάκης
Ωράριο Εργασίας	22:00-24:00	23:00-01:00	24:00-02:00
Χωρητικότητα Κάθε Κάδου (lt)	1100	1100	1100
Χωρητικότητα Απορρ/ων (tn)	15	15	15
Μ.Ο. Χρόνου Συλλογής (κάθε κάδου) (sec)	60	60	60
Μ.Ο. Συνολικών Απορριμμάτων ανά Ημέρα (tn)	100		

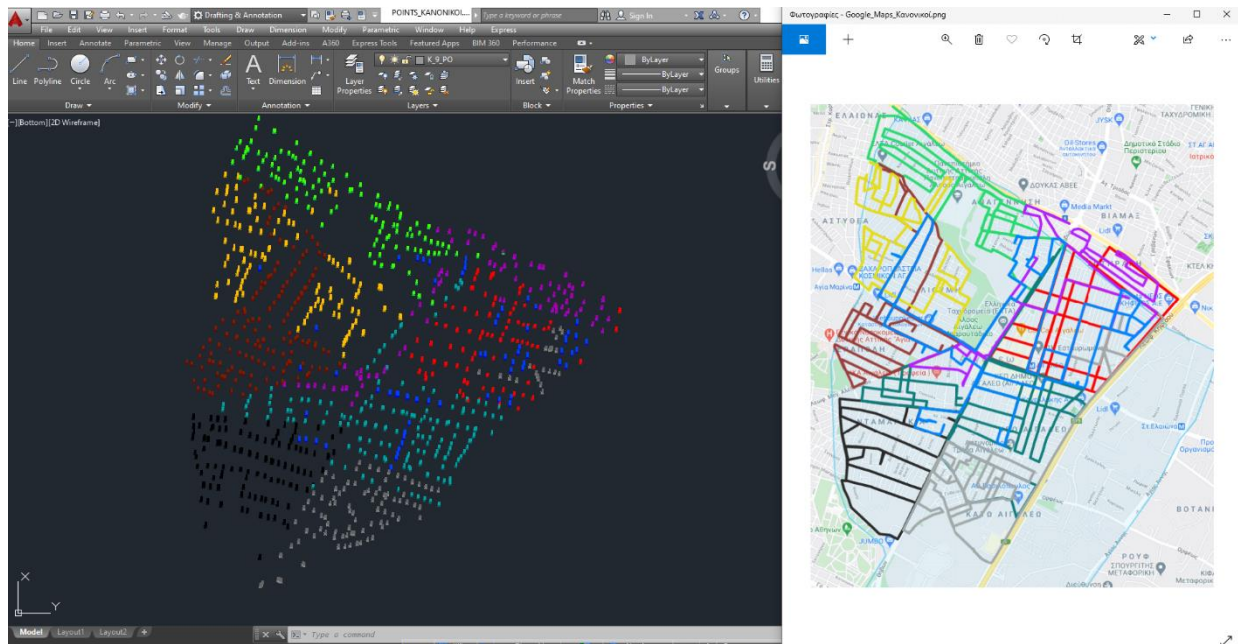
	Ομάδα 7	Ομάδα 8	Ομάδα 9
Χρώμα Διαδρομής			
Αριθμός Κάδων	123	195	151
Μήκος Διαδρομής (m)	13332.89	15660.13	13157.63
Όνομα Οδηγού	Βουρλιώτης	Παπαδημητρίου	Νάκος
Ωράριο Εργασίας	22:00-24:00	24:00-02:00	23:00-01:00
Χωρητικότητα Κάθε Κάδου (lt)	1100	1100	1100
Χωρητικότητα Απορ/ρω ν (tn)	15	15	15
Μ.Ο. Χρόνου Συλλογής (κάθε κάδου) (sec)	60	60	60
Μ.Ο. Συνολικών Απορριμμάτων ανά Ημέρα (tn)	100		

Χρώμα Διαδρομής	ΣΥΝΟΛΟ
Αριθμός Κάδων	1426
Μήκος Διαδρομής (m)	
Όνομα Οδηγού	
Ωράριο Εργασίας	4 (ώρες)

Πίνακας 5 - Δεδομένα Διαδρομών Κανονικών Κάδων



Εικόνα 29 - Διαδρομές Απορριμματοφόρων Κανονικών Κάδων - Google Maps



Εικόνα 30 - Γεωγραφικές Συντεταγμένες: σύγκριση AutoCAD – Google Maps

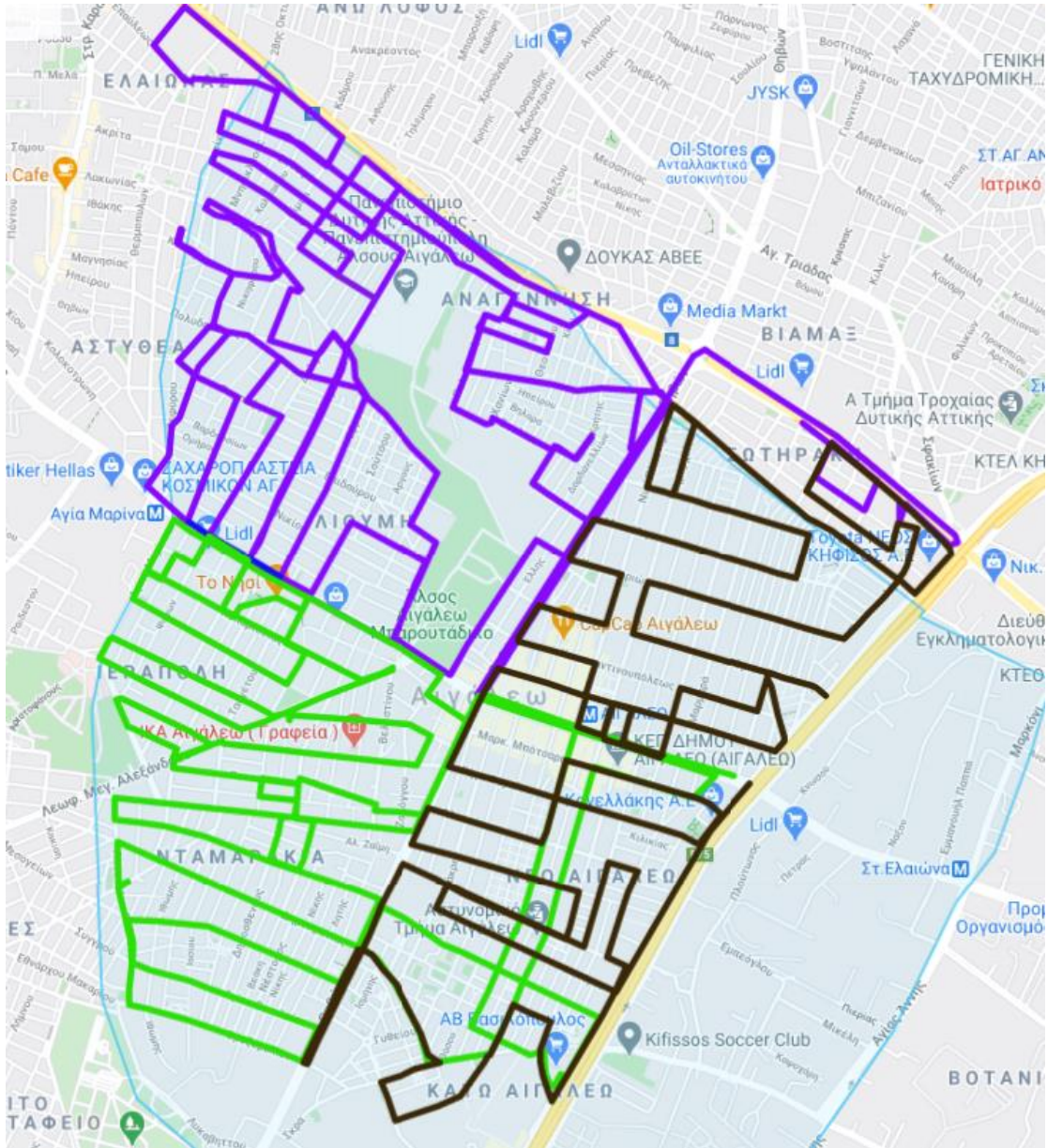
5.4. ΚΑΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Οι συνολικά 653 κάδοι ανακύκλωσης χωρίζονται σε 3 κατηγορίες-διαδρομές. Με βάση αυτές έχουμε την «**ΜΟΒ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» που πιάνει την περιοχή του Πάνω Αιγάλεω-Λιούμη-Αναγέννηση με συνολική διαδρομή 25,00265 km και ωράριο συλλογής απορριμμάτων 24:00 -3:00. Στη συνέχεια, έχουμε την «**ΠΡΑΣΙΝΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με 21,13508 km διαδρομής και όρια τα Νταμαράκια και κάποιες διαδρομές σε Κάτω και Νέο Αιγάλεω. Τέλος, έχουμε την «**ΚΑΦΕ ΔΙΑΔΡΟΜΗ**» με όρια το Κάτω Αιγάλεω, Νέο Αιγάλεω και Σωτηράκη η οποία καλύπτει απόσταση 19,02717 km. Το ωράριο λειτουργίας ενός απορριμματοφόρου είναι 2,5 ώρες (συνολικά 3 ώρες μέχρι να φύγει και να επιστρέψει στο κέντρο) ξεκινώντας από τις 22:00 έως τις 5:00.

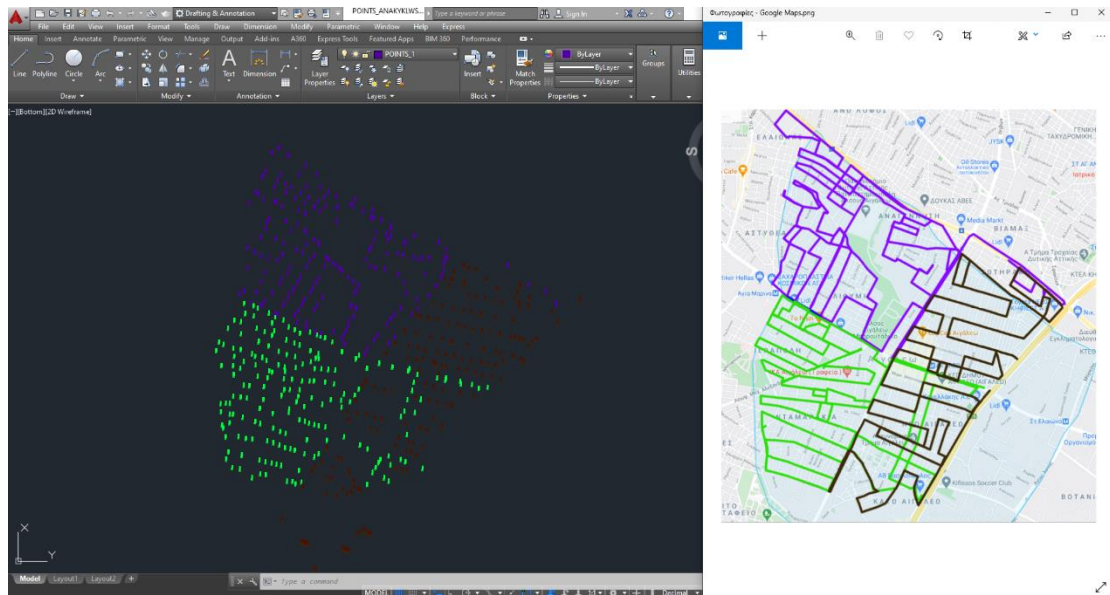
Η χωρητικότητα των κάδων και των απορριμματοφόρων αναφέρεται στον παρακάτω πίνακα ενώ ο Μέσος Όρος (Μ.Ο.) του Χρόνου Συλλογής που χρειάζεται το κάθε απορριμματοφόρο, για να αδειάσει έναν κάδο με πληρότητα από 75% και πάνω, υπολογίζεται στα 50sec. Κλείνοντας, ο Μέσος Όρος (Μ.Ο.) των Συνολικών Συλλεγόμενων Απορριμμάτων Ανακύκλωσης ανά ημέρα υπολογίζεται περίπου στους 8 tn.

	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3	
	Κ_Ανακ_1	Κ_Ανακ_2	Κ_Ανακ_3	
Χρώμα Διαδρομής				ΣΥΝΟΛΟ
Αριθμός Κάδων	227	216	211	654
Μήκος Διαδρομής (m)	25002.65	21135.08	19027.17	65164.9
Όνομα Οδηγού	Γελαδάκης	Τζωρτζάκος	Γιαννούσης	
Ωράριο Εργασίας	24:00 - 3:00	2:00 - 5:00	22:00 - 1:00	7 (ώρες)
Χωρητικότητα Κάθε Κάδου (lt)	770	770	770	
Χωρητικότητα Απορ/ρων (tn)	3.5	3.5	3.5	
Μ.Ο. Χρόνου Συλλογής (κάθε κάδου) (sec)	50	50	50	
Μ.Ο. Συνολικής Καθαρής Ανακύκλωσης ανά Ημέρα (tn)	8			

Πίνακας 6- Δεδομένα Διαδρομών Κάδων Ανακύκλωσης



Εικόνα 31- Διαδρομές Απορριμματοφόρων Ανακύκλωσης - Google Maps



Εικόνα 32 - Γεωγραφικές Συντεταγμένες: σύγκριση AutoCAD – Google Maps

5.5. Αποκομιδή Απορριμμάτων

Το Αιγάλεω θεωρείται μία από τις πιο «καλό-σχηματισμένες» περιοχές της Δυτικής Αττικής όσο αφορά τις διαδρομές και τις τοποθεσίες των κάδων. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των κατοίκων του δήμου, η πλειοψηφία αποδείχτηκε αρκετά ικανοποιημένη από την προθυμία, τις ενέργειες και το ενδιαφέρον της δημόσιας αρχής όσο αφορά τα απορρίμματα και την ανακύκλωση. Οι κάτοικοι (200 συνολικά) κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτηματολόγιο όσον αφορά:

1. την απόσταση των κάδων από το σπίτι των δημοτών
2. την ανταπόκριση της υπηρεσίας του δήμου στα αιτήματα των δημοτών για επισκευή – αλλαγή σπασμένων κάδων
3. τον αριθμό των επιστήλιων καλαθιών σε πλατείες, πάρκα, πεζοδρόμια κ.ά.
4. την ανταπόκριση του δήμου στη συγκομιδή βαρέων απορριμμάτων (εγκαταλειμμένα αυτοκίνητα, μπάζα, οικιακές συσκευές κ.ά.)
5. την απόσταση των κάδων ανακύκλωσης από το σπίτι των δημοτών
6. την επαρκή ενημέρωση για προγράμματα ανακύκλωσης
7. τις ενέργειες του δήμου για την ενημέρωση σχετικά με τα προγράμματα ανακύκλωσης

8. τη συμμετοχή των δημοτών στα προγράμματα ανακύκλωση του δήμου
9. την υπηρεσία καθαριότητας του δήμου

Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

- με ΜΠΛΕ απεικονίζεται το μεγαλύτερο μέρος των πολιτών
- με ΡΟΖ το ενδιάμεσο
- με ΚΙΤΡΙΝΟ το μικρότερο μέρος

1)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΚΟΝΤΑ	110	55%
	ΜΑΚΡΙΑ	62	31%
	ΠΟΛΥ ΜΑΚΡΙΑ	28	14%
2)	ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	98	49%
	ΚΑΛΗ	72	36%
	ΚΑΘΟΛΟΥ ΚΑΛΗ	30	15%
3)	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟΣ	108	54%
	ΜΕΤΡΙΟΣ	52	26%
	ΜΗ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟΣ	20	10%
4)	ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	110	55%
	ΚΑΛΗ	78	39%
	ΚΑΘΟΛΟΥ ΚΑΛΗ	12	6%
5)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΚΟΝΤΑ	120	60%
	ΜΑΚΡΙΑ	60	30%
	ΠΟΛΥ ΜΑΚΡΙΑ	20	10%
6)	ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΝΑΙ	100	50%
	ΌΧΙ ΟΣΟ ΘΑ ΗΘΕΛΑ	52	26%
	ΌΧΙ	48	24%

7)	ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΝΑΙ	98	49%
	ΌΧΙ ΟΣΟ ΘΑ ΗΘΕΛΑ	66	33%
	ΌΧΙ	36	18%

8)	ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΝΑΙ	74	37%
	ΌΧΙ ΟΣΟ ΘΑ ΗΘΕΛΑ	90	45%
	ΌΧΙ	36	18%

9)	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗ	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
	ΠΟΛΥ	90	45%
	ΛΙΓΟ	80	40%
	ΚΑΘΟΛΟΥ	30	15%

Πίνακας 7 - Ερωτηματολόγιο

Όπως προαναφέρθηκε, ο δήμος Αιγάλεω, θεωρείται ένας από τους πιο οργανωμένους στο θέμα των απορριμμάτων και στην ανακύκλωση, δείχνοντας συνέχεια το ενδιαφέρον του τόσο για την υγεία των κατοίκων του όσο και για την υγιεινή του δήμου. Να αναφέρουμε αρχικά, τα «αναμενόμενα» πλέον για πολλούς κατοίκους, τα οποία είναι:

- επάρκεια κανονικών κάδων και κάδων ανακύκλωσης
- αρκετά καλή κατανομή των κάδων
- προγραμματισμένες ημέρες και ώρες αποκομιδής
- συχνά δρομολόγια απορριματοφόρων
- καλή ανταπόκριση του δήμου για την αποκομιδή χόρτων, στρωμάτων κτλ.
- συχνός καθαρισμός πάρκων, παιδικών χαρών κ.ά. από επαγγελματίες καθαριστές
- καθαρός χώρος γύρω από τους κάδους

Αξίζει να σημειωθεί η ύπαρξη συγκεκριμένης αποθήκης στο Αιγάλεω για τα απορριμματοφόρα, όπου βρίσκονται stand by καινούριοι κάδοι για όσο το δυνατόν γρηγορότερη αντικατάσταση σε περίπτωση βλάβης ή καταστροφής των παλαιότερων.

5.6. Προβλήματα που αντιμετωπίζει ο Δήμος

Αν και το Αιγάλεω θεωρείται, στο τομέα των απορριμμάτων, ένας πολύ οργανωμένος δήμος, όπως όλη η Ελλάδα έτσι και αυτός χρήζει

βελτίωση. Ένα μεγάλο θέμα που αφορά κυρίως το περιβάλλον είναι τα συχνά δρομολόγια. Όσο θετικό και αν είναι αυτό στη συλλογή των απορριμμάτων οι άσκοπες μετακινήσεις και επισκέψεις σε σχεδόν άδειους κάδους όχι μόνο κοστίζει στο δήμο και στο δημότη αλλά κοστίζει ακόμα περισσότερο στο περιβάλλον. Οι εκπομπές καυσαερίων είναι τεράστιες άμα συλλογιστούμε πως το εύρος του προβλήματος αγγίζει ολόκληρη την Ελλάδα και για αυτό ένα ολοκληρωμένο σύστημα έξυπνης τεχνολογίας («έξυπνοι κάδοι») αποτελεί το καταλυτικό παράγοντα. Έτσι τα δρομολόγια θα περιοριστούν για τους κάδους που πραγματικά χρειάζονται άδειασμα με ελάχιστη κατανάλωση. Σε ένα ακόμα τομέα που θα βοηθήσει το σύστημα των «έξυπνων κάδων» είναι το πρόβλημα της κίνησης μετά το πέρας των καθιερωμένων λαϊκών. Μπορεί το Αιγάλεω να αποτελεί για πολλούς καθημερινός – προσωρινός - σταθμός λόγω της κίνησής του σε Λεωφόρο Θηβών και Ιερά Οδό αλλά αυτό επικεντρώνεται κυρίως τις πρωινές ώρες και όχι τις βραδινές όπου και πραγματοποιούνται τα δρομολόγια των απορριμματοφόρων. Πραγματικό πρόβλημα αποτελεί το ωράριο μετά το πέρας των λαϊκών αγορών, δηλαδή η διάρκεια καθαρισμού των δρόμων και η αποκομιδή των σκουπιδιών.

6 Κεφάλαιο 6^ο: Εύρεση βέλτιστων διαδρομών συλλογής απορριμμάτων στο Αιγάλεω με TSP & Solver

Εισαγωγή

Στο 6ο κεφάλαιο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας παρατίθενται αναλυτικά η εφαρμογή του Travelling Salesman Problem (TSP) στους κάδους απορριμμάτων της περιοχής του Αιγάλεω. Η εφαρμογή έγινε σε δύο διαδρομές, με τη μία να αποτελείται από κανονικούς κάδους απορριμμάτων και με την άλλη από κάδους ανακύκλωσης. Με σκοπό την εύρεση της πιο αποτελεσματικής διαδρομής συλλογής απορριμμάτων, πραγματοποιήθηκε σταδιακός διαχωρισμός των κάδων λαμβάνοντας τα επιθυμητά αποτελέσματα. Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα της εφαρμογής γίνεται αναφορά στα θετικά που επιφέρονται με την ύπαρξη των έξυπνων σε διάφορους τομείς.

6.1 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η εφαρμογή, όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιήθηκε στο excel με τα δεδομένα να πηγάζουν από τον Επικεφαλής Διεύθυνσης Σχεδιασμού, Ανάπτυξης και Διαφάνειας του Δήμου Αιγάλεω, Δημήτρη Τζεμπελίκο. Με το έργο των Έξυπνων Κάδων στην Ελλάδα να βρίσκεται ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο η εφαρμογή βασίστηκε στην νοοτροπία των αντίστοιχων προγραμμάτων του εξωτερικού. Στο κομμάτι εύρεσης της γρηγορότερης και πιο αποτελεσματικής διαδρομής με σκοπό το άδειασμα συγκεκριμένων κάδων, υποθέσεις όπως σταδιακή μείωση συγκεκριμένων κανονικών κάδων και κάδων ανακύκλωσης έχουν ληφθεί υπόψη.

6.2 Κανονικοί Κάδοι Απορριμμάτων

6.2.1 Συλλογή Πληροφοριών

Η πρώτη εφαρμογή έγινε σε μία εκ των έξη ομάδων κάδων με τον συνολικό αριθμό κάδων να είναι 93. Παρακάτω παρατίθενται αποσπάσματα του excel με την κατανομή των κάδων.

Αναγνωριστικός	Κατηγορία	Διεύθυνση	Lat	Lng	Σχηματισμός (Γεω.Πλάτος, Γεω.Μήκος)
1713	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Δεκανήσου 41 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.98822892	23.67938051	37.98822892,23.67938051
1714	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Δεκανήσου 40 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.98801332	23.6793503	37.98801332,23.6793503
1715	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Δεκανήσου 46 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.9876111	23.67915174	37.9876111,23.67915174
1716	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Δεκανήσου 52 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.98731093	23.67904271	37.98731093,23.67904271
1717	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Δεκανήσου 56 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.98708626	23.67895887	37.98708626,23.67895887
1718	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Δεκανήσου 69 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.98644175	23.67864309	37.98644175,23.67864309
1719	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κατσάτων 54 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.9887309	23.67950728	37.9887309,23.67950728
1720	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κατσάτων 54 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.98872347	23.67954124	37.98872347,23.67954124
1721	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Δεκανήσου 32 Αιγάλεω 122 41 Ελλά	37.98846181	23.67947144	37.98846181,23.67947144
1722	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	ου και δωδεκανήσου 25α Αιγάλεω 122 41	37.98936158	23.67979122	37.98936158,23.67979122
1723	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Θηβών 370 Αιγάλεω 122 41 Ελλάδα	37.99150454	23.67780875	37.99150454,23.67780875
1724	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Μάκρης 9 Αιγάλεω 122 41 Ελλάδα	37.9913386	23.67854501	37.9913386,23.67854501
1725	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Μάκρης 9 Αιγάλεω 122 41 Ελλάδα	37.99133015	23.67857184	37.99133015,23.67857184
1726	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αι Μαρκ. Μπότσαρη Αιγάλεω 122 41	37.99132592	23.67858793	37.99132592,23.67858793
1727	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 11 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99123735	23.67911207	37.99123735,23.67911207
1728	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 11 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99124686	23.67899137	37.99124686,23.67899137
1729	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 11 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99124369	23.67900746	37.99124369,23.67900746
1730	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 22 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99106999	23.67965419	37.99106999,23.67965419
1731	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 22 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99106788	23.6796676	37.99106788,23.6796676
1732	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 22 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99106365	23.67968503	37.99106365,23.67968503
1733	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 22 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99105942	23.67970113	37.99105942,23.67970113
1734	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 32 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99089187	23.6802541	37.99089187,23.6802541
1735	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 32 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99088764	23.68027556	37.99088764,23.68027556
1736	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 32 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99088447	23.6802997	37.99088447,23.6802997
1737	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	άνου Σαράφη 9 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99079106	23.68102578	37.99079106,23.68102578
1738	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 47 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99062241	23.68174911	37.99062241,23.68174911
1739	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 47 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99061808	23.68176783	37.99061808,23.68176783
1740	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	κ. Μπότσαρη 47 Αιγάλεω 122 41 Ελ	37.99061808	23.68178661	37.99061808,23.68178661
1741	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	μβιτανίδου 18 Αθήνα 176 76 Ελλά	37.99060963	23.68180002	37.99060963,23.68180002
1742	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αρμαρά 122 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99745033	23.687371	37.99745033,23.687371
1743	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	λοκοτρώνη 49 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99693778	23.68787635	37.99693778,23.68787635
1744	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αγνησίας 82 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99678143	23.68571615	37.99678143,23.68571615
1745	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αγνησίας 79 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99630545	23.68547206	37.99630545,23.68547206
1746	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αγνησίας 73 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99587329	23.68531388	37.99587329,23.68531388
1747	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αγνησίας 36 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99384241	23.68463797	37.99384241,23.68463797
1748	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αγνησίας 36 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99382972	23.68463663	37.99382972,23.68463663
1749	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αγνησίας 36 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99381176	23.68462992	37.99381176,23.68462992
1750	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αρμαρά 48 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99365475	23.68591101	37.99365475,23.68591101
1751	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αρμαρά 48 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99364807	23.68590677	37.99364807,23.68590677
1752	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αδέλφειας 25 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99279164	23.68628331	37.99279164,23.68628331
1753	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	ανουπόλεως 74 Αιγάλεω 122 42 Ελ	37.99331692	23.68641608	37.99331692,23.68641608
1754	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αδέλφειας 43 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99394528	23.68674966	37.99394528,23.68674966
1755	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αδέλφειας 56 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99427623	23.68682815	37.99427623,23.68682815
1756	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	αδέλφειας 76 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99553936	23.68734553	37.99553936,23.68734553
1757	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	υρομχάλη 50 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99592005	23.69049816	37.99592005,23.69049816
1758	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	υρομχάλη 50 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99593379	23.69051426	37.99593379,23.69051426
1759	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	υρομχάλη 40 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99523466	23.68992662	37.99523466,23.68992662
1760	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	υρομχάλη 43 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99487797	23.68977508	37.99487797,23.68977508
1761	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	υρομχάλη 41 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.99470862	23.68977936	37.99470862,23.68977936
1762	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	λαούλη 110 Αιγάλεω 122 42 Ελλά	37.9950131	23.69041907	37.9950131,23.69041907

1762	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παούλη 110 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.9950131	23.69041907	37.9950131,23.69041907
1763	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παούλη 110 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99500675	23.6904365	37.99500675,23.6904365
1764	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παπανικολή 2014 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99462414	23.69110759	37.99462414,23.69110759
1765	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παπανικολή 3 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99409907	23.69048742	37.99409907,23.69048742
1766	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυρομηχάλη 22 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99330651	23.68939767	37.99330651,23.68939767
1767	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυρομηχάλη 22 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99330017	23.68941644	37.99330017,23.68941644
1768	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυλάθωνος 7 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99305708	23.68979732	37.99305708,23.68979732
1769	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παπανικολή 14 Α 122 42 Ελλάδα	37.99389395	23.69019311	37.99389395,23.69019311
1770	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυτουριώτου 86 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99405143	23.68951317	37.99405143,23.68951317
1771	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυτουριώτου 86 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99404826	23.68953061	37.99404826,23.68953061
1772	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυρομηχάλη 55 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99376779	23.6873344	37.99376779,23.6873344
1773	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυρομηχάλη 46 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99323242	23.68712317	37.99323242,23.68712317
1774	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυρομηχάλη 42 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99292872	23.68702603	37.99292872,23.68702603
1775	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυρομηχάλη 7 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99106102	23.6863014	37.99106102,23.6863014
1776	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πυρομηχάλη 2 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99061182	23.68620886	37.99061182,23.68620886
1777	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ευβοίας 8 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.9908824	23.68554233	37.9908824,23.68554233
1778	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	42 Μαρμαρά 3 Νίκια 184 54 Ελλάδα	37.99109521	23.68480544	37.99109521,23.68480544
1779	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πετμεζά 2 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.0004646	23.68342261	38.0004646,23.68342261
1780	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Πετμεζά 2 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.0003694	23.68342395	38.0003694,23.68342395
1781	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ξαρχησίου 11B Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99969814	23.68337648	37.99969814,23.68337648
1782	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ξαρχησίου 11B Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99972562	23.68338184	37.99972562,23.68338184
1783	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ξαρχησίου 9 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99942039	23.68334361	37.99942039,23.68334361
1784	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ξαρχησίου 5 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99907711	23.68319801	37.99907711,23.68319801
1785	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Σουλίου 17 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99858976	23.68144951	37.99858976,23.68144951
1786	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Βηλαρά 52 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00011729	23.67914928	38.00011729,23.67914928
1787	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Χίου 14b Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00010543	23.68032982	38.00010543,23.68032982
1788	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Χίου 14b Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00010648	23.680362	38.00010648,23.680362
1789	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Μακρυγιάννη 18 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99997755	23.68071203	37.99997755,23.68071203
1790	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ηλείου 31 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99985602	23.68109827	37.99985602,23.68109827
1791	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παγγελίστριας 2 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99556115	23.67387585	37.99556115,23.67387585
1792	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παγγελίστριας 2 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99555375	23.67389731	37.99555375,23.67389731
1793	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παπακογιάννη 8 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	37.99944538	23.67027541	37.99944538,23.67027541
1794	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Αβέρωφ 20 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.99295347	23.67286437	37.99295347,23.67286437
1795	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ελεστίνου 5 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.99259486	23.6751587	37.99259486,23.6751587
1796	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ελεστίνου 10 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.99257841	23.67515604	37.99257841,23.67515604
1797	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παπούλα 27 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.98998153	23.67324439	37.98998153,23.67324439
1798	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Παπούλα 27 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.98997835	23.67326049	37.98997835,23.67326049
1799	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Νέστορος 4 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.98830522	23.67279099	37.98830522,23.67279099
1800	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ελβετίας 26 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.98831164	23.67321516	37.98831164,23.67321516
1801	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ελβετίας 14 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.98817581	23.67387718	37.98817581,23.67387718
1802	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Αθήνας 12 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.98786682	23.67451268	37.98786682,23.67451268
1803	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Αθήνας 12 Αιγάλεω 122 44 Ελλάδα	37.98785625	23.67450999	37.98785625,23.67450999
1804	Κάδοι Απορριμμάτων - Ρεύμα 4	Ανουπόλεως 56 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99383636	23.6843622	37.99383636,23.6843622

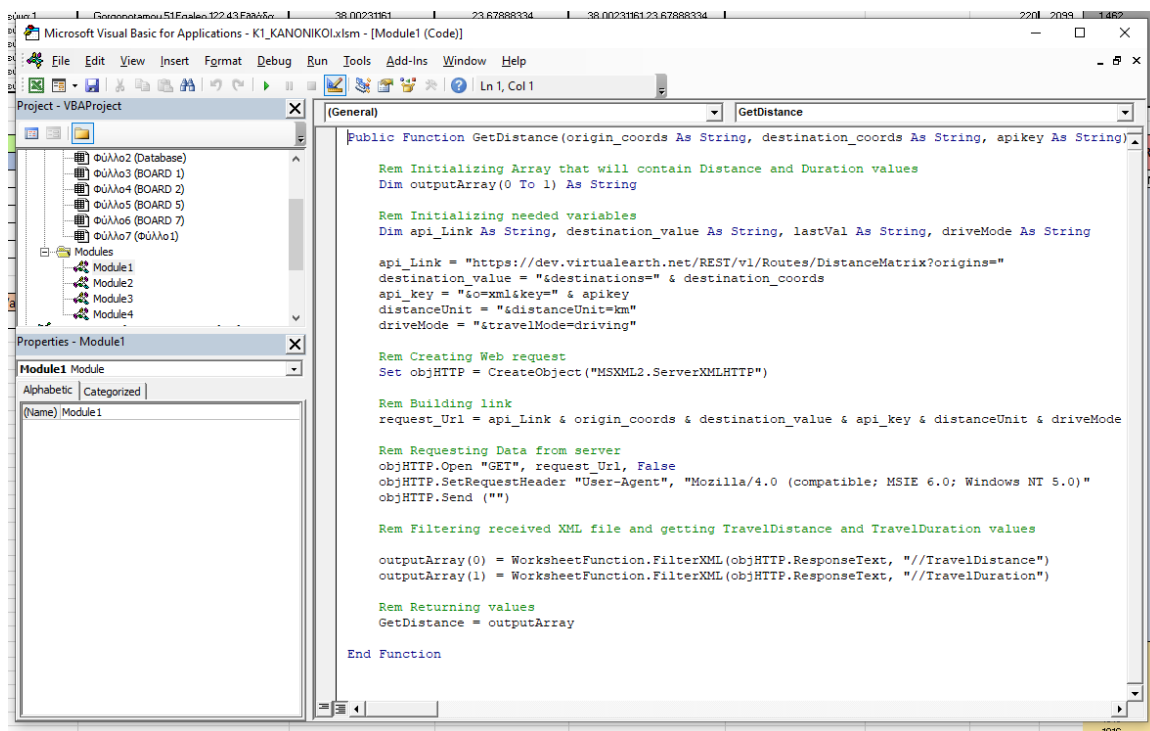
Πίνακας 8 - Πληροφορίες και Στοιχεία Κανονικών Κάδων

6.2.2 Εύρεση Απόστασης με Travelling Salesman Problem (TSP)

Στη συνέχεια, με σκοπό την εύρεση της πραγματικής απόστασης μεταξύ κάθε κάδου έγινε χρήση API Keys μέσω της εφαρμογής Bings Maps.

Source bin	1789
Destination bin	1804
Source Coords	37.99997755,23.68071203
Destination Coords	37.99383636,23.6843622
Key Bing Maps	Aky6M0zgGrUQGwuUW4juzaozgE
Key2 Bing Maps	
Distance from a/a bin to	=getdistance(C99,C100,C101)

Εικόνα 33 - Εύρεση Απόστασης - Api Key



```
Public Function GetDistance(origin_coords As String, destination_coords As String, apikey As String) As String
    Rem Initializing Array that will contain Distance and Duration values
    Dim outputArray(0 To 1) As String

    Rem Initializing needed variables
    Dim api_Link As String, destination_value As String, lastVal As String, driveMode As String

    api_Link = "https://dev.virtualearth.net/REST/v1/Routes/DistanceMatrix?origins="
    destination_value = "&destinations=" & destination_coords
    api_key = "&xmlkey=" & apikey
    distanceUnit = "&distanceUnit=km"
    driveMode = "&travelMode=driving"

    Rem Creating Web request
    Set objHTTP = CreateObject("MSXML2.ServerXMLHTTP")

    Rem Building link
    request_Url = api_Link & origin_coords & destination_value & api_key & distanceUnit & driveMode

    Rem Requesting Data from server
    objHTTP.Open "GET", request_Url, False
    objHTTP.setRequestHeader "User-Agent", "Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 6.0; Windows NT 5.0)"
    objHTTP.Send ""

    Rem Filtering received XML file and getting TravelDistance and TravelDuration values
    outputArray(0) = WorksheetFunction.FilterXML(objHTTP.ResponseText, "//TravelDistance")
    outputArray(1) = WorksheetFunction.FilterXML(objHTTP.ResponseText, "//TravelDuration")

    Rem Returning values
    GetDistance = outputArray

End Function
```

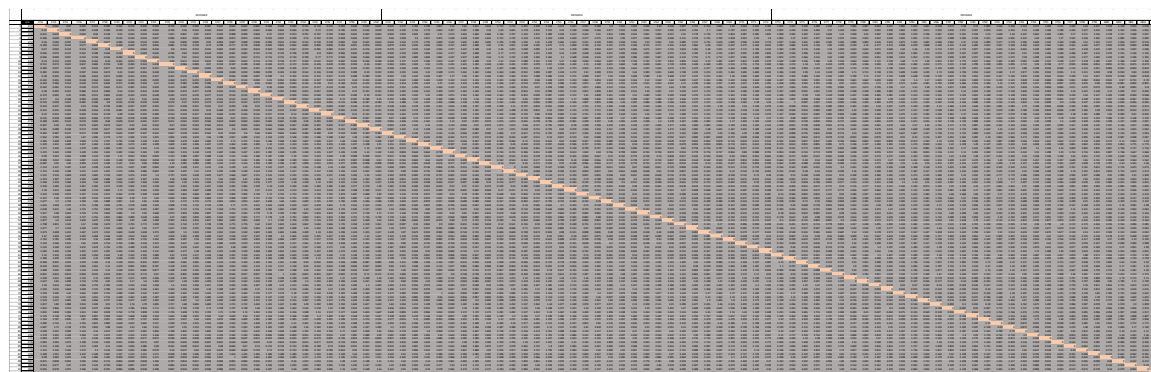
Εικόνα 34 - Microsoft Visual Basic for Applications

6.2.3 Συμμετρικός Πίνακας Αποστάσεων

Ως αποτέλεσμα προέκυψε ο παρακάτω πίνακας όπου οι συντεταγμένες της θέσης κάθε κάδου συγκρίθηκαν με τις συντεταγμένες των υπολοίπων υπολογίζοντας έτσι την απόσταση που απέχει ξεχωριστά ο κάθε κάδος με τους υπόλοιπους.

	a/a	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719	1720
1	1713	0	0.022	0.07	0.105	0.131	0.209	0.262	0.276
2	1714	0.31	0	0.047	0.082	0.108	0.186	0.239	0.253
3	1715	0.621	0.644	0	0.034	0.06	0.138	0.55	0.564
4	1716	0.586	0.609	0.323	0	0.025	0.103	0.515	0.529
5	1717	0.56	0.583	0.297	0.332	0	0.077	0.489	0.503
6	1718	0.499	0.522	0.542	0.577	0.603	0	0.428	0.442
7	1719	0.07	0.093	0.141	0.176	0.202	0.28	0	0.013
8	1720	0.056	0.079	0.127	0.162	0.188	0.266	0.319	0
9	1721	0.026	0.049	0.097	0.132	0.158	0.236	0.289	0.303
10	1722	0.13	0.153	0.201	0.236	0.262	0.34	0.393	0.073
11	1723	0.551	0.574	0.622	0.657	0.683	0.744	0.48	0.494
12	1724	0.484	0.507	0.555	0.59	0.616	0.677	0.413	0.427
13	1725	0.481	0.504	0.552	0.587	0.613	0.674	0.41	0.424

Πίνακας 9 – Συμμετρικός Πίνακας – Αρχικών Κάδων Ανακύκλωσης



Πίνακας 10 - Συγκριτικός Πίνακας

6.2.4 1^ο βήμα Εφαρμογής Επίλυσης/Solver

Στη συνέχεια, με σκοπό την εύρεση της «εξυπνότερης» διαδρομής, οι κάδοι διαχωρίστηκαν σε 3 διαφορετικά Boards (των 30 κάδων το κάθε ένα) και τους εφαρμόστηκε το πρόγραμμα Solver όπου και προέκυψε μία βέλτιστη διαδρομή.

BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN					
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops	
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1727	15	0.404	1	
	1714	2	0.047	2		1723	11	0.066	2	
	1715	3	0.034	3		1724	12	0.002	3	
	1716	4	0.025	4		1725	13	0.038	4	
	1717	5	0.077	5		1728	16	0.001	5	
	1718	6	0.428	6		1729	17	0.059	6	
	1719	7	0.013	7		1730	18	0.002	7	
	1720	8	0.029	8		1732	20	0.052	8	
	1721	9	0.616	9		1734	22	0.001	9	
	1722	10	0.86	10		1735	23	0.132	10	
	1723	11	0.066	11		1738	26	0.001	11	
	1724	12	0.002	12		1739	27	0.001	12	
	1725	13	0.001	13		1740	28	0.334	13	
	1726	14	0.047	14		1722	10	0.073	14	
	1727	15	0.512	15		1720	8	0.029	15	
	1728	16	0.001	16		1721	9	0.026	16	
	1729	17	0.059	17		#Δ/Υ	1	0.022	17	
	1730	18	0.001	18		1714	2	0.047	18	
	1731	19	0.001	19		1715	3	0.034	19	
	1732	20	0.001	20		1716	4	0.025	20	
	1733	21	0.051	21		1717	5	0.077	21	
	1734	22	0.001	22		1718	6	0.428	22	
	1735	23	0.002	23		1719	7	0.555	23	
	1736	24	0.063	24		1726	14	0.098	24	
	1737	25	0.066	25		1731	19	0.003	25	
	1738	26	0.001	26		1733	21	0.055	26	
	1739	27	0.001	27		1736	24	0.063	27	
	1740	28	0.001	28		1737	25	0.07	28	
	1741	29	1.302	29		1741	29	1.139	29	
	1742	30	0.362	30		1743	31	0.394	30	
	1743	31	0.249	31	Sum Dist 1	1742	30	0.249	31	Sum Dist 1
				4.941						4.48

Board 2	1744	32	0.057	32			Board 2	1723	11	0.069	32		
	1745	33	0.049	33				1725	13	0.039	33		
	1746	34	0.232	34				1729	17	0.06	34		
	1747	35	0.001	35				1731	19	0.248	35		
	1748	36	0.002	36				1722	10	0.103	36		
	1749	37	0.53	37				1721	9	0.026	37		
	1750	38	0	38				#Δ/Υ	1	0.022	38		
	1751	39	0.243	39				1714	2	0.047	39		
	1752	40	0.481	40				1715	3	0.138	40		
	1753	41	0.077	41				1718	6	0.428	41		
	1754	42	0.036	42				1719	7	0.013	42		
	1755	43	0.147	43				1720	8	0.162	43		
	1756	44	0.559	44				1716	4	0.025	44		
	1757	45	0.23	45				1717	5	0.738	45		
	1758	46	0.093	46				1736	24	0.134	46		
	1759	47	0.041	47				1741	29	0.558	47		
	1760	48	0.016	48				1724	12	0.003	48		
	1761	49	0.313	49				1726	14	0.036	49		
	1762	50	0.001	50				1728	16	0.01	50		
	1763	51	0.077	51				1727	15	0.049	51		
	1764	52	0.078	52				1730	18	0.002	52		
	1765	53	0.137	53				1732	20	0.001	53		
	1766	54	0.001	54				1733	21	0.051	54		
	1767	55	0.047	55				1734	22	0.001	55		
	1768	56	0.168	56				1735	23	0.065	56		
	1769	57	0.079	57				1737	25	0.066	57		
	1770	58	0.444	58				1738	26	0.001	58		
	1771	59	0.263	59				1739	27	0.001	59		
	1772	60	0.062	60				1740	28	1.14	60		
	1773	61	0.033	61				1743	31	0.394	61		
	1774	62	0.217	62				1742	30	0.226	62		
	1775	63	0.049	63	Sum Dist 2	4.763		1744	32	0.881	63	Sum Dist 2	5.737

Board 3	1776	64	0.103	64			Board 3	1735	23	0.065	64		
	1777	65	0.193	65				1737	25	0.066	65		
	1778	66	1.783	66				1738	26	0.001	66		
	1779	67	0	67				1739	27	0.001	67		
	1780	68	0.036	68				1740	28	0.001	68		
	1781	69	0.579	69				1741	29	0.333	69		
	1782	70	0.033	70				1722	10	0.614	70		
	1783	71	0.039	71				1725	13	0.098	71		
	1784	72	0.258	72				1730	18	0.055	72		
	1785	73	0.32	73				1734	22	0.418	73		
	1786	74	0.283	74				1724	12	0.003	74		
	1787	75	0.007	75				1726	14	0.036	75		
	1788	76	0.042	76				1728	16	0.063	76		
	1789	77	0.238	77				1732	20	0.001	77		
	1790	78	1.693	78				1733	21	0.055	78		
	1791	79	0.002	79				1736	24	0.523	79		
	1792	80	0.873	80				1723	11	0.108	80		
	1793	81	1.33	81				1729	17	0.009	81		
	1794	82	0.313	82				1727	15	0.05	82		
	1795	83	0.001	83				1731	19	0.379	83		
	1796	84	0.532	84				#Δ/Υ	1	0.022	84		
	1797	85	0.001	85				1714	2	0.047	85		
	1798	86	0.812	86				1715	3	0.034	86		
	1799	87	0.722	87				1716	4	0.025	87		
	1800	88	0.396	88				1717	5	0.077	88		
	1801	89	0.212	89				1718	6	0.428	89		
	1802	90	0.29	90				1719	7	0.013	90		
	1803	91	1.664	91				1720	8	0.029	91		
	1804	92	1.022	92	Sum Dist 3	13.777		1721	9	0	92	Sum Dist 3	3.554

Πίνακας 11 - Διαχωρισμός Κάδων (Boards) - Εφαρμογή Solver

6.2.5 Αποτελέσματα βέλτιστης διαδρομής για 100% πληρότητα κάδων

Παρακάτω φαίνεται βελτίωση της διαδρομής πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος Solver.

TOTAL SUM	23.481	Km			TOTAL SUM	13.771	Km
-----------	--------	----	--	--	-----------	--------	----

Εικόνα 35 - Εύρεση Βέλτιστης Διαδρομής - Εφαρμογή Solver

6.2.6 2^ο βήμα εφαρμογής Επίλυσης/Solver με ποσοστιαία μείωση του αριθμού των κάδων

Έχοντας ως πρότυπο την λειτουργία των αντίστοιχων έξυπνων κάδων του εξωτερικού έγινε ποσοστιαία μείωση των κάδων σε κάθε Board. Η διαδρομή έχει υπολογιστεί για 100% πληρότητα των κάδων, στη συνέχεια γίνεται σταδιακή μείωση για 90% πληρότητα κάδων, για 80% πληρότητα κ.ο.κ. μέχρι το 10% το οποίο αποτελεί και το τελευταίο στάδιο υπολογισμού αφού στο 0% δεν υπάρχει κανένας κάδος γεμάτος όπου και δεν είναι αναγκαίος ο υπολογισμός καμίας διαδρομής.

90% OF SMART BINS (28 BINS TOTAL ARE FULL)					90% OF SMART BINS (28 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops	
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1723	11	0.108	1
	1714	2	0.047	2		1729	17	0.059	2
	1715	3	0.034	3		1730	18	0.001	3
	1716	4	0.025	4		1731	19	0.001	4
	1717	5	0.077	5		1732	20	0.001	5
	1718	6	0.428	6		1733	21	0.055	6
	1719	7	0.013	7		1736	24	0.189	7
	1720	8	0.029	8		1722	10	0.073	8
	1721	9	0.616	9		1720	8	0.029	9
	1722	10	0.86	10		1721	9	0.049	10
	1723	11	0.066	11		1714	2	0.563	11
	1724	12	0.002	12		1725	13	0.154	12
	1725	13	0.001	13		1734	22	0.001	13
	1726	14	0.047	14		1735	23	0.065	14
	1727	15	0.512	15		1737	25	0.066	15
	1728	16	0.001	16		1738	26	0.001	16
	1729	17	0.059	17		1739	27	0.001	17
	1730	18	0.001	18		1740	28	0.559	18
	1731	19	0.001	19		1724	12	0.003	19
	1732	20	0.001	20		1726	14	0.036	20
	1733	21	0.051	21		1728	16	0.01	21
	1734	22	0.001	22		#Δ/Y	15	0.361	22
	1735	23	0.002	23		1719	7	0.141	23
	1736	24	0.063	24		1715	3	0.034	24
	1737	25	0.066	25		1716	4	0.025	25
	1738	26	0.001	26		1717	5	0.077	26
	1739	27	0.001	27		1718	6	0.499	27
	1740	28	0.465	28		1713	1	0	28
			Sum Dist 1	3.492				Sum Dist 1	3.161

80% OF SMART BINS (25 BINS TOTAL ARE FULL)					80% OF SMART BINS (25 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops	
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1713	1	0.022	1
	1714	2	0.047	2		1714	2	0.047	2
	1715	3	0.034	3		1715	3	0.034	3
	1716	4	0.025	4		1716	4	0.025	4
	1717	5	0.077	5		1717	5	0.077	5
	1718	6	0.428	6		1718	6	0.428	6
	1719	7	0.013	7		1719	7	0.013	7
	1720	8	0.029	8		1720	8	0.029	8
	1721	9	0.616	9		1721	9	0.616	9
	1722	10	0.86	10		1722	10	0.611	10
	1723	11	0.066	11		1724	12	0.002	11
	1724	12	0.002	12		1725	13	0.001	12
	1725	13	0.001	13		1726	14	0.036	13
	1726	14	0.047	14		1728	16	0.01	14
	1727	15	0.512	15		1727	15	0.404	15
	1728	16	0.001	16		1723	11	0.108	16
	1729	17	0.059	17		1729	17	0.059	17
	1730	18	0.001	18		1730	18	0.001	18
	1731	19	0.001	19		1731	19	0.001	19
	1732	20	0.001	20		1732	20	0.001	20
	1733	21	0.051	21		1733	21	0.051	21
	1734	22	0.001	22		1734	22	0.001	22
	1735	23	0.002	23		1735	23	0.002	23
	1736	24	0.063	24		1736	24	0.063	24
	1737	25	0.535	25		1737	25	0.535	25
			Sum Dist 1	3.494				Sum Dist 1	3.177

70% OF SMART BINS (22 BINS TOTAL ARE FULL)					70% OF SMART BINS (22 BINS TOTAL ARE FULL)					
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS BEFORE TRAVELLING SALESMAN					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS AFTER TRAVELLING SALESMAN					
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops		
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1728	16	0.064	1	
	1714	2	0.047	2		1733	21	0.051	2	
	1715	3	0.034	3		1734	22	0.395	3	
	1716	4	0.025	4		1715	3	0.034	4	
	1717	5	0.077	5		1716	4	0.025	5	
	1718	6	0.428	6		1717	5	0.077	6	
	1719	7	0.013	7		1718	6	0.428	7	
	1720	8	0.029	8		1719	7	0.013	8	
	1721	9	0.616	9		1720	8	0.029	9	
	1722	10	0.86	10		1721	9	0.026	10	
	1723	11	0.066	11		1713	1	0.022	11	
	1724	12	0.002	12		1714	2	0.706	12	
	1725	13	0.001	13		1723	11	0.066	13	
	1726	14	0.047	14		1724	12	0.002	14	
	1727	15	0.512	15		1725	13	0.001	15	
	1728	16	0.001	16		1726	14	0.038	16	
	1729	17	0.059	17		1729	17	0.009	17	
	1730	18	0.001	18		1727	15	0.049	18	
	1731	19	0.001	19		1730	18	0.001	19	
	1732	20	0.001	20		1731	19	0.001	20	
	1733	21	0.051	21		1732	20	0.246	21	
	1734	22	0.324	22	Sum Dist 1	1722	10	0.13	22	Sum Dist 1
										2.413

60% OF SMART BINS (19 BINS TOTAL ARE FULL)					60% OF SMART BINS (19 BINS TOTAL ARE FULL)					
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS BEFORE TRAVELLING SALESMAN					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS AFTER TRAVELLING SALESMAN					
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops		
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1731	19	0.248	1	
	1714	2	0.047	2		1722	10	0.103	2	
	1715	3	0.034	3		1721	9	0.026	3	
	1716	4	0.025	4		1713	1	0.07	4	
	1717	5	0.077	5		1715	3	0.034	5	
	1718	6	0.428	6		1716	4	0.025	6	
	1719	7	0.013	7		1717	5	0.077	7	
	1720	8	0.029	8		1718	6	0.428	8	
	1721	9	0.616	9		1719	7	0.013	9	
	1722	10	0.86	10		1720	8	0.079	10	
	1723	11	0.066	11		1714	2	0.56	11	
	1724	12	0.002	12		1724	12	0.002	12	
	1725	13	0.001	13		1725	13	0.039	13	
	1726	14	0.047	14		1729	17	0.414	14	
	1727	15	0.512	15		1723	11	0.07	15	
	1728	16	0.001	16		1726	14	0.036	16	
	1729	17	0.059	17		1728	16	0.01	17	
	1730	18	0.001	18		1727	15	0.049	18	
	1731	19	0.379	19	Sum Dist 1	1730	18	0.38	19	Sum Dist 1
										2.663

50% OF SMART BINS (16 BINS TOTAL ARE FULL)					50% OF SMART BINS (16 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS BEFORE TRAVELLING SALESMAN					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS AFTER TRAVELLING SALESMAN				
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops	
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1719	7	0.07	1
	1714	2	0.047	2		1713	1	0.022	2
	1715	3	0.034	3		1714	2	0.047	3
	1716	4	0.025	4		1715	3	0.034	4
	1717	5	0.077	5		1716	4	0.025	5
	1718	6	0.428	6		1717	5	0.077	6
	1719	7	0.013	7		1718	6	0.882	7
	1720	8	0.029	8		1723	11	0.066	8
	1721	9	0.616	9		1724	12	0.002	9
	1722	10	0.86	10		1725	13	0.001	10
	1723	11	0.066	11		1726	14	0.036	11
	1724	12	0.002	12		1728	16	0.01	12
	1725	13	0.001	13		#Δ/Y	15	0.299	13
	1726	14	0.047	14		1722	10	0.073	14
	1727	15	0.512	15		1720	8	0.029	15
	1728	16	0.443	16		1721	9	0.026	16
				Sum Dist 1					Sum Dist 1
				3.222					1.699

40% OF SMART BINS (13 BINS TOTAL ARE FULL)					40% OF SMART BINS (13 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS BEFORE TRAVELLING SALESMAN					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS AFTER TRAVELLING SALESMAN				
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops	
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1723	11	0.066	1
	1714	2	0.047	2		1724	12	0.002	2
	1715	3	0.034	3		1725	13	0.348	3
	1716	4	0.025	4		1722	10	0.13	4
	1717	5	0.077	5		1713	1	0.022	5
	1718	6	0.428	6		1714	2	0.047	6
	1719	7	0.013	7		1715	3	0.034	7
	1720	8	0.029	8		1716	4	0.025	8
	1721	9	0.616	9		1717	5	0.077	9
	1722	10	0.86	10		1718	6	0.428	10
	1723	11	0.066	11		1719	7	0.013	11
	1724	12	0.002	12		1720	8	0.029	12
	1725	13	0.481	13		1721	9	0.026	13
				Sum Dist 1					Sum Dist 1
				2.7					1.247

30% OF SMART BINS (10 BINS TOTAL ARE FULL)					30% OF SMART BINS (10 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS BEFORE TRAVELLING SALESMAN					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS AFTER TRAVELLING SALESMAN				
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops	
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1722	10	0.13	1
	1714	2	0.047	2		1713	1	0.022	2
	1715	3	0.034	3		1714	2	0.047	3
	1716	4	0.025	4		1715	3	0.034	4
	1717	5	0.077	5		1716	4	0.025	5
	1718	6	0.428	6		1717	5	0.077	6
	1719	7	0.013	7		1718	6	0.428	7
	1720	8	0.029	8		1719	7	0.013	8
	1721	9	0.616	9		1720	8	0.029	9
	1722	10	0.13	10		1721	9	0.026	10
				Sum Dist 1					Sum Dist 1
				1.421					0.831

20% OF SMART BINS (7 BINS TOTAL ARE FULL)					20% OF SMART BINS (7 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS BEFORE TRAVELLING SALESMAN					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS AFTER TRAVELLING SALESMAN				
Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops	
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1714	2	0.047	1
	1714	2	0.047	2		1715	3	0.034	2
	1715	3	0.034	3		1716	4	0.025	3
	1716	4	0.025	4		1717	5	0.077	4
	1717	5	0.077	5		1718	6	0.428	5
	1718	6	0.428	6		1719	7	0.07	6
	1719	7	0.07	7		1713	1	0	7
				Sum Dist 1					Sum Dist 1
				0.703					0.681

10% OF SMART BINS 4 BINS TOTAL ARE FULL)					10% OF SMART BINS 4 BINS TOTAL ARE FULL)						
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS						
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN						
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops		
Board 1	1713	1	0.022	1	Board 1	1714	2	0.047	1		
	1714	2	0.047	2		1715	3	0.034	2		
	1715	3	0.034	3		1716	4	0.586	3		
	1716	4	0.586	4		1713	1	0	4		
	Sum Dist 1				0.689		Sum Dist 1				0.667

Εικόνα 36 - Ποσοστιαίος Διαχωρισμός - Εφαρμογή Επίλυση/Solver

BEFORE TS		AFTER TS	
Total Sum Distance	SUM DIST 18.665 km	Total Sum Distance	SUM DIST 13.362 km

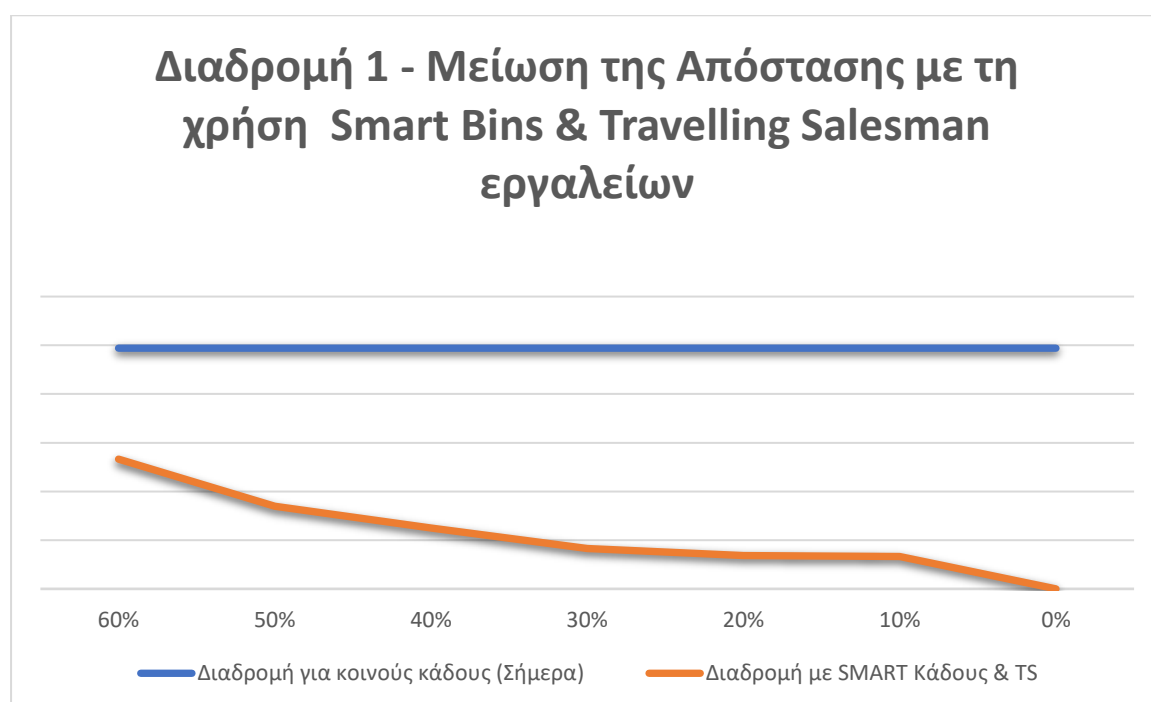
Εικόνα 37 - Συνολική Απόσταση - Πριν και Μετά την Επίλυση/ Solver

6.2.7 Πίνακας αποτελεσμάτων και τα διαγράμματα απεικόνισής τους

Στο επόμενο πίνακα απεικονίζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα των διαδρομών πριν και μετά την εφαρμογή της Επίλυσης/Solver.

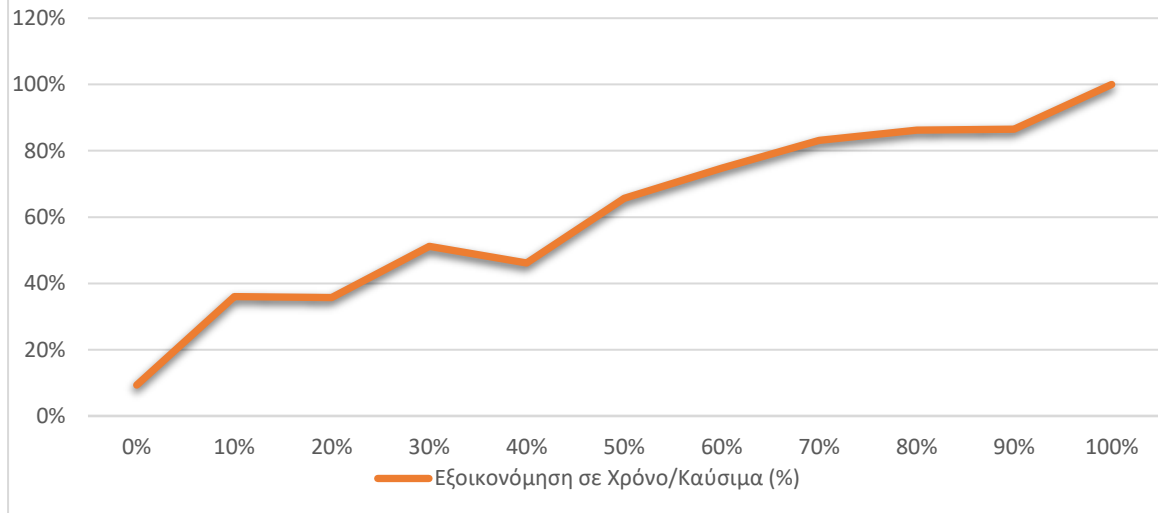
Board 1				
FULL BINS (%)	Διαδρομή για κοινούς κάδους (Σήμερα)	Διαδρομή με SMART Κάδους & TS	EMPTY BINS (%)	Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%)
100%	4.941	4.48	0%	9%
90%	4.941	3.161	10%	36%
80.0%	4.941	3.177	20%	36%
70%	4.941	2.413	30%	51%
60%	4.941	2.663	40%	46%
50%	4.941	1.699	50%	66%
40%	4.941	1.247	60%	75%
30%	4.941	0.831	70%	83%
20%	4.941	0.681	80%	86%
10%	4.941	0.667	90%	87%
0%	4.941	0	100%	100%

Εικόνα 38 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα



Εικόνα 39 – Διάγραμμα 1 - Μείωσης Απόστασης με TSP/Solver

Διαδρομή 1 - Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%) με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών (IoT, AI, κλπ.)

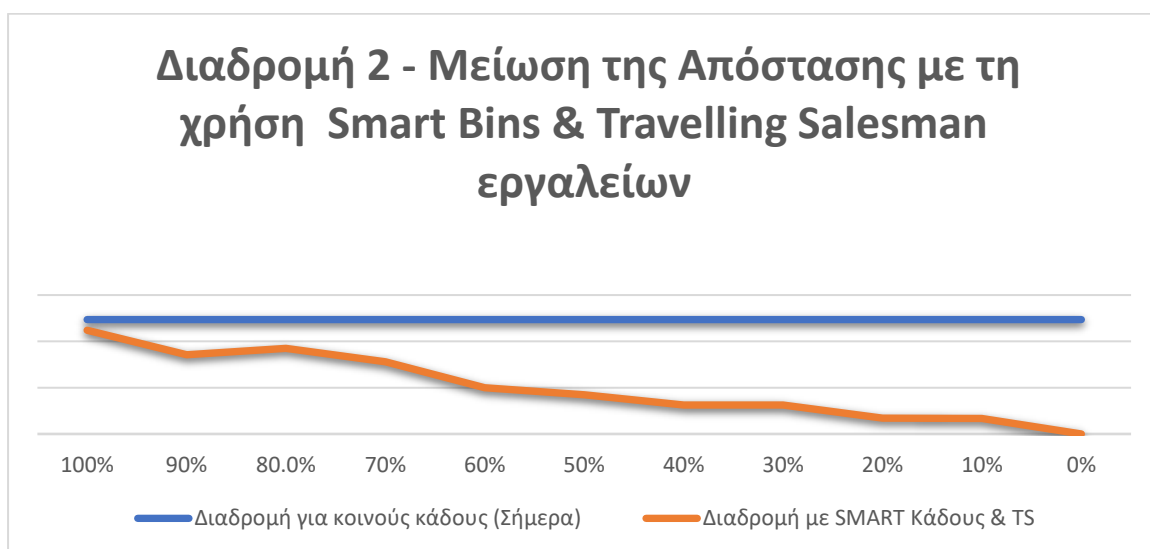


Εικόνα 40 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)

Για την καλύτερη κατανόηση της εφαρμογής Επίλυσης/Solver παρακάτω θα παρατεθούν οι πίνακες Smart Bins και τα διαγράμματα από τα υπόλοιπα Boards των κανονικών κάδων.

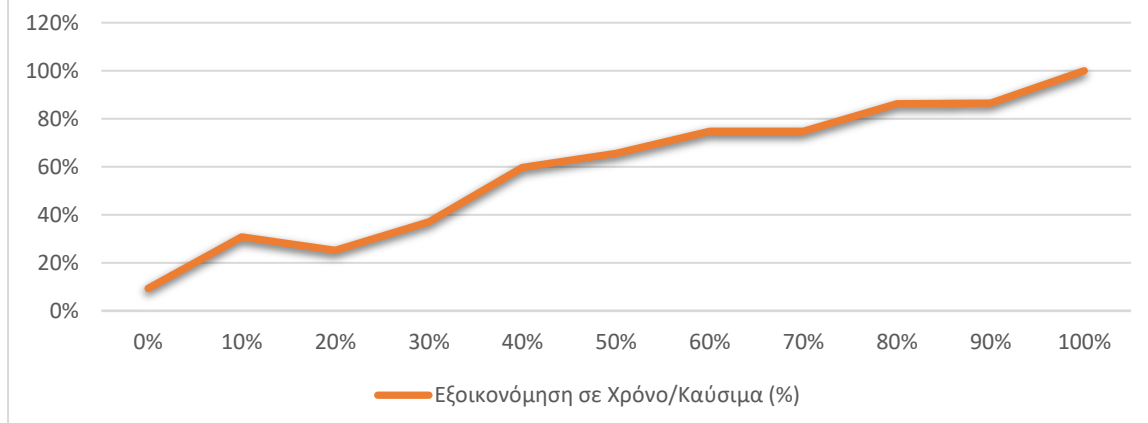
Board 2				
FULL BINS (%)	Διαδρομή για κοινούς κάδους (Σήμερα)	Διαδρομή με SMART Κάδους & TS	EMPTY BINS (%)	Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%)
100%	4.941	4.48	0%	9%
90%	4.941	3.421	10%	31%
80.0%	4.941	3.7	20%	25%
70%	4.941	3.113	30%	37%
60%	4.941	1.991	40%	60%
50%	4.941	1.698	50%	66%
40%	4.941	1.247	60%	75%
30%	4.941	1.249	70%	75%
20%	4.941	0.68	80%	86%
10%	4.941	0.666	90%	87%
0%	4.941	0	100%	100%

Εικόνα 41 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα



Εικόνα 42 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP/Solver

Διαδρομή 2 - Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%) με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών (IoT, AI, κλπ.)

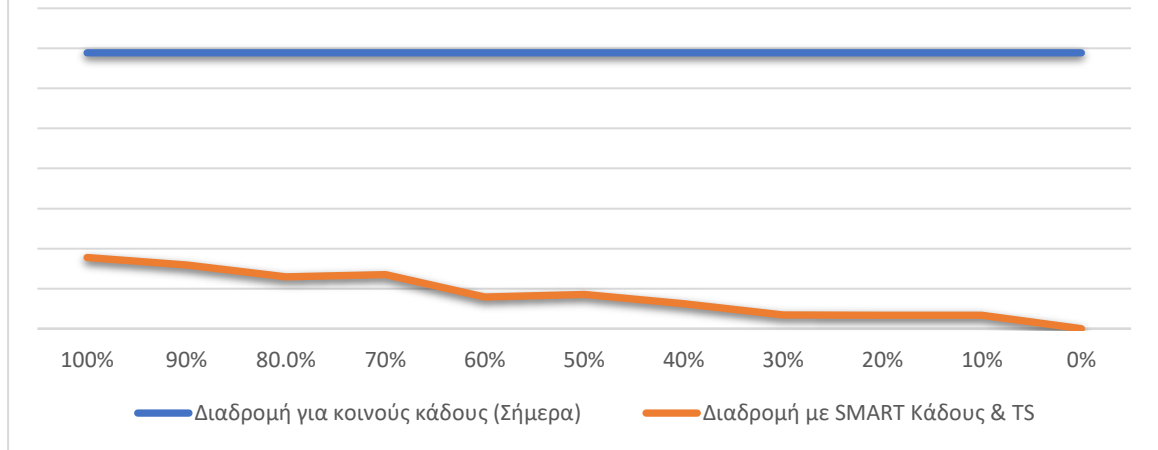


Εικόνα 43 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)

Board 3				
FULL BINS (%)	Διαδρομή για	Διαδρομή με SMART Κάδους & TS	EMPTY BINS (%)	Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%)
100%	13.777	3.554	0%	74%
90%	13.777	3.185	10%	77%
80.0%	13.777	2.591	20%	81%
70%	13.777	2.7	30%	80%
60%	13.777	1.579	40%	89%
50%	13.777	1.701	50%	88%
40%	13.777	1.249	60%	91%
30%	13.777	0.68	70%	95%
20%	13.777	0.666	80%	95%
10%	13.777	0.668	90%	95%
0%	13.777	0	100%	100%

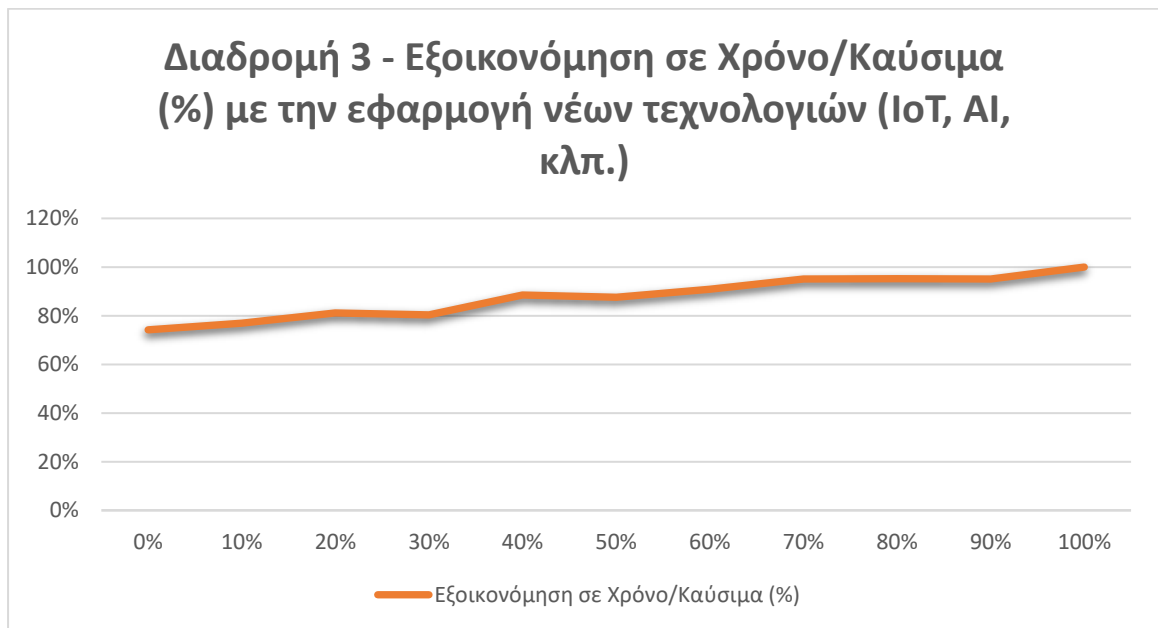
Εικόνα 44 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα

Διαδρομή 3 - Μείωση της Απόστασης με τη χρήση Smart Bins & Travelling Salesman εργαλείων



Εικόνα 45 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με TSP/Solver

Διαδρομή 3 - Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%) με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών (IoT, AI, κλπ.)



Εικόνα 46 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)

6.3 Ανακυκλώσιμοι Κάδοι Απορριμμάτων

6.3.1 Συλλογή Πληροφοριών

Η δεύτερη εφαρμογή έγινε σε μία εκ των τριών ομάδων κάδων ανακύκλωσης με τον συνολικό αριθμό κάδων να είναι 226. Παρακάτω παρατίθενται αποσπάσματα του excel με την κατανομή των κάδων.

Αναγνωριστικό	Κατηγορία	Διεύθυνση	Lat	Lng	Σχηματισμός (Γεω.Πλάτος, Γεω.Μήκος)
1878	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Λεωφ. Αθηνών 217 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99983357	23.68830295	37.99983357,23.68830295
1880	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Λεωφ. Αθηνών 217 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99983996	23.68832993	37.99983996,23.68832993
1881	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Διδυμοτείχου 43 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99787283	23.69129432	37.99787283,23.69129432
1882	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Διδυμοτείχου 20 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99835336	23.68991346	37.99835336,23.68991346
1883	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δάφνης 6 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99681774	23.69205525	37.99681774,23.69205525
1884	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δάφνης 6 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99693611	23.69208341	37.99693611,23.69208341
1885	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δάφνης 6 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99691497	23.69207939	37.99691497,23.69207939
1886	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δάφνης 6 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99690123	23.69208073	37.99690123,23.69208073
1887	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δάφνης 6 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99688221	23.69207134	37.99688221,23.69207134
1888	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δάφνης 6 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.9968653	23.69206732	37.9968653,23.69206732
1889	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δάφνης 6 Αιγάλεω 122 42 Ελλάδα	37.99684522	23.69205927	37.99684522,23.69205927

Εικόνα 47 - Πληροφορίες και Στοιχεία - Κανονικών Κάδων (1^ο έως 11^ο κάδο)

2092	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Αγίου Γεωργίου 21 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00386366	23.67262445	38.00386366,23.67262445
2093	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Αγίου Γεωργίου 21 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00385309	23.67264188	38.00385309,23.67264188
2094	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Ηρακλείτου 72 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00413465	23.67209344	38.00413465,23.67209344
2095	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Οικονόμου 45 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00186134	23.67903283	38.00186134,23.67903283
2096	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Οικονόμου 45 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00186451	23.67900199	38.00186451,23.67900199
2097	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Οικονόμου 35 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00152601	23.68028402	38.00152601,23.68028402
2098	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Θεοτόκου 10 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00176923	23.68044701	38.00176923,23.68044701
2099	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Κοζάνης 17 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00218663	23.67927408	38.00218663,23.67927408
2100	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Gorgorotamou 51 Egaleo 122 43 Ελλάδα	38.00231161	23.67888334	38.00231161,23.67888334
2101	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Γοργοποτάμου 48 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00274787	23.67926315	38.00274787,23.67926315
2102	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Δερβενακίων 15 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00218683	23.68104796	38.00218683,23.68104796
2103	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Χίου 39 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00218366	23.68106207	38.00218366,23.68106207
2104	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Παλαιάς Καβάλας 89 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00165958	23.68296519	38.00165958,23.68296519
2105	Κάδοι Ανακύκλωσης - Ρεύμα 1	Παλαιάς Καβάλας 0 Αιγάλεω 122 43 Ελλάδα	38.00110554	23.68357171	38.00110554,23.68357171

Εικόνα 48 - Πληροφορίες και Στοιχεία - Κανονικών Κάδων (213ο έως 226ο κάδο)

6.3.2 Εύρεση απόστασης με Travelling Salesman Problem (TSP)

Source bin	1980
Destination bin	1895
Source Coords	37.99672005,23.67616488
Destination Coords	37.99826552,23.68277667
Key Bing Maps	wj6b-lo6k21K-vNpnuj-6MNE_9I2F
Key2 Bing Maps	9Ai-fL4HDbjL9Y9cSHfFE60qjiNY2fDV
Distance from a/a bin to a	2.671

Εικόνα 49 - Εύρεση Απόστασης - Api Key

```

Public Function GetDistance(origin_coords As String, destination_coords As String, apikey As String)

    Rem Initializing Array that will contain Distance and Duration values
    Dim outputArray(0 To 1) As String

    Rem Initializing needed variables
    Dim api_Link As String, destination_value As String, lastVal As String, driveMode As String

    api_Link = "https://dev.virtualearth.net/REST/v1/Routes/DistanceMatrix?origins="
    destination_value = "&destinations=" & destination_coords
    api_key = "&xmlkey=" & apikey
    distanceUnit = "&distanceUnit=km"
    driveMode = "&travelMode=driving"

    Rem Creating Web request
    Set objHTTP = CreateObject("MSXML2.ServerXMLHTTP")

    Rem Building link
    request_Url = api_Link & origin_coords & destination_value & api_key & distanceUnit & driveMode

    Rem Requesting Data from server
    objHTTP.Open "GET", request_Url, False
    objHTTP.SetRequestHeader "User-Agent", "Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 6.0; Windows NT 5.0)"
    objHTTP.Send ("")

    Rem Filtering received XML file and getting TravelDistance and TravelDuration values

    outputArray(0) = WorksheetFunction.FilterXML(objHTTP.ResponseText, "//TravelDistance")
    outputArray(1) = WorksheetFunction.FilterXML(objHTTP.ResponseText, "//TravelDuration")

    Rem Returning values
    GetDistance = outputArray

End Function
    
```

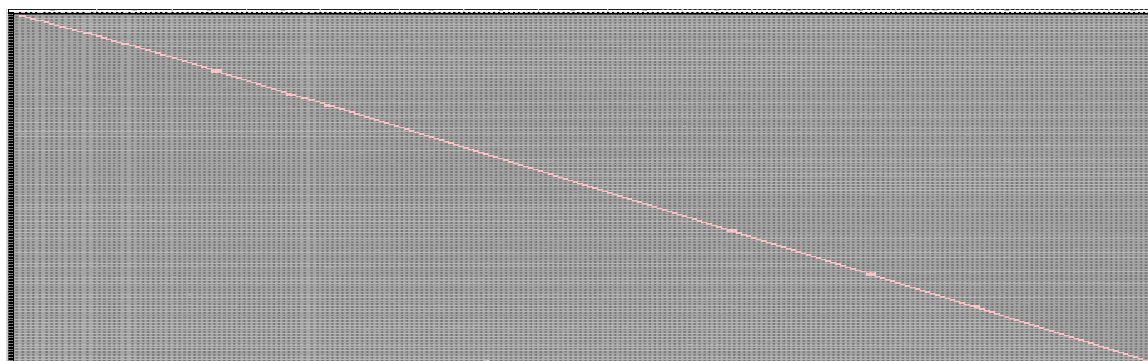
Εικόνα 15 - Microsoft Visual Basic for Applications

6.3.3 Συμμετρικός Πίνακας Αποστάσεων

Ως αποτέλεσμα προέκυψε ο παρακάτω πίνακας όπου οι συντεταγμένες της θέσης κάθε κάδου συγκρίθηκαν με τις συντεταγμένες των υπολοίπων υπολογίζοντας έτσι την απόσταση που απέχει ξεχωριστά ο κάθε κάδος με τους υπόλοιπους.

	a/a	1878	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888
1	1878	0	0.012	0.533	0.306	0.522	1.004	0.511	0.513	0.515	0.517
2	1880	0.448	0	0.52	0.293	0.509	0.991	0.498	0.5	0.502	0.504
3	1881	0.889	0.902	0	0.638	0.193	0.675	0.182	0.184	0.186	0.188
4	1882	0.458	0.471	0.53	0	0.461	0.943	0.45	0.452	0.454	0.456
5	1883	0.695	0.708	0.311	0.444	0	0.81	0.494	0.496	0.498	0.5
6	1884	0.715	0.728	0.331	0.464	0.019	0	0.008	0.01	0.012	0.014
7	1885	0.706	0.719	0.322	0.455	0.01	0.821	0	0.001	0.003	0.005
8	1886	0.704	0.717	0.32	0.453	0.009	0.819	0.503	0	0.002	0.004
9	1887	0.702	0.715	0.318	0.451	0.007	0.817	0.501	0.503	0	0.001
10	1888	0.7	0.713	0.316	0.449	0.005	0.815	0.499	0.501	0.503	0

Εικόνα 16 - Συμμετρικός Πίνακας Αποστάσεων – Αρχικών Κάδων Ανακύκλωσης



Εικόνα 50 – Συνολικός Συμμετρικός Πίνακας Αποστάσεων

6.3.4 1^ο βήμα Εφαρμογής της Επίλυσης/Solver

Στη συνέχεια, με σκοπό την εύρεση της «εξυπνότερης» διαδρομής, οι κάδοι διαχωρίστηκαν σε 7 διαφορετικά Boards (των 30 κάδων το κάθε ένα) και τους εφαρμόστηκε το πρόγραμμα Solver όπου και προέκυψε μία βέλτιστη διαδρομή. Ενδεικτικά παρατίθενται:

BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1878	1	0.012	1
	1880	2	0.52	2		1880	2	0.991	2
	1881	3	0.638	3		1884	6	0.01	3
	1882	4	0.461	4		1886	8	0.006	4
	1883	5	0.81	5		1889	11	0.002	5
	1884	6	0.008	6		1883	5	0.311	6
	1885	7	0.001	7		1881	3	0.182	7
	1886	8	0.002	8		1885	7	0.003	8
	1887	9	0.001	9		1887	9	0.001	9
	1888	10	0.002	10		1888	10	0.449	10
	1889	11	1.262	11		1882	4	0.833	11
	1890	12	0.021	12		1890	12	0.021	12
	1892	13	0.04	13		1892	13	0.04	13
	1893	14	0.057	14		1893	14	0.057	14
	1894	15	0.14	15		1894	15	0.14	15
	1895	16	0.326	16		1895	16	0.101	16
	1896	17	0.199	17		1897	18	0.129	17
	1897	18	0.129	18		1898	19	0.29	18
	1898	19	0.29	19		1899	20	0.07	19
	1899	20	0.07	20		1900	21	1.23	20
	1900	21	1.424	21		1896	17	0.322	21
	1901	22	0.044	22		1901	22	0.044	22
	1902	23	0.499	23		1902	23	0.339	23
	1903	24	0.046	24		1904	25	0.159	24
	1904	25	0.273	25		1903	24	0.113	25
	1905	26	0.039	26		1905	26	0.039	26
	1906	27	0.073	27		1906	27	0.073	27
	1907	28	0.295	28		1907	28	0.206	28
	1908	29	0.088	29		#Δ/Υ	30	0.088	29
	1909	30	0.062	30	Sum Dist 1	1908	29	0.728	30
				7.832					6.989
Board 2	1910	31	0.033	31	Board 2	1894	15	0.291	31
	1911	32	0.08	32		1896	17	0.352	32
	1912	33	0.074	33		1903	24	0.113	33
	1913	34	0.038	34		1905	26	0.039	34
	1914	35	0.003	35		1906	27	0.073	35
	1915	36	0.079	36		1907	28	0.143	36
	1916	37	0	37		1910	31	0.062	37
	1917	38	0.108	38		1909	30	0.088	38
	1918	39	0.538	39		1908	29	0.432	39
	1919	40	0.224	40		1904	25	0.204	40
	1920	41	0.125	41		#Δ/Υ	23	0.23	41
	1921	42	0.096	42		1901	22	0.663	42
	1922	43	0.527	43		1878	1	0.012	43
	1923	44	0.092	44		1880	2	0.498	44
	1924	45	0.068	45		1885	7	0.001	45
	1925	46	0.044	46		1886	8	0.006	46
	1926	47	0.052	47		1889	11	0.002	47
	1927	48	0.113	48		1883	5	0.311	48
	1928	49	0.045	49		1881	3	0.675	49
	1929	50	0.081	50		1884	6	0.012	50
	1930	51	1.064	51		1887	9	0.001	51
	1931	52	1.017	52		1888	10	0.449	52
	1932	53	0.229	53		1882	4	0.833	53
	1933	54	0.622	54		1890	12	0.021	54
	1934	55	0.369	55		1892	13	0.04	55
	1935	56	0.052	56		1893	14	0.198	56
	1936	57	0.406	57		1895	16	0.101	57
	"	58	0.749	58		1897	18	0.129	58
	1938	59	0.925	59		1898	19	0.29	59
	1939	60	0.923	60		1899	20	0.07	60
	1940	61	0.179	61	Sum Dist 2	1900	21	1.64	61
				8.955					7.979

Board 7	2065	186	0.002	186		Board 7	#Δ/Y	26	0.039	186		
	2066	187	0.11	187			1906	27	0.073	187		
	2067	188	0.697	188			1907	28	0.295	188		
	2068	189	0	189			1908	29	0.088	189		
	2069	190	0.62	190			1909	30	0.451	190		
	2070	191	0.135	191			1902	23	0.23	191		
	2071	192	0.271	192			1901	22	0.123	192		
	2072	193	0.578	193			1890	12	0.539	193		
	2073	194	0.452	194			1878	1	0.533	194		
	2074	195	0.466	195			1881	3	0.188	195		
	2075	196	0.152	196			1888	10	0.449	196		
	2076	197	0.118	197			#Δ/Y	4	0.855	197		
	2077	198	0.066	198			#Δ/Y	13	0.04	198		
	2078	199	0.069	199			1893	14	0.315	199		
	2079	200	0.075	200			1904	25	0.159	200		
	2080	201	0.378	201			1903	24	0.371	201		
	2081	202	0.044	202			1910	31	0.033	202		
	2082	203	0.063	203			1911	32	0.08	203		
	2083	204	0.108	204			1912	33	0.074	204		
	2084	205	0.36	205			1913	34	0.038	205		
	2085	206	0.145	206			1914	35	0.003	206		
	2086	207	0.096	207			1915	36	0.079	207		
	2087	208	0.082	208			1917	38	0	208		
	2088	209	0.829	209			1916	37	0.107	209		
	2089	210	0.301	210			1918	39	0.117	210		
	2090	211	0.055	211			1920	41	0.502	211		
	2091	212	0.151	212			1896	17	0.166	212		
	2092	213	0.636	213			1919	40	0.169	213		
	2093	214	0.784	214			#Δ/Y	15	0.14	214		
	2094	215	1.14	215			1895	16	0.101	215		
	2095	216	0.54	216			1897	18	0.129	216		
	2096	217	0.118	217			1898	19	0.29	217		
	2097	218	0.237	218			1899	20	0.07	218		
	2098	219	0.499	219			1900	21	1.641	219		
	2099	220	0.042	220			1880	2	0.991	220		
	2100	221	0.06	221			1884	6	0.008	221		
	2101	222	0.168	222			#Δ/Y	7	0.001	222		
	2102	223	0.001	223			1886	8	0.002	223		
	2103	224	0.267	224			1887	9	0.004	224		
	2104	225	0.086	225			1889	11	0.002	225		
	2105	226	0.711	226	Sum Dist 7	12.134	1883	5	0.695	226	Sum Dist 7	10.19

Εικόνα 51 - Διαχωρισμός Κάδων (Boards) – Εφαρμογή Επίλυσης/Solver

6.3.5 Αποτελέσματα βέλτιστης διαδρομής για 100% πληρότητα κάδων

Παρακάτω φαίνεται βελτίωση της διαδρομής πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος Solver.

Total Sum Distance	SUM DIST: 54.392 km			Total Sum Distance	SUM DIST: 56.708 km
--------------------	---------------------	--	--	--------------------	---------------------

Εικόνα 152 - Εύρεση Βέλτιστης Διαδρομής - Εφαρμογή Επίλυσης/Solver

6.3.6 2^ο βήμα Εφαρμογής της Επίλυσης/Solver με ποσοστιαία μείωση του αριθμού των κάδων

Έχοντας ως πρότυπο την λειτουργία των αντίστοιχων έξυπνων κάδων του εξωτερικού έγινε ποσοστιαία μείωση των κάδων σε κάθε Board. Η διαδρομή έχει υπολογιστεί για 100% πληρότητα των κάδων, στη συνέχεια γίνεται σταδιακή μείωση για 90% πληρότητα κάδων, για 80% πληρότητα κ.ο.κ. μέχρι το 10% το οποίο αποτελεί και το τελευταίο στάδιο υπολογισμού αφού στο 0% δεν υπάρχει κανένας κάδος γεμάτος όπου και δεν πραγματοποιείται καμία διαδρομή.

90% OF SMART BINS (27 BINS TOTAL ARE FULL)					90% OF SMART BINS (27 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1904	25	0.204	1
	1880	2	0.991	2		1902	23	0.339	2
	1884	6	0.01	3		1890	12	0.021	3
	1886	8	0.006	4		1892	13	0.04	4
	1889	11	0.002	5		1893	14	0.057	5
	1883	5	0.311	6		1894	15	0.14	6
	1881	3	0.186	7		1895	16	0.101	7
	1887	9	0.001	9		1897	18	0.129	9
	1888	10	0.449	10		1898	19	0.29	10
	1882	4	0.833	11		1899	20	0.07	11
	1890	12	0.021	12		1900	21	1.23	12
	1892	13	0.098	13		1896	17	0.352	13
	1894	15	0.14	15		1903	24	0.113	15
	1895	16	0.101	16		1905	26	0.039	16
	1897	18	0.129	17		1906	27	0.663	17
	1898	19	0.29	18		1901	22	0.641	18
	1899	20	0.07	19		1880	2	0.52	19
	1900	21	1.23	20		1881	3	0.184	20
	1896	17	0.322	21		1886	8	0.004	21
	1901	22	0.044	22		1888	10	0.815	22
	1902	23	0.339	23		1884	6	0.008	23
	1904	25	0.159	24		#Δ/Υ	7	0.003	24
	1903	24	0.113	25		1887	9	0.004	25
	1905	26	0.039	26		1889	11	0.002	26
	1906	27	0.073	27		1883	5	0.444	27
	1907	28	0.295	28		1882	4	0.458	28
	1908	29	1.497	30	Sum Dist 1	1878	1	0	30
					7.761				
									Sum Dist 1
									6.871

80% OF SMART BINS (24 BINS TOTAL ARE FULL)					80% OF SMART BINS (24 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1897	18	0.129	1
	1880	2	0.991	2		1898	19	0.29	2
	1884	6	0.01	3		1899	20	0.07	3
	1886	8	0.006	4		1900	21	1.322	4
	1889	11	0.002	5		1892	13	0.04	5
	1883	5	0.311	6		1893	14	0.057	6
	1881	3	0.186	7		1894	15	0.14	7
	1887	9	0.001	9		1895	16	0.326	9
	1888	10	0.449	10		1896	17	0.352	10
	1882	4	0.833	11		1903	24	0.044	11
	1890	12	0.021	12		1902	23	0.23	12
	1892	13	0.098	13		1901	22	0.123	13
	1894	15	0.14	15		1890	12	0.517	15
	1895	16	0.101	16		1880	2	0.52	16
	1897	18	0.129	17		1881	3	0.675	17
	1898	19	0.29	18		1884	6	0.008	18
	1899	20	0.07	19		1885	7	0.001	19
	1900	21	1.23	20		1886	8	0.002	20
	1896	17	0.322	21		1887	9	0.001	21
	1901	22	0.044	22		1888	10	0.002	22
	1902	23	0.339	23		1889	11	0.002	23
	1904	25	0.159	24		1883	5	0.444	24
	1903	24	0.113	25		1882	4	0.458	25
	1905	26	0.839	26		1878	1	0	26
			Sum Dist 1	6.696				Sum Dist 1	5.753

70% OF SMART BINS (21 BINS TOTAL ARE FULL)					70% OF SMART BINS (21 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1884	6	0.008	1
	1880	2	0.991	2		1885	7	0.001	2
	1884	6	0.01	3		1886	8	0.32	3
	1886	8	0.006	4		1881	3	0.186	4
	1889	11	0.002	5		1887	9	0.001	5
	1883	5	0.311	6		1888	10	0.002	6
	1881	3	0.186	7		1889	11	0.002	7
	1887	9	0.001	9		1883	5	1.259	9
	1888	10	0.449	10		1890	12	0.021	10
	1882	4	0.833	11		1892	13	0.04	11
	1890	12	0.021	12		1893	14	0.057	12
	1892	13	0.098	13		#Δ/Y	15	0.372	13
	1894	15	0.14	15		1898	19	0.29	15
	1895	16	0.101	16		1899	20	0.07	16
	1897	18	0.129	17		1900	21	1.23	17
	1898	19	0.29	18		1896	17	0.097	18
	1899	20	0.07	19		1895	16	0.101	19
	1900	21	1.23	20		1897	18	0.891	20
	1896	17	0.322	21		1878	1	0.012	21
	1901	22	0.044	22		1880	2	0.293	22
	1902	23	0.879	23		1882	4	0.458	23
			Sum Dist 1	6.125				Sum Dist 1	5.711

60% OF SMART BINS (18 BINS TOTAL ARE FULL)					60% OF SMART BINS (18 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1878	1	0.012	1
	1880	2	0.991	2		1880	2	0.991	2
	1884	6	0.01	3		1884	6	0.008	3
	1886	8	0.006	4		1885	7	0.007	4
	1889	11	0.002	5		1889	11	0.002	5
	1883	5	0.311	6		1883	5	0.311	6
	1881	3	0.186	7		1881	3	0.184	7
	1887	9	0.001	9		1886	8	0.002	9
	1888	10	0.449	10		1887	9	0.001	10
	1882	4	0.833	11		1888	10	0.449	11
	1890	12	0.021	12		1882	4	0.833	12
	1892	13	0.098	13		1890	12	0.021	13
	1894	15	0.14	15		1892	13	0.04	15
	1895	16	0.101	16		1893	14	0.057	16
	1897	18	0.129	17		1894	15	0.291	17
	1898	19	0.29	18		1896	17	0.097	18
	1899	20	0.07	19		1895	16	0.101	19
	1900	21	1.663	20	Sum Dist 1	1897	18	0.891	20
					5.313				
						Sum Dist 1			4.298

50% OF SMART BINS (15 BINS TOTAL ARE FULL)					50% OF SMART BINS (15 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1884	6	0.01	1
	1880	2	0.991	2		1886	8	0.006	2
	1884	6	0.01	3		1889	11	0.002	3
	1886	8	0.006	4		1883	5	0.311	4
	1889	11	0.002	5		1881	3	0.182	5
	1883	5	0.311	6		1885	7	0.003	6
	1881	3	0.186	7		1887	9	0.001	7
	1887	9	0.001	9		1888	10	0.7	9
	1888	10	0.449	10		1878	1	0.012	10
	1882	4	0.833	11		1880	2	0.293	11
	1890	12	0.021	12		1882	4	0.855	12
	1892	13	0.098	13		1892	13	0.04	13
	1894	15	0.14	15		1893	14	0.057	15
	1895	16	0.101	16		1894	15	0.474	16
	1897	18	0.891	17	Sum Dist 1	1890	12	0.539	17
					4.052				
						Sum Dist 1			3.485

40% OF SMART BINS (12 BINS TOTAL ARE FULL)					40% OF SMART BINS (12 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1884	6	0.012	1
	1880	2	0.991	2		1887	9	0.001	2
	1884	6	0.01	3		1888	10	0.002	3
	1886	8	0.006	4		1889	11	0.002	4
	1889	11	0.002	5		1883	5	0.311	5
	1883	5	0.311	6		1881	3	0.182	6
	1881	3	0.186	7		1885	7	0.001	7
	1887	9	0.001	9		1886	8	0.453	9
	1888	10	0.449	10		1882	4	0.833	10
	1882	4	0.833	11		1890	12	0.517	11
	1890	12	0.021	12		1880	2	0.448	12
	1892	13	0.896	13	Sum Dist 1	1878	1	0	13
					3.718				
						Sum Dist 1			2.762

30% OF SMART BINS (9 BINS TOTAL ARE FULL)					30% OF SMART BINS (9 BINS TOTAL ARE FULL)				
RANDOM SEQUEL OF SMART BINS					RANDOM SEQUEL OF SMART BINS				
BEFORE TRAVELLING SALESMAN					AFTER TRAVELLING SALESMAN				
	Bin A/A	Number	Distance	Stops		Bin A/A	Number	Distance	Stops
Board 1	1878	1	0.012	1	Board 1	1884	6	0.01	1
	1880	2	0.991	2		1886	8	0.32	2
	1884	6	0.01	3		1881	3	0.182	3
	1886	8	0.006	4		1885	7	0.003	4
	1889	11	0.002	5		1887	9	0.007	5
	1883	5	0.311	6		1883	5	0.444	6
	1881	3	0.186	7		1882	4	0.458	7
	1887	9	0.001	9		1878	1	0.012	9
	1888	10	0.7	10	Sum Dist 1	1880	2	0.448	10
					Sum Dist 1				1.884

Κλπ.

Εικόνα 53 - Ποσοστιαίος Διαχωρισμός - Εφαρμογή Επίλυση/Solver & TSP

BEFORE TS		AFTER TS	
Total Sum Distance	SUM DIST: 39.318 km	Total Sum Distance	SUM DIST: 33.999 km

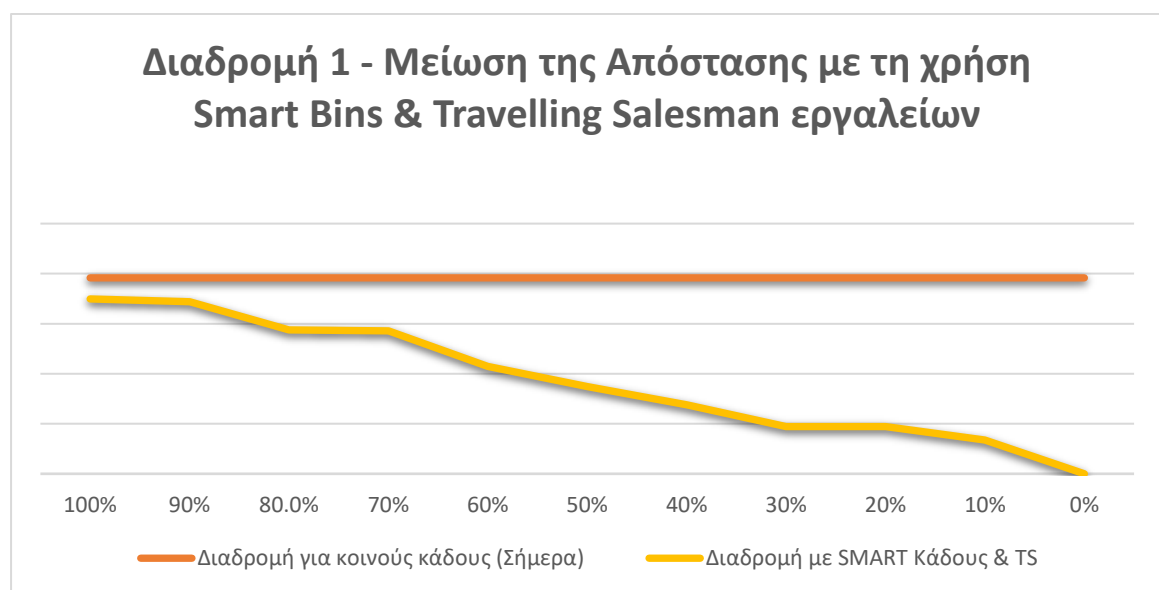
Εικόνα 54 - Συνολική Απόσταση - Πριν και Μετά την Επίλυση/Solver & TSP

6.3.7 Πίνακας Αποτελεσμάτων και τα Διαγράμματα απεικόνισής τους

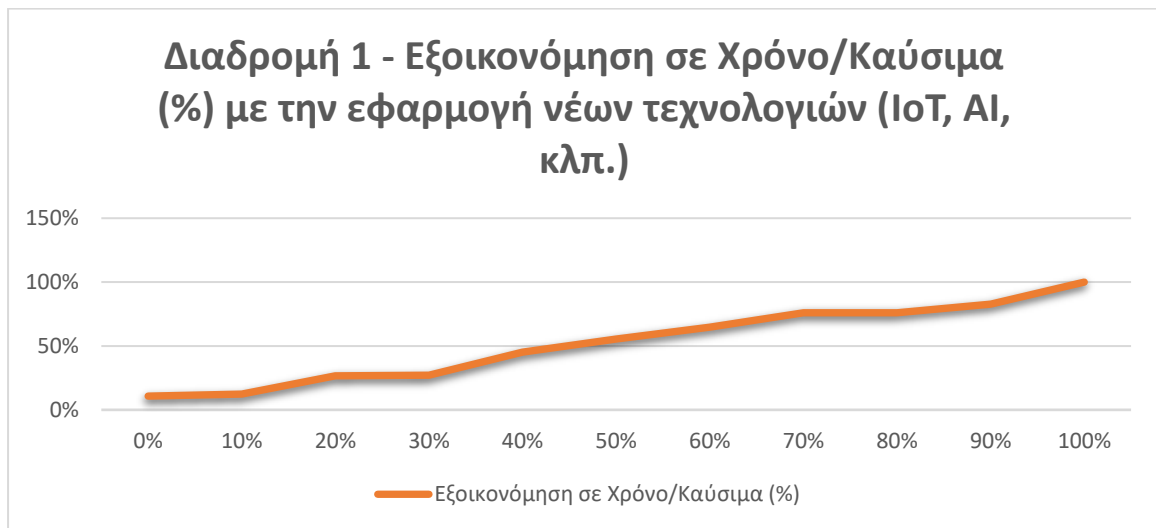
Στο επόμενο πίνακα απεικονίζονται αντιπροσωπευτικά συγκριτικά τα αποτελέσματα των διαδρομών πριν και μετά την εφαρμογή του Travelling Salesman Problem (TSP).

Board 1				
FULL BINS (%)	Διαδρομή για κοινούς κάδους (Σήμερα)	Διαδρομή με SMART Κάδους & TS	EMPTY BINS (%)	Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%)
100%	4.941	4.48	0%	9%
90%	4.941	3.161	10%	36%
80.0%	4.941	3.177	20%	36%
70%	4.941	2.413	30%	51%
60%	4.941	2.663	40%	46%
50%	4.941	1.699	50%	66%
40%	4.941	1.247	60%	75%
30%	4.941	0.831	70%	83%
20%	4.941	0.681	80%	86%
10%	4.941	0.667	90%	87%
0%	4.941	0	100%	100%

Εικόνα 55 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα



Εικόνα 56 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με Επίλυση/Solver & TSP



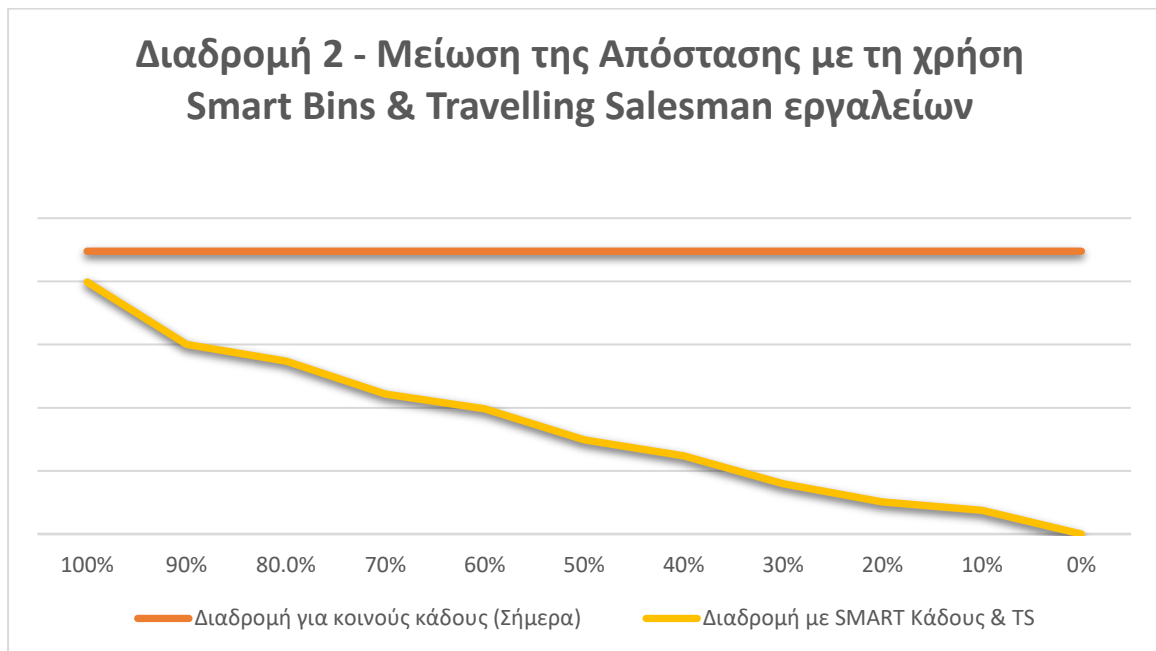
Εικόνα 57 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)

Για την καλύτερη κατανόηση της εφαρμογής TSP παρακάτω θα παρατεθούν οι πίνακες Smart Bins και τα διαγράμματα από τα υπόλοιπα Boards των κάδων ανακύκλωσης.

Board 2				
FULL BINS (%)	Διαδρομή για κοινούς κάδους (Σήμερα)	Διαδρομή με SMART Κάδους & TS	EMPTY BINS (%)	Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%)
100%	8.955	7.979	0%	11%
90%	8.955	5.999	10%	33%
80.0%	8.955	5.479	20%	39%
70%	8.955	4.427	30%	51%
60%	8.955	3.965	40%	56%
50%	8.955	2.977	50%	67%
40%	8.955	2.472	60%	72%
30%	8.955	1.593	70%	82%
20%	8.955	1.011	80%	89%
10%	8.955	0.756	90%	92%
0%	8.955	0	100%	100%

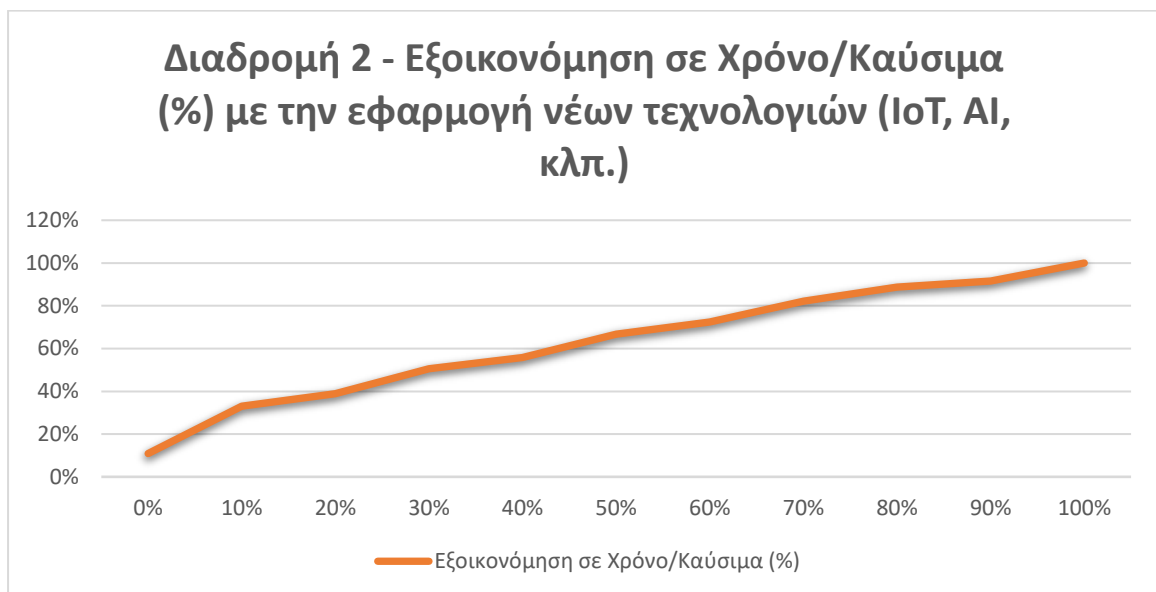
Εικόνα 58 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα

Διαδρομή 2 - Μείωση της Απόστασης με τη χρήση Smart Bins & Travelling Salesman εργαλείων



Εικόνα 59 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με Επίλυση/Solver & TSP

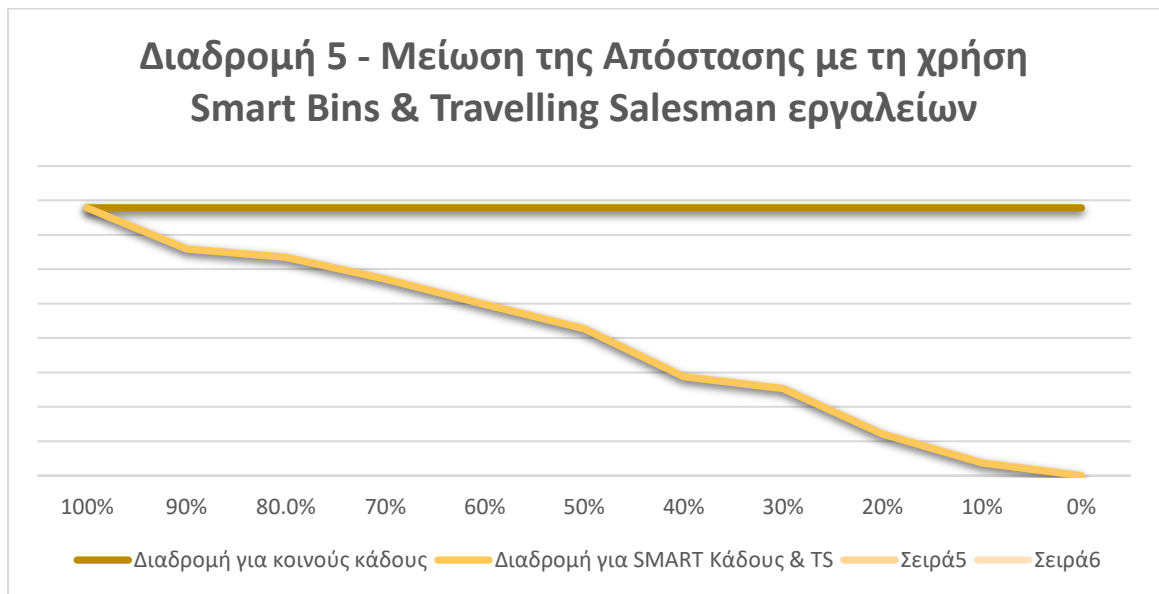
Διαδρομή 2 - Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%) με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών (IoT, AI, κλπ.)



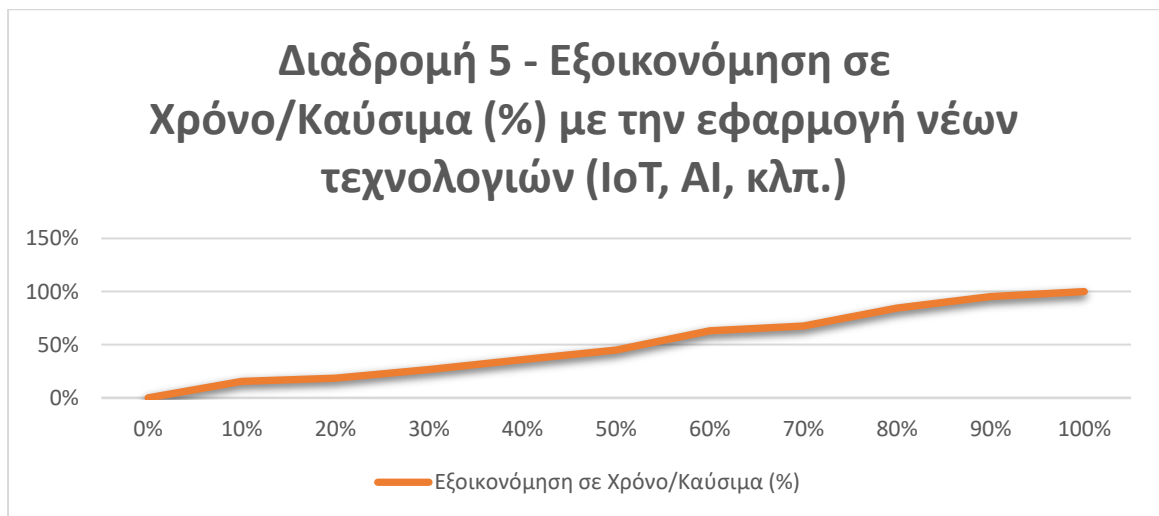
Εικόνα 60 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)

Board 5				
FULL BINS (%)	Διαδρομή για κοινούς κάδους	Διαδρομή με SMART Κάδους & TS	EMPTY BINS (%)	Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%)
100%	7.783	7.783	0%	0%
90%	7.783	6.59	10%	15%
80.0%	7.783	6.348	20%	18%
70%	7.783	5.712	30%	27%
60%	7.783	4.982	40%	36%
50%	7.783	4.269	50%	45%
40%	7.783	2.881	60%	63%
30%	7.783	2.53	70%	67%
20%	7.783	1.215	80%	84%
10%	7.783	0.375	90%	95%
0%	7.783	0	100%	100%

Εικόνα 61 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα



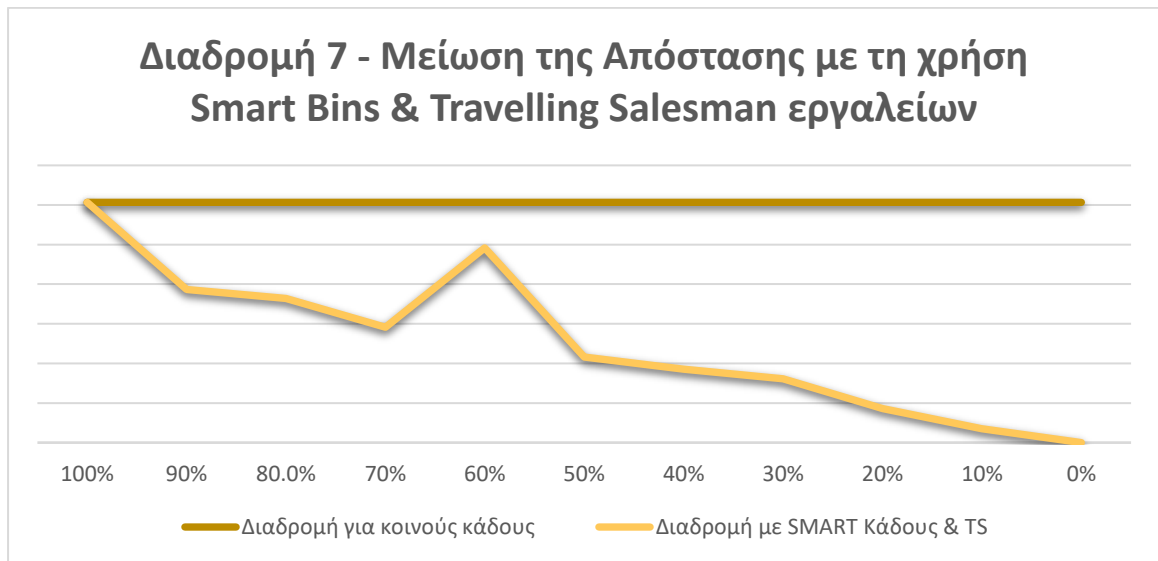
Εικόνα 62 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με Επίλυση/Solver & TSP



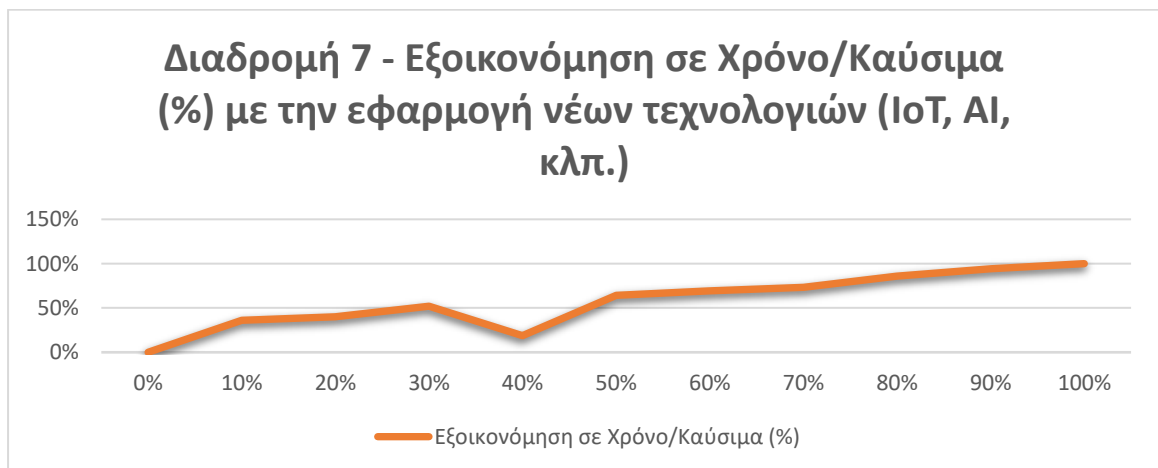
Εικόνα 63 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)

Board 7				
FULL BINS (%)	Διαδρομή για κοινούς κάδους	Διαδρομή με SMART Κάδους & TS	EMPTY BINS (%)	Εξοικονόμηση σε Χρόνο/Καύσιμα (%)
100%	12.134	12.134	0%	0%
90%	12.134	7.74	10%	36%
80.0%	12.134	7.275	20%	40%
70%	12.134	5.833	30%	52%
60%	12.134	9.84	40%	19%
50%	12.134	4.319	50%	64%
40%	12.134	3.706	60%	69%
30%	12.134	3.221	70%	73%
20%	12.134	1.725	80%	86%
10%	12.134	0.699	90%	94%
0%	12.134	0	100%	100%

Εικόνα 64 - Πίνακας Smart Κάδων και Εξοικονόμησης σε Χρόνο/Καύσιμα



Εικόνα 65 - Διάγραμμα I - Μείωσης Απόστασης με Επίλυση/Solver & TSP



Εικόνα 66 - Διάγραμμα II - Εξοικονόμηση Χρόνου/Καύσιμα με (IoT, AI ...)

6.4 Τα Πλεονεκτήματα

Οι έξυπνοι κάδοι μπορεί να μην έχουν μπει, ακόμα, στην ζωή μας αλλά θαμπωμένοι από όλα τα θετικά που προσφέρουν στις χώρες του εξωτερικού, δεν μπορούμε παρά να βιαστούμε για αυτό το μεγάλο αλλά ζωτικό βήμα.

6.4.1 Περιβάλλον

Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη της διαχείρισης των απορριμμάτων είναι η προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας του πληθυσμού. Μειώνοντας την ανάγκη για επισκέψεις συλλογής, οι έξυπνοι κάδοι ελαχιστοποιούν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων. Ως αποτέλεσμα, γινόμαστε καθαρότεροι και ασφαλέστεροι προς τον ίδιο μας τον πλανήτη. Επιπλέον, μία ακόμα λειτουργία των αισθητήρων, εκτός από τα μηνύματα πληρότητας που στέλνουν στο κέντρο παρακολούθησης, ελέγχουν επίσης και την ποιότητα των απορριμμάτων με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας βακτηρίων και επιβλαβών οσμών για τους κατοίκους. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η ποιότητα του αέρα και του νερού, ενώ μειώνονται και οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

6.4.2 Εργατικό Δυναμικό

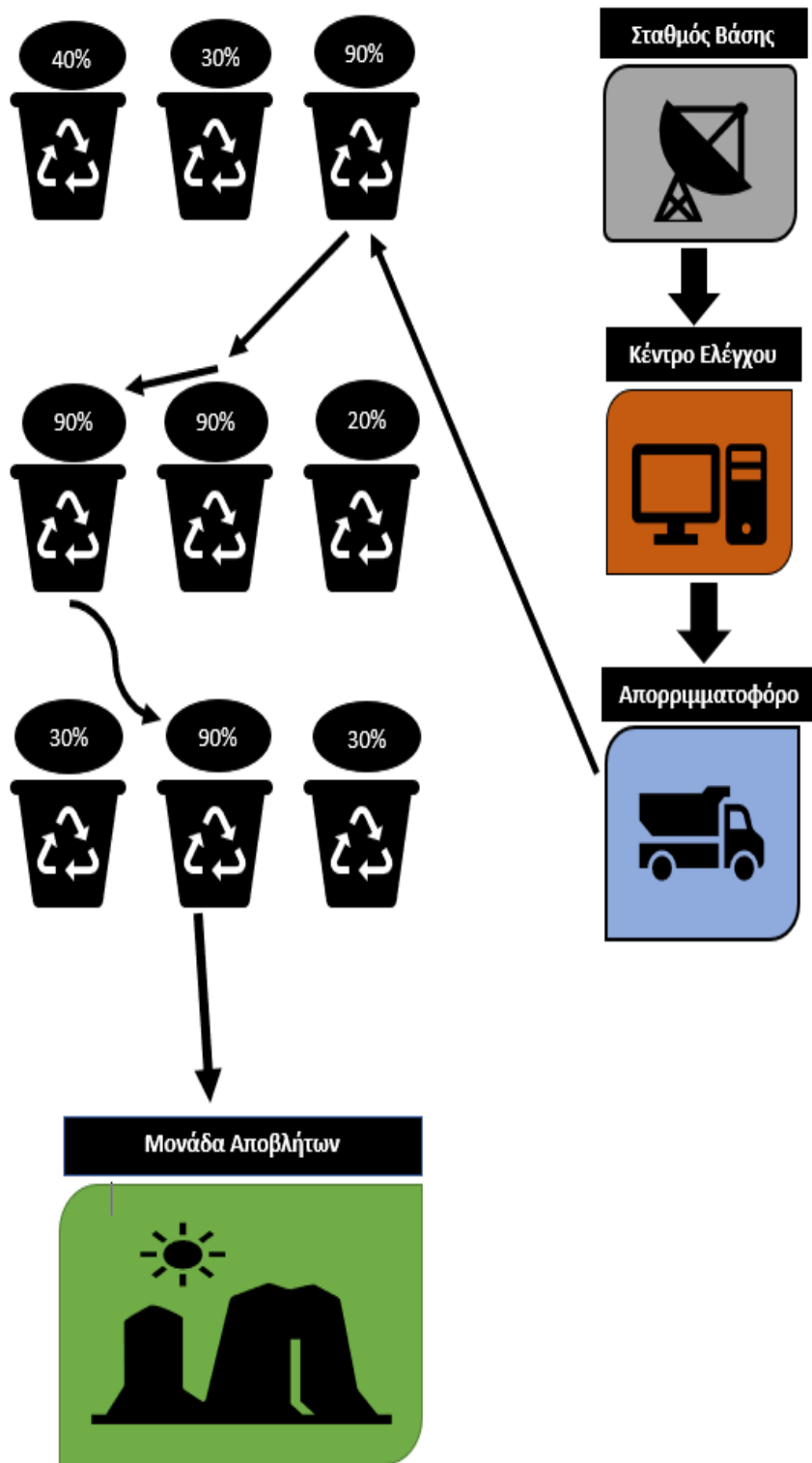
Στον τομέα της εργασίας και με βάση συνεντεύξεις που έχουν διεξαχθεί σε Ευρωπαϊκές χώρες, το μεγαλύτερο ποσοστό του εργασιακού προσωπικού στον κλάδο της καθαριότητας εξέφρασε μόνο θετικά λόγια έχοντας εργαστεί πριν και μετά την εγκατάσταση – εφαρμογή των έξυπνων κάδων. Η αναμονή και η άσκοπη μετακίνηση των εργαζόμενων για την συλλογή των απορριμμάτων έχει μειωθεί προσφέροντας ελεύθερο χρόνο για ενασχόληση σε άλλους τομείς της καθαριότητας.

6.4.3 Κυκλοφορία

Μία ακόμα θετική επιρροή των έξυπνων κάδων, η οποία είναι αλληλένδετη με ότι προαναφέρθηκε στην παράγραφο για το Περιβάλλον είναι η κυκλοφορία στους δρόμους. Οι λιγότερες επισκέψεις συλλογής απορριμμάτων μειώνουν τη συμφόρηση και τη διακοπή της κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα την ύπαρξη καθαρότερων και ασφαλέστερων δρόμων.

6.5 Η γνώμη μου

Κλείνοντας αυτήν την διατριβή θα ήθελα να πω το εξής. Η επιρροή του περιβάλλοντος στην ζωή μας έχει βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Η έλλειψη γνώσεων και τεχνολογιών, η αδιαφορία και η σπατάλη των προηγούμενων γενιών έχουν κάνει την εμφάνισή τους στον πλανήτη μας και πλέον η βελτίωση της κατάσταση είναι εξ ολοκλήρου στα χέρια μας. Μία από τις πολλές λύσεις είναι και οι Έξυπνοι Κάδοι, οι οποίοι όμως δεν θα επιφέρουν κανένα αποτέλεσμα άμα εμείς οι ίδιοι δεν ενδιαφερθούμε και δεν παραμερίσουμε την βαρεμάρα και την νωχελικότητα που μας κυριεύει



Εικόνα 67 - Λειτουργία Έξυπνων Κάδων

7 Ανακεφαλαίωση

Η συγκεκριμένη εργασία εστιάζει στην σημασία και την σωστή εφαρμογή των Έξυπνων Κάδων. Σαν ευρύ στόχο έχει την ενημέρωση και την μύηση των πόλεων και επομένως των πολιτών στην βιωσιμότητα με εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης. Στην περίπτωση μας μπορεί οι Έξυπνοι Κάδοι να μην έχουν εφαρμοστεί ακόμα στην Ελλάδα αλλά τα οφέλη και τα πλεονεκτήματά τους δεν αφήνουν περιθώρια αποφυγής. Το Πρόβλημα του Πλανόδιου Πωλητή (Travelling Salesman Problem – TSP) λαμβάνει υπόψη μία λίστα συντεταγμένων μεταξύ ομαδοποιημένων κάδων και βρίσκει την συντομότερη διαδρομή που επισκέπτεται κάθε απορριματοφόρο με επιστροφή στην βάση του. Πρόκειται για ένα NP-Hardness πρόβλημα (μη ντετερμινιστική πολυωνυμική πολυπλοκότητα χρόνου) στην συνδυαστική βελτιστοποίηση όπου η διαδρομή του εργαζόμενου και το πρόβλημα της δρομολόγησης του οχήματος είναι και τα δύο γενικεύσεις TSP. Ολοκληρωμένα αποτελέσματα προέκυψαν με τον προσδιορισμό του παραπάνω προβλήματος χρησιμοποιώντας την Επίλυση, ένα πρόσθετο πρόγραμμα της Microsoft Excel που επιτρέπει την εύρεση της βέλτιστης τιμής (στην περίπτωση μας την ελάχιστη απόσταση). Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε στο Αιγάλεω Αττικής, εφαρμόζοντας το TSP και την Επίλυση στις υπάρχουσες χαρτογραφημένες διαδρομές αποκομιδής απορριμμάτων. Τα αποτελέσματα έκαναν εμφανή την αναγκαιότητα και τα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη που προσφέρουν οι Έξυπνοι Κάδοι.

Βιβλιογραφία

- (χ.χ.). Ανάκτηση από https://images.slideplayer.gr/46/11696363/slides/slide_37.jpg
- Ace - Sintef*. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.sintef.no/en/all-laboratories/ace/>
- Adrian Smith, G. G. (χ.χ.). *SmithGrill*. Ανάκτηση από http://smithgill.com/media/pdfs/Great_City_Chengdu_Master_Plan_for_web_2.pdf
- AllMeteo*. (2020). Ανάκτηση από <https://allmeteo.com/smartcity-weather-stations-gallery>
- AMCS. (χ.χ.). *AMCS*. Ανάκτηση από Google: <https://www.amcsgroup.com/industries/municipal-waste/how-will-cities-make-waste-collections-sustainable>
- Anil Menon, G. H. (2019, Ιούνιος). *WeForum*. Ανάκτηση από Google: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Making_Affordable_Housing_A_Reality_In_Cities_report.pdf
- Asilayi. (2018, Σεπτέμβριο Δευτέρα). *medium*. Ανάκτηση από <https://medium.com/civic-analytics/smart-traffic-lights-or-intelligent-traffic-lights-are-a-vehicle-traffic-control-system-that-ab5429ca0c40>
- Baldwin, E. (2019, Ιούλιος Δευτέρα). *archDaily*. Ανάκτηση από <https://www.archdaily.com/920147/sidewalk-labs-unveils-full-quayside-master-plan-for-toronto>
- Bin-e. (2019). *Bin-e*. Ανάκτηση από Google: <https://www.bine.world/>
- Bisen, V. S. (2020, Μάιος Πέμπτη). *VSINGHBISEN*. Ανάκτηση 2020, από <https://medium.com/vsinghbisen/how-ai-can-be-used-in-smart-cities-applications-role-challenge-8641fb52a1dd>
- Bob Metcalfe, J. R. (2017, Μάρτιος Παρασκευή). *HelloFuture*. Ανάκτηση από <https://hellofuture.orange.com/en/words-innovation-enernet/>
- BotaniCalls*. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.botanicalls.com/kits/getting-started/>
- Brescia. (2019, Οκτώμβριος Τρίτη). *Flashnet*. Ανάκτηση από <https://www.flashnet.ro/intelilight-installs-the-first-large-scale-connected-lighting-project-using-lorawan-zhaga-compatible-controllers-in-brescia-italy/>
- Bridge, T. (χ.χ.). *Wikipedia*. Ανάκτηση από https://www.google.com/search?q=tamar+bridge&client=firefox-b-d&sxsrf=ALeKk00DLo_XBpQRkU7MzhJp0jgSl6XsZw:1620742390768&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiF5uTz58HwAhVVhv0HHQQtBWAQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1920&bih=910#imgrc=DjgmTWS59zO6_M
- Cathelat, B. (2019). *UNESCO*. Ανάκτηση από Google: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367762>
- Chaillou, S. (2019, Φεβρουάριος Τρίτη). *laptrinhx*. Ανάκτηση από <https://laptrinhx.com/ai-architecture-1148488557/>

- Chang-Yeoul-Kim. (2019). *ResearchGate*. Ανάκτηση από Google:
<https://www.researchgate.net/profile/Chang-Yeoul-Kim>
- Chen, J. (2020, Δεκέμβριος Τετάρτη). *Investopedia*. Ανάκτηση από Google:
<https://www.investopedia.com/terms/n/neuralnetwork.asp>
- Clifford, C. (2018, Μάρτιος Τρίτη). *CNBC*. Ανάκτηση από Google:
<https://www.cnbc.com/2018/03/13/elon-musk-at-sxsw-a-i-is-more-dangerous-than-nuclear-weapons.html>
- CultureTrip. (2019, Απρίλιος Παρασκευή). *CultureTrip*. Ανάκτηση από Google:
<https://theculturetrip.com/asia/china/articles/the-rise-of-chinas-eco-cities/>
- Energy-Cities*. (2016). Ανάκτηση από <https://energy-cities.eu/best-practice/superblocks-free-up-to-92-of-public-space-in-barcelona/>
- Eremia, M. (2017, Δεκέμβριος). *Research Gate*. Ανάκτηση από The Smart City Concept in the 21st Century:
https://www.researchgate.net/publication/316751106_The_Smart_City_Concept_in_the_21st_Century
- esri*. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.esri.in/esri-news/publication/vol9-issue1/articles/gis-for-smart-cities>
- Etteplan. (2020). *Etteplan*. Ανάκτηση από Google: <https://www.etteplan.com/references/bin-e>
- Foote, K. D. (2020, Φεβρουάριος Πέμπτη). *Dataversity*. Ανάκτηση από Google:
<https://www.dataversity.net/understanding-the-uses-of-artificial-intelligence/>
- Frearson, A. (2017, Ιούνιος Παρασκευή). Barcelona and Amsterdam are world-leading "smart cities" says Jason Pomeroy. *dezeen*. Ανάκτηση από [dezeen](https://www.dezeen.com).
- google*. (χ.χ.). Ανάκτηση από
https://www.google.com/search?q=smart+cities+parking&client=firefox-b-d&tbm=isch&sxsrf=ALeKk03uUy6noHMi9ju604nOMdffqlv9w:1615020672745&source=lnms&sa=X&ved=0ahUKEwiFt4PspJvvAhVMnqQKHxsSDVMQ_AUIECgC&biw=1344&bih=637&dpr=1.43
- Granath, M. (2016). *The Smart City – how smart can "IT" be?* Σουηδία: Πανεπιστήμιο Linköping .
- GuardForce. (2020, Μάρτιος Τετάρτη). *guardforce*. Ανάκτηση από
https://www.guardforce.com.hk/en/news/blog_115/How-Smart-Bin-Technology-is-Revolutionising-Waste-Management--Guardforce_3901
- Hichman, M. (2020, Μάιος Πέμπτη). *archPaper*. Ανάκτηση από
<https://www.archpaper.com/2020/05/sidewalk-labs-cancels-quayside/>
- Jasim, N. (2021). SmartDubai Podcast. Dubai, Emirates.
- Joppa, L. (2017, Νοέβριος Τετάρτη). *Meeting of The Minds*. Ανάκτηση από Google:
<https://meetingoftheminds.org/ai-can-help-cities-conserve-natural-resources-plan-future-23634>

- Joshi, N. (2019, Ιούνιος Τετάρτη). *Forbes*. Ανάκτηση από Google:
<https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/06/19/7-types-of-artificial-intelligence/?sh=3cf0f577233e>
- Matlab. (2021). *MathWorks*. Ανάκτηση από Google:
<https://uk.mathworks.com/help/gads/what-is-simulated-annealing.html>
- Mauland, M. (2019, Μάιος Κυριακή). *TRONDHEIM 2030*. Ανάκτηση από Google:
<https://trondheim2030.no/2019/03/19/kunstig-intelligens-brukes-for-a-rens-kloakken/>
- Moore, S. (2017, Απρίλιος Δευτέρα). *CanadianArchitect*. Ανάκτηση από
<https://www.canadianarchitect.com/book-review-citizen-city/>
- myBit. (2017, Σεπτέμβριος Σάββατο). *medium*. Ανάκτηση από <https://medium.com/mybit-dapp/smart-city-dubai-top-20-global-start-ups-3256a96f4147>
- NationalGeographic. (2020). *NationalGeographic*. Ανάκτηση από Google:
<https://www.nationalgeographic.com/magazine/2019/04/see-sustainable-future-city-designed-for-people-and-nature/>
- Nations, U. (2015, Σεπτέμβριος). *Hellenic Platform*. Ανάκτηση από
<http://hellenicplatform.org/oi-17-stoxoi/>
- NEUPANE, P. (2020). *A Conceptual Framework of Facility Management with AI for Sustainable Smart City*. Seoul: International School of Urban Sciences.
- Panasonic. (2017). *DenverChamber*. Ανάκτηση από <https://denverchamber.org/wp-content/uploads/2018/05/Panasonic-Connected-Vehicle-DMCC.pdf>
- Parks, D. (2018). *How Smart City Ideas Reshape Urban Environmental Governance*. Linköping Σουηδία: Πανεπιστήμιο Linköping.
- pngEgg*. (2020). Ανάκτηση από <https://www.pngegg.com/en/png-nbfhl>
- Puruan. (2018, Ιουλίου Δευτέρα). *depositphotos*. Ανάκτηση από
https://gr.depositphotos.com/206210644/stock-illustration-group-people-vehicle-car-sharing.html?utm_medium=affiliate&utm_source=widget&utm_campaign=sp.depositphotos.com&utm_term=4&utm_content=33083
- RENUKA, R. C. (2016, Δεκέμβριος Δευτέρα). *BEST OUT OF WASTE: A PROTOTYPE SOFTWARE SOLUTION USING MATLAB -GUI*. Ανάκτηση από Google:
http://www.ijraj.in/journal/journal_file/journal_pdf/14-322-148489297617-25.pdf
- Saber Talari, M. S.-k. (2017, Μάρτιος Πέμπτη). A Review of Smart Cities Based on the Internet of. *Energies*, σσ. 1-3.
- Saskia Sassen, E. W. (2010, Δεκέμβριος Παρασκευή). *Theory, Culture & Society*. Ανάκτηση από Google: <https://www.theoryculturesociety.org/blog/interviews-ryan-bishop-megacities-violence-tcs-special-section>
- Sensoneo. (2020). *Sensoneo*. Ανάκτηση από Google: <https://sensoneo.com/>
- Sensoneo. (2021). Ανάκτηση από <https://sensoneo.com/>

- Slator, S. (2020, Απρίλιος Πέμπτη). *FundCalibre*. Ανάκτηση 2020, από <https://www.fundcalibre.com/artificial-intelligence-making-the-most-of-lockdown>
- SSCT2021. (2021, Απρίλιος). *Sustainable Smart Cities and Territories International Conference*. Ανάκτηση από Google: <https://ssctic.net/>
- TheUrbanDeveloper. (2017, Νοέμβριος Τρίτη). *Yarrabend*. Ανάκτηση από <https://yarrabend.com.au/news/melbournes-tesla-town-mini-suburb-reports-major>
- unknown. (2020). *zinco-greenroof*. Ανάκτηση από <https://zinco-greenroof.com/systems/urban-climate-roof>
- unknown. (χ.χ.). *BiSmart*. Ανάκτηση από Google: <https://blog.bismart.com/en/top-smart-cities-around-world>
- unknown. (χ.χ.). *javaTpoint*. Ανάκτηση από <https://www.javatpoint.com/reasoning-in-artificial-intelligence>
- unknown. (χ.χ.). *tutorialspoints*. Ανάκτηση από google: https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_fuzzy_logic_systems.htm
- Venugopal, A. (2020, Νοεμβρίου Παρασκευή). *CivilDigital*. Ανάκτηση από Google: <https://civildigital.com/20-applications-artificial-intelligence-in-civil-engineering-construction/>
- Vu Do Dung, G. K. (2017, Οκτώμβριος). *ResearchGate*. Ανάκτηση από Google: https://www.researchgate.net/publication/320508775_A_Waste_City_Management_System_for_Smart_Cities_Applications
- Walker, J. (2019, Ιανουάριος Σάββατο). *emerj*. Ανάκτηση από google: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/smart-city-artificial-intelligence-applications-trends/>
- Yang, X.-S. (2021). ScienceDirect. *Nature-Inspired Optimization Algorithms (Second Edition)*. Ανάκτηση από Google: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/firefly-algorithm>
- Αγγελίδης, Μ. &. (2019). *Έξυπνες και πράσινες πόλεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση*. Ανάκτηση από Academia: https://www.academia.edu/40768339/%CE%88%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B5%CF%82_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%B5%CF%82_%CF%80%CF%8C%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%82_%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD_%CE%95%CF%85%CF%81%CF%89%CF%80%CE%B1%CF%8A%CE%BA
- Γεωργιοπούλου, Τ. (2017, Ιούλιος Πέμπτη). *Kathimerini*. Ανάκτηση από Google: <https://www.kathimerini.gr/society/919138/poioi-dimoi-tis-attikis-prosferoyn-perissotera/>
- Ομάδα, Δ. (2018, Νοέμβριος Παρασκευή). *XaidariShmera*. Ανάκτηση από Google: <https://xaidarisimera.gr/113-gonies-anakyklosis-sto-aigaleo/>

Σχοινά, Α. (2020, Νοεμβρίου Παρασκευή). *Liberal*. Ανάκτηση από Google:
<https://www.liberal.gr/economy/machi-giganton-gia-ton-thisauro-ton-640-ekat-pou-krubetai-sta-skoupidia-tis-attikis/334118>