

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ &
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

«Εφαρμογές IoT στην Έξυπνη Κινητικότητα»

Πτυχιακή Εργασία για το Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΣΤΗΘΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Επ. Καθ. Χαράλαμπος Αλεξόπουλος

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:

Καθ. Χαραλαμπίδης Ιωάννης, Επ. Καθ. Διαμαντοπούλου Βασιλική

ΜΑΡΤΙΟΣ 2025

ΣΑΜΟΣ

«Εφαρμογές IoT στην Έξυπνη Κινητικότητα»

13/3/2025

Πτυχιακή Εργασία για το Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Συγγραφέας: Αστήθας Ιωάννης

Επιβλέπων : Επ. Καθ. Χαράλαμπος Αλεξόπουλος

ΣΑΜΟΣ

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	1
Abstract	2
Εισαγωγή.....	3
1. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	4
1.1. Ορισμός της ευφυούς κινητικότητας	4
1.1.1. Έξυπνη Κινητικότητα και Βιώσιμες Πόλεις.....	7
1.2. Η τρέχουσα κατάσταση σε Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο	8
1.2.1. Κοινόχρηστες Υπηρεσίες Μεταφορών και Καινοτόμα Επιχειρηματικά Μοντέλα	8
1.2.2. Ψηφιακές Τεχνολογίες και Δημόσιες Συγκοινωνίες	9
1.2.3. Αυτόνομα και Διασυνδεδεμένα Οχήματα.....	9
1.2.4. Drones και Νέες Εφαρμογές στην Αστική Κινητικότητα	10
1.2.5. Συμπέρασμα	10
1.3. Ευφυής κινητικότητα στις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	10
1.3.1. Τεχνολογικές Καινοτομίες και Μεταφορές	11
1.3.2. Πολιτικές και Χρηματοδότηση για την Αυτοματοποιημένη Κινητικότητα	11
1.3.3. Νέες Μορφές Κινητικότητας και Κανονιστικό Πλαίσιο.....	11
1.4. Ευφυής κινητικότητα στις πολιτικές σε χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	12
1.4.1. Αυτοματοποιημένα Οχήματα: Οι Πρωτοπόροι της Τεχνολογίας	12
1.4.2. Η Άνοδος των Κοινών Υπηρεσιών Κινητικότητας	13
1.4.3. Κοινή Χρήση Αυτοκινήτων.....	13
1.5. Σύνοψη	14
2. Μεθοδολογία	16
2.1. Βιβλιογραφική Έρευνα	16
2.2. Ανάλυση Υπαρχουσών Λύσεων	16
2.2.1. Ανάλυση χαρακτηριστικών.....	16
2.2.2. Οικονομική ανάλυση	17
2.2.3. Ανάλυση βιωσιμότητας.....	17
2.2.4. Δείκτες Μέτρησης για την Ανάλυση των Συστημάτων Έξυπνης Κινητικότητας	18
3. Λύσεις ευφυούς κινητικότητας.....	20
3.1. Road surface monitoring with connected vehicle data	20
3.1.1. Πρόβλημα.....	20
3.1.2. Σκοπός.....	20
3.1.3. Προσέγγιση.....	21
3.1.4. Αποτέλεσμα.....	21

3.2.	PwC Mobility Platform.....	21
3.2.1.	Πρόβλημα.....	21
3.2.2.	Σκοπός.....	22
3.2.3.	Προσέγγιση.....	22
3.2.4.	Αποτέλεσμα.....	23
3.3.	Paradox Engineering Smart Parking Solution for Heavy-Good Vehicle (HGV) and Coach Detection	23
3.3.1.	Περίληψη Λύσης.....	23
3.3.2.	Πρόβλημα.....	23
3.3.3.	Σκοπός.....	24
3.3.4.	Προσέγγιση.....	24
3.3.5.	Αποτέλεσμα.....	24
3.4.	Noise Radar - Reduce noise pollution by targeting emergencies linked to inappropriate behavior	25
3.4.1.	Περίληψη Λύσης.....	25
3.4.2.	Πρόβλημα.....	25
3.4.3.	Σκοπός.....	25
3.4.4.	Προσέγγιση.....	26
3.4.5.	Αποτέλεσμα.....	26
3.5.	Exelerate Smart Traffic	26
3.5.1.	Περίληψη Λύσης.....	26
3.5.2.	Πρόβλημα.....	27
3.5.3.	Σκοπός.....	27
3.5.4.	Προσέγγιση.....	27
3.5.5.	Κόστη.....	28
3.5.6.	Αποτέλεσμα.....	28
3.6.	Smart Digital Parking	28
3.6.1.	Περίληψη Λύσης.....	28
3.6.2.	Πρόβλημα.....	29
3.6.3.	Σκοπός.....	29
3.6.4.	Προσέγγιση.....	29
3.7.	Smart Public Transport	29
3.7.1.	Πρόβλημα.....	29
3.7.2.	Σκοπός.....	30
3.7.3.	Προσέγγιση.....	30
3.8.	Rail Crossing Prediction	30
3.8.1.	Περίληψη Λύσης.....	30
3.8.2.	Πρόβλημα.....	31
3.8.3.	Σκοπός.....	31
3.8.4.	Προσέγγιση.....	31
3.9.	Εφαρμογές έξυπνης κινητικότητας στη Νέα Υόρκη	31
3.10.	Ευφυές Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης	32
3.10.1.	Υπηρεσίες Εύρεσης Βέλτιστης Διαδρομής	33
3.10.2.	Υπηρεσίες Πληροφόρησης Μετακινούμενου.....	33

3.10.3.Υπηρεσίες Ευαισθητοποίησης – Προώθησης της Αστικής Κινητικότητας	34
3.11. Compass4D	34
3.11.1.Βασικοί Στόχοι	34
3.11.2.Υπηρεσίες που Αναπτύχθηκαν	34
3.11.3.Περιοχές Πιλοτικής Εφαρμογής.....	35
3.11.4.Τεχνολογίες	35
3.11.5.Αποτελέσματα	35
3.11.6.Διαχρονική Σημασία.....	36
3.12. SocialCar.....	36
3.12.1.Αποτελέσματα	36
3.13. VRUITS	36
3.13.1.Αποτελέσματα	37
3.14. 2MOVE2	37
3.14.1.Αποτελέσματα	37
3.15. InDeV	37
3.15.1.Αποτελέσματα	38
3.16. XCYCLE	38
3.16.1.Αποτελέσματα	38
3.17. EMPOWER.....	38
3.17.1.Αποτελέσματα	39
3.18. FLOW	39
3.18.1.Αποτελέσματα	39
3.19. VitalNodes.....	39
3.19.1.Αποτελέσματα	40
3.20. SMARTFUSION.....	40
3.20.1.Αποτελέσματα	40
3.21. OPTICITIES.....	40
3.21.1.Αποτελέσματα	41
3.22. BUSUP	41
3.22.1.Αποτελέσματα	41
4. Κατηγοριοποίηση και Ανάλυση Λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας.....	42
4.1. Κατηγοριοποίηση Λύσεων.....	45
4.2. Ανάλυση λειτουργικών χαρακτηριστικών	46
4.3. Οικονομική ανάλυση.....	51
4.4. Ανάλυση βιωσιμότητας	54
4.5. Ανάλυση των Βασικών Τεχνολογιών και Τύπων Αισθητήρων στην Έξυπνη Κινητικότητα	57
4.5.1. Κατηγορίες τεχνολογιών στον τομέα της έξυπνης κινητικότητας	58
4.5.2. Κύριοι Τύποι Αισθητήρων στην Έξυπνη Κινητικότητα	59
4.6. Σύνοψη	61

5.	Επισκόπηση της εξέλιξης της έξυπνης κινητικότητας σε παγκόσμιο επίπεδο	62
5.1.	Βασικές Τάσεις στην Αγορά Έξυπνης Κινητικότητας.....	62
5.2.	Αυξημένη Αστικοποίηση και Πληθυσμιακή Αύξηση	63
5.3.	Τεχνολογικές Εξελίξεις.....	64
5.4.	Κυβερνητικές Πρωτοβουλίες και Πολιτικές.....	64
5.5.	Τεχνολογικές Λύσεις στην Αγορά Έξυπνης Κινητικότητας	65
5.6.	Εφαρμογές της Έξυπνης Κινητικότητας στις Μεταφορές.....	66
5.7.	Προφίλ Τελικών Χρηστών της Έξυπνης Κινητικότητας.....	67
5.8.	Τεχνολογικές Καινοτομίες στην Έξυπνη Κινητικότητα	67
5.8.1.	Μελέτη Περίπτωσης: Dubai Blockchain Mobility Initiative (DBMI)	68
5.9.	Συμβολή της Έξυπνης Κινητικότητας στην Περιφερειακή Οικονομική Ανάπτυξη.....	69
5.10.	Ανταγωνισμός και Κύριοι Συντελεστές της Αγοράς	70
5.11.	Εξελίξεις στον Κλάδο της Έξυπνης Κινητικότητας.....	71
5.12.	Υιοθέτηση Λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας μέσω IoT σε Παγκόσμιο Επίπεδο	73
5.12.1.	Ενδεικτικά παραδείγματα υιοθέτησης:	73
5.13.	Εμπόδια στην Εφαρμογή των Λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας.....	73
5.14.	Κύριες Προκλήσεις της Έξυπνης Κινητικότητας.....	74
5.15.	Συμπέρασμα.....	74
6.	Προκλήσεις και Εμπόδια στην Ευρεία Εφαρμογή της Ευφυούς Κινητικότητας	75
6.1.	Τεχνολογικές Προκλήσεις	75
6.1.1.	Διαλειτουργικότητα και Ενσωμάτωση Υφιστάμενων Συστημάτων.....	75
6.1.2.	Ασφάλεια και Προστασία Δεδομένων	75
6.1.3.	Κόστος Υλοποίησης και Υποδομές.....	75
6.2.	Οικονομικοί και Θεσμικοί Περιορισμοί.....	75
6.2.1.	Έλλειψη Χρηματοδότησης.....	75
6.2.2.	Ρυθμιστικά Εμπόδια και Νομοθεσία	75
6.2.3.	Επιχειρηματικά Μοντέλα και Βιωσιμότητα.....	76
6.3.	Κοινωνικές και Περιβαλλοντικές Προκλήσεις.....	76
6.3.1.	Αντίσταση των Πολιτών στην Αλλαγή	76
6.3.2.	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Παραγωγής Τεχνολογιών	76
6.3.3.	Αστικές και Χωροταξικές Ανισότητες	76
6.4.	Προοπτικές και Μελλοντικές Κατευθύνσεις.....	76
6.4.1.	Συνεργασία Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα	76
6.4.2.	Ανάπτυξη Ρυθμιστικών Πλαισίων.....	76
6.4.3.	Έμφαση στην Εκπαίδευση και Ευαισθητοποίηση	77
6.5.	City smart twins και έξυπνη κινητικότητα	77

6.5.1. Η Χρήση Open Data για την Εκπαίδευση Μοντέλων σε Smart City Digital Twins.....	79
6.5.2. Εκπαίδευση Μοντέλων μέσω Open Data.....	80
6.5.3. Παραδείγματα Εφαρμογής Open Data σε Smart City Digital Twins	80
7. Συμπεράσματα	82
Βιβλιογραφία	84

Ευρετήριο εικόνων & διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.	Η τάση της παγκόσμιας αγοράς έξυπνης κινητικότητας	63
Διάγραμμα 2.	Η εξέλιξη της αγοράς έξυπνης κινητικότητας ανά κατηγορία λύσεων.....	66
Διάγραμμα 3.	Η εξέλιξη της αγοράς έξυπνης κινητικότητας ανά ήπειρο.	70
Εικόνα 1.	Διαφορετικά μοντέλα (digital twins) πόλεων	77

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1.	Ορισμοί της έξυπνης κινητικότητας από ερευνητές	5
Πίνακας 2.	Συγκεντρωτικός πίνακας λύσεων με περιγραφή, τεχνολογίες και βασικά χαρακτηριστικά	43
Πίνακας 3.	Συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας.....	45
Πίνακας 4.	Συστήματα διαχείρισης στάθμευσης	45
Πίνακας 5.	Διαχείριση κυκλοφοριακών συνθηκών	45
Πίνακας 6.	Συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης του οδοστρώματος	45
Πίνακας 7.	Λύσεις κοινής χρήσης πόρων.....	46
Πίνακας 8.	Βαθμονόμηση των λύσεων ανά δείκτη Ανάλυσης λειτουργικών χαρακτηριστικών	47
Πίνακας 9.	Βαθμονόμηση των λύσεων ανά δείκτη Οικονομικής ανάλυσης.....	52
Πίνακας 10.	Βαθμονόμηση των λύσεων ανά δείκτη Ανάλυσης βιωσιμότητας	55
Πίνακας 11.	Σύνοψη των κυριότερων δεδομένων σχετικά με την αγορά έξυπνης κινητικότητας σε παγκόσμιο επίπεδο.....	72

Περίληψη

Η εργασία εξετάζει τη χρήση των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στον τομέα της Έξυπνης Κινητικότητας (Smart Mobility), αναλύοντας τον τρόπο με τον οποίο οι ψηφιακές τεχνολογίες βελτιώνουν την αποδοτικότητα των μεταφορών, μειώνουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και προωθούν βιώσιμες λύσεις κινητικότητας. Μέσω μιας συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης και ανάλυσης υπάρχουσών λύσεων, η μελέτη κατηγοριοποιεί τις εφαρμογές έξυπνης κινητικότητας και τις αξιολογεί βάσει τριών βασικών κριτηρίων: Feature Analysis, Economic Analysis και Sustainability Analysis.

Το Feature Analysis εστιάζει στα τεχνικά χαρακτηριστικά των λύσεων, όπως οι αισθητήρες, η ακρίβεια δεδομένων, η ταχύτητα απόκρισης και η συμβατότητα με άλλα συστήματα. Το Economic Analysis αξιολογεί το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, την εξοικονόμηση πόρων και τον χρόνο απόσβεσης των επενδύσεων. Τέλος, το Sustainability Analysis εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των λύσεων, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης των εκπομπών CO₂, της εξοικονόμησης ενέργειας και της ανακυκλωσιμότητας των υλικών.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η υιοθέτηση IoT τεχνολογιών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη λειτουργικότητα και τη βιωσιμότητα των συστημάτων μεταφορών. Ωστόσο, οι προκλήσεις, όπως η διαλειτουργικότητα και η εναρμόνιση με υπάρχουσες υποδομές, απαιτούν περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη. Συμπερασματικά, η έξυπνη κινητικότητα αποτελεί βασικό συστατικό της αστικής βιωσιμότητας, με τις τεχνολογίες IoT να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία πιο αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών μεταφορικών λύσεων.

Λέξεις-Κλειδιά: Έξυπνη Κινητικότητα (Smart Mobility) , Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), Βιώσιμες Μεταφορές, Ανάλυση Δεδομένων (Big Data & AI), Διαλειτουργικότητα Συστημάτων, Αστική Βιωσιμότητα

Abstract

This study explores the application of Internet of Things (IoT) technologies in the field of Smart Mobility, analyzing how digital innovations enhance transportation efficiency, reduce traffic congestion, and promote sustainable mobility solutions. Through a systematic literature review and analysis of existing solutions, the study categorizes smart mobility applications and evaluates them based on three key criteria: Feature Analysis, Economic Analysis, and Sustainability Analysis.

The Feature Analysis focuses on the technical characteristics of smart mobility solutions, such as sensor types, data accuracy, response speed, and system interoperability. The Economic Analysis assesses installation and operational costs, resource savings, and investment payback periods. Finally, the Sustainability Analysis examines the environmental impact of the solutions, including CO2 emissions reduction, energy efficiency, and material recyclability.

The findings indicate that adopting IoT technologies in transportation can significantly enhance functionality and sustainability. However, challenges such as interoperability and integration with existing infrastructure require further research and development. In conclusion, smart mobility is a key component of urban sustainability, with IoT technologies playing a critical role in shaping more efficient and environmentally friendly transportation systems.

Keywords: Smart Mobility, Internet of Things (IoT), Sustainable Transportation, Big Data & AI in Mobility, System Interoperability, Urban Sustainability

Εισαγωγή

Η εποχή που διανύουμε χαρακτηρίζεται από την ταχύτατη ανάπτυξη των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών, οι οποίες μετασχηματίζουν τις υποδομές και τις υπηρεσίες που υποστηρίζουν την καθημερινότητά μας. Μία από τις πιο σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις αυτής της εποχής είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), το οποίο επιτρέπει τη σύνδεση φυσικών συσκευών, οχημάτων, κτιρίων και άλλων αντικειμένων καθημερινής χρήσης μέσω του Διαδικτύου. Αυτές οι διασυνδεδεμένες συσκευές έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα, συμβάλλοντας στη δημιουργία πιο έξυπνων, αποδοτικών και αυτοματοποιημένων συστημάτων. Ένα από τα πιο δυναμικά πεδία εφαρμογής του IoT είναι ο τομέας της Έξυπνης Κινητικότητας (Smart Mobility), ο οποίος επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση των μετακινήσεων και των συστημάτων μεταφορών.

Η Έξυπνη Κινητικότητα αφορά την ενσωμάτωση της τεχνολογίας για τη δημιουργία ενός πιο αποδοτικού, βιώσιμου και εύχρηστου συστήματος μετακινήσεων. Η χρήση του IoT στον τομέα αυτόν καθιστά τις μεταφορές όχι μόνο πιο ασφαλείς και αποτελεσματικές, αλλά συμβάλλει επίσης στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, παρέχοντας λύσεις που είναι τόσο φιλικές προς το περιβάλλον όσο και προς τον χρήστη. Μέσα από αυτή τη συνεργασία της τεχνολογίας με τις υποδομές των μεταφορών, εισάγεται η έννοια των έξυπνων πόλεων (Smart Cities), όπου η αλληλεπίδραση των διασυνδεδεμένων συστημάτων καθοδηγεί τον σχεδιασμό των βιώσιμων αστικών περιβαλλόντων.

Η έξυπνη κινητικότητα αποτελεί ένα κρίσιμο πεδίο εφαρμογής των σύγχρονων τεχνολογιών και ιδιαίτερα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Ο στόχος της είναι η βελτίωση της αποδοτικότητας των μεταφορών, η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και η προώθηση βιώσιμων λύσεων κινητικότητας. Μέσω της υιοθέτησης προηγμένων τεχνολογιών, όπως η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (Big Data), η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και οι έξυπνοι αισθητήρες, οι πόλεις επιδιώκουν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής των πολιτών και να καταστήσουν τις μεταφορές πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να εξετάσει τη χρήση του IoT στον τομέα της Έξυπνης Κινητικότητας, αναλύοντας τις βασικές εφαρμογές και τα οφέλη που προσφέρει η τεχνολογία αυτή. Αρχικά, θα αναλυθούν οι βασικές έννοιες του IoT και η συμβολή του στον ψηφιακό μετασχηματισμό των μεταφορών. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι κύριες εφαρμογές του IoT στην Έξυπνη Κινητικότητα, όπως τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, η έξυπνη στάθμευση, οι διασυνδεδεμένοι στόλοι οχημάτων, και τα αυτόνομα οχήματα. Τέλος, θα εξεταστούν οι επιπτώσεις αυτών των τεχνολογιών στην ασφάλεια, τη βιωσιμότητα και την οικονομική απόδοση των συστημάτων μεταφορών.

Η εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει αυτές τις καινοτόμες λύσεις και να αξιολογήσει τον αντίκτυπό τους στην κοινωνία και το περιβάλλον, εξετάζοντας παράλληλα τις προκλήσεις και τις προοπτικές που παρουσιάζει η ευρεία υιοθέτηση του IoT στην Έξυπνη Κινητικότητα.

1. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η έννοια της "Ευφυούς Κινητικότητας" (Smart Mobility) αναφέρεται στη χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ολοκληρωμένων λύσεων μεταφοράς, με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας, της ασφάλειας και της βιωσιμότητας των μετακινήσεων. Αυτές οι λύσεις περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση διαφόρων μέσων μεταφοράς, την αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την προώθηση εναλλακτικών μορφών μετακίνησης, όπως η ποδηλασία και η πεζοπορία (Müller-Eie & Kosmidis, 2023).

Τα τελευταία πέντε χρόνια, η Ευφυής Κινητικότητα έχει γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη, κυρίως λόγω της αυξανόμενης ανάγκης για βιώσιμες και αποδοτικές λύσεις μεταφοράς στις αστικές περιοχές. Η αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις και τα συνακόλουθα προβλήματα, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η ρύπανση, έχουν οδηγήσει στην αναζήτηση καινοτόμων προσεγγίσεων για τη διαχείριση των μετακινήσεων.

Παράλληλα, οι πόλεις επενδύουν σε "έξυπνες" υποδομές, όπως συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας που χρησιμοποιούν αισθητήρες και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τη βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την προσαρμογή των φωτεινών σηματοδοτών ανάλογα με τις συνθήκες, μειώνοντας τις καθυστερήσεις και βελτιώνοντας την ασφάλεια.

Επιπλέον, οι πλατφόρμες κοινής χρήσης οχημάτων (car-sharing) και ποδηλάτων (bike-sharing) έχουν γίνει δημοφιλείς, προσφέροντας ευέλικτες επιλογές μετακίνησης και μειώνοντας την ανάγκη για ιδιόκτητα οχήματα. Αυτές οι υπηρεσίες, σε συνδυασμό με εφαρμογές που παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τα δρομολόγια των δημόσιων συγκοινωνιών, διευκολύνουν τους πολίτες να επιλέγουν τον βέλτιστο τρόπο μετακίνησης ανάλογα με τις ανάγκες τους (Finckh & Blatz, 2023).

Στην Ελλάδα, πόλεις όπως η Θεσσαλονίκη έχουν υιοθετήσει πρωτοβουλίες Ευφυούς Κινητικότητας, αξιοποιώντας τις ΤΠΕ για τη βελτίωση των μεταφορών και της ποιότητας ζωής των πολιτών (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2024).

Συνολικά, η Ευφυής Κινητικότητα αποτελεί έναν δυναμικό τομέα που συνεχώς εξελίσσεται, με στόχο τη δημιουργία βιώσιμων, αποδοτικών και ασφαλών συστημάτων μεταφοράς που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες των αστικών κέντρων.

1.1. Ορισμός της ευφυούς κινητικότητας

Η ραγδαία αύξηση των αστικών πληθυσμών, σε συνδυασμό με τις υψηλές απαιτήσεις για ποιότητα ζωής, έχει δημιουργήσει την ανάγκη για βελτιώσεις σε όλους τους τομείς των υποδομών και των συστημάτων των πόλεων (Syed et al., 2021). Η αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις οδηγεί σε προβλήματα, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η ρύπανση. Ωστόσο, η αστική κινητικότητα μπορεί να μετατραπεί από ένα σημαντικό πρόβλημα σε έναν παράγοντα βελτίωσης και μετασχηματισμού των σύγχρονων πόλεων (Longo et al., 2019).

Για να είναι αποτελεσματικός αυτός ο μετασχηματισμός, η πόλη πρέπει να διαθέτει ένα μακροπρόθεσμο όραμα, το οποίο συνήθως εκφράζεται μέσα από ένα Σχέδιο Αστικής Κινητικότητας. Αυτό διασφαλίζει ότι οι έξυπνες λύσεις θα αποδώσουν τα μέγιστα. Ο σχεδιασμός της αστικής κινητικότητας πρέπει πλέον να εστιάζει στην προώθηση ασφαλέστερων, πιο ολοκληρωμένων και, κυρίως, βιώσιμων μέσων μεταφοράς (Garau et al., 2016).

Ο σχεδιασμός των μεταφορών έχει εξελιχθεί σημαντικά με την ανάπτυξη των μεγάλων πόλεων και τις αλλαγές στη χρήση γης, οδηγώντας στην υιοθέτηση νέων λύσεων κινητικότητας που διευκολύνουν την πρόσβαση σε όλες τις περιοχές μιας πόλης (Syed et al., 2021). Οι ευφυείς λύσεις κινητικότητας προσφέρουν στους πολίτες περισσότερες επιλογές μεταφοράς και πιο ευέλικτα και οικονομικά ταξίδια, μειώνοντας παράλληλα την εξάρτηση από τα ιδιωτικά οχήματα και προωθώντας την ενεργειακά αποδοτική κινητικότητα (Yigitcanlar et al., 2019).

Δεδομένου ότι οι μεταφορές ευθύνονται για το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στις πόλεις, οι επενδύσεις σε ευφυή συστήματα μεταφορών φαίνεται να έχουν θετικά αποτελέσματα στη μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου και στην εξοικονόμηση ενέργειας (Chen et al., 2017). Για αυτόν τον λόγο, πολλές μελέτες στον τομέα της έξυπνης κινητικότητας επικεντρώνονται στη βιωσιμότητα (Noy & Givoni, 2018).

Η μετάβαση προς τις έξυπνες μεταφορές εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κυβερνήσεις, οι οποίες πρέπει να υιοθετήσουν μια προορατική στάση και να επενδύσουν σε βιώσιμες λύσεις που προάγουν την ενεργειακή αποδοτικότητα (Chen et al., 2017). Ωστόσο, όπως συμβαίνει με κάθε κοινωνικο-τεχνική αλλαγή, είναι κρίσιμο να απαντηθούν ερωτήματα σχετικά με τη διαχείριση της μετάβασης προς την έξυπνη κινητικότητα, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο θα ρυθμιστούν τα οφέλη και οι πιθανές αρνητικές συνέπειες αυτής της αλλαγής (Vecchio et al., 2021).

Μέσα σε αυτό το σύνθετο περιβάλλον, η διαχείριση της κινητικότητας από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς απαιτεί την υιοθέτηση έξυπνων και δυναμικών προσεγγίσεων λήψης αποφάσεων, ικανών να προσαρμόζονται σε πραγματικό χρόνο (Vecchio et al., 2021). Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν διοικητικά εμπόδια, ακατάλληλες πολιτικές διακυβέρνησης και ανεπαρκή θεσμική στήριξη για νέες πρωτοβουλίες. Οι αποφάσεις των αρμόδιων φορέων πρέπει να βασίζονται σε δεδομένα, ευφυείς υπηρεσίες και ενεργειακές εκτιμήσεις, ενώ είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαίτερες συνθήκες κάθε πόλης ώστε να εφαρμοστούν οι καταλληλότερες λύσεις για πιο έξυπνη κινητικότητα (Hajjaji et al., 2021).

Λόγω της πολυπλοκότητας του ζητήματος, είναι δύσκολο για τους ερευνητές να διαμορφώσουν έναν ενιαίο ορισμό για την ευφυή κινητικότητα (Lyons, 2018). Αν και η έννοια της έξυπνης κινητικότητας συζητείται όλο και περισσότερο, δεν υπάρχει ακόμη κοινά αποδεκτός ορισμός μεταξύ των ερευνητών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ορισμοί της έξυπνης κινητικότητας από ερευνητές.

Η ευφυής κινητικότητα αποτελεί έναν βασικό τομέα μιας έξυπνης πόλης, που περιλαμβάνει όχι μόνο τη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών, αλλά και τη διακίνηση πληροφοριών μέσω ψηφιακών μέσων.
--

Αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που στοχεύει στη βελτίωση της βιωσιμότητας του δικτύου μεταφορών, συνδυάζοντας την τεχνολογία με κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Μέσω ολοκληρωμένων πλατφορμών, οι πολίτες αποκτούν πρόσβαση σε υπηρεσίες μεταφοράς, οι οποίες βασίζονται στην ανάλυση δεδομένων για την πρόβλεψη της ζήτησης. Η υποδομή οφείλει να είναι «έξυπνη», με βιώσιμα και συνδεδεμένα οχήματα.

Η ευφυής κινητικότητα συνδέεται με την ενοποίηση βιώσιμων, έξυπνων και συνεργατικών τεχνολογιών οχημάτων, που λειτουργούν σε συνδυασμό με διακομιστές cloud και δίκτυα βασισμένα σε μεγάλα δεδομένα. Επιπλέον, αφορά τη δημιουργία ενός ασφαλούς και βιώσιμου περιβάλλοντος που ανταποκρίνεται στις ανάγκες κινητικότητας των πολιτών, ενσωματώνοντας έξυπνα συστήματα που παρέχουν πληροφορίες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο.

Η έννοια της έξυπνης κινητικότητας σχετίζεται άμεσα με τη χρήση τεχνολογιών επικοινωνίας και πληροφορικής, προωθώντας την προσβασιμότητα και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής. Περιλαμβάνει την εφαρμογή καινοτόμων λύσεων που συνδυάζουν τη συμπεριφορική οικονομία, τη συμμετοχή των πολιτών και το crowdsourcing, στοχεύοντας σε πιο αποδοτική κατανάλωση ενέργειας στις μετακινήσεις μέσα στην πόλη. Παράλληλα, οι ψηφιακές τεχνολογίες συμβάλλουν στην προσβασιμότητα και τη βελτίωση των υπηρεσιών κινητικότητας για όλους τους πολίτες.

Από τις παραπάνω έννοιες, προκύπτει ότι η έξυπνη κινητικότητα βασίζεται στη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για την ενοποίηση συστημάτων και μέσων μεταφοράς, τα οποία αλληλεπιδρούν με τους χρήστες, δημιουργώντας ένα βιώσιμο, ασφαλές και προσβάσιμο περιβάλλον μετακινήσεων.

- Μέσα από βιβλιογραφική έρευνα, εντοπίστηκαν οι εξής βασικοί παράγοντες που μπορούν να ενισχύσουν την ευφυή κινητικότητα:
- Σχέδια αστικής κινητικότητας
- Δημόσιες πολιτικές
- Δυναμική επέκτασης της πόλης
- Κοινή χρήση ποδηλάτων και οχημάτων (ποδήλατα, σκούτερ, συστήματα κοινής χρήσης αυτοκινήτων)
- Εναλλακτικές μορφές μεταφοράς
- Τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ)
- Συλλογή και ανάλυση δεδομένων
- Έξυπνοι φωτεινοί σηματοδότες
- Έξυπνη στάθμευση
- Ευέλικτες μέθοδοι πληρωμής μετακινήσεων
- Κυβερνοασφάλεια

- Τεχνολογική καινοτομία
- Ενοποίηση έξυπνων υποδομών με «έξυπνα» κτίρια
- Παροχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο
- Ανοιχτά δεδομένα
- Περιβαλλοντικά φιλικές πολιτικές
- Βελτίωση προσβασιμότητας και βατότητας
- Ενίσχυση της ασφάλειας
- Υλικοτεχνικές λύσεις
- Συνεργασία μεταξύ ενδιαφερόμενων φορέων
- Συνεχής αναβάθμιση υποδομών μεταφορών
- Συστήματα συντήρησης, εντοπισμού τροχαίων ατυχημάτων και υποστήριξης

1.1.1. Έξυπνη Κινητικότητα και Βιώσιμες Πόλεις

Η έξυπνη κινητικότητα αποτελεί ολοένα και πιο συχνό θέμα στις ατζέντες βιωσιμότητας, καθώς δίνει απαντήσεις στις επιπτώσεις των συστημάτων μεταφορών στις πόλεις. Η έννοια αυτή προέκυψε κυρίως από τη σύγκλιση της ψηφιακής επανάστασης με τον τομέα των μεταφορών, οδηγώντας στη χρήση νέων τεχνολογιών για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των δικτύων μεταφορών, ιδιαίτερα μέσω της πληροφορικής και των επικοινωνιών.

Στη βιβλιογραφία, η έξυπνη κινητικότητα συσχετίζεται στενά με τις έξυπνες πόλεις και θεωρείται βασικός παράγοντας ενίσχυσης της ευφυΐας των αστικών κέντρων. Παρόλο που η ορολογία «έξυπνη πόλη» χρησιμοποιείται ευρέως στον ακαδημαϊκό χώρο, δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία ως προς τον ακριβή ορισμό της. Σύμφωνα με τον Guedes και συνεργάτες, η σύγχρονη και περιεκτική προσέγγιση μιας έξυπνης πόλης βασίζεται στην καινοτομία, συνδυάζοντας την ευφυΐα και τη βιωσιμότητα μέσα από μια διακυβέρνηση που ενσωματώνει την τεχνολογία και τις ανάγκες των πολιτών.

Η εφαρμογή της έννοιας των έξυπνων πόλεων μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση των αρνητικών συνεπειών της ταχείας αστικοποίησης, καθώς επιτρέπει τη βελτίωση των λειτουργιών και της δυναμικής των πόλεων. Η ανάπτυξη και διάδοση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών έχει καταστήσει δυνατή την υιοθέτηση καινοτομιών που σχετίζονται με τις έξυπνες πόλεις, με τις κυβερνήσεις να επενδύουν σε συστήματα τεχνολογίας, όπως εφαρμογές για πολίτες, συστήματα παρακολούθησης και αισθητήρες.

Στον τομέα της αστικής κινητικότητας, η χρήση ΤΠΕ έχει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση πιο βιώσιμων και αποτελεσματικών μεταφορών. Για παράδειγμα, οι διασυνδεδεμένες υπηρεσίες όπως η κοινή χρήση οχημάτων, ποδηλάτων, λεωφορείων και τρένων σε πραγματικό χρόνο ενισχύουν την πολυτροπικότητα στις μετακινήσεις. Η ανάγκη για πιο ευέλικτη και περιβαλλοντικά φιλική κινητικότητα, σε συνδυασμό με τις πιέσεις για μείωση των εκπομπών CO₂, έχει επιταχύνει την υιοθέτηση αυτών των νέων πρακτικών.

Η προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας είναι κεντρικός στόχος για τις έξυπνες πόλεις, καθώς η περιβαλλοντική προστασία αποτελεί βασικό άξονα των δημόσιων πολιτικών. Στο πλαίσιο της αστικής κινητικότητας, αυτό σημαίνει μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία χαμηλών εκπομπών και μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, είναι απαραίτητη η ενεργή συμμετοχή τόσο του κράτους όσο και της κοινωνίας των πολιτών, διασφαλίζοντας ότι οι μεταρρυθμίσεις στις μεταφορές θα έχουν θετικά αποτελέσματα για όλους.

Παρόλο που οι τεχνοκεντρικές προσεγγίσεις είναι οι πιο διαδεδομένες στη βιβλιογραφία, υπάρχει κίνδυνος να αγνοήσουν βασικές πτυχές της βιωσιμότητας. Επομένως, η ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων δεν πρέπει να περιορίζεται μόνο στη χρήση προηγμένων τεχνολογιών, αλλά να λαμβάνει υπόψη και τις τοπικές συνθήκες, τα φυσικά οικοσυστήματα και τη διαθεσιμότητα πόρων.

1.2. Η τρέχουσα κατάσταση σε Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο

Οι εξελίξεις στην ψηφιοποίηση και τις τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) διευκολύνουν τη λειτουργία κοινόχρηστων και κατ' απαίτηση υπηρεσιών κινητικότητας, αξιοποιώντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και αλγορίθμους μεγάλης κλίμακας. Παράλληλα, τα συστήματα μαζικών δημόσιων μεταφορών επωφελούνται από την εφαρμογή ψηφιακών λύσεων, βελτιώνοντας τη λειτουργία τους, τα συστήματα πληρωμών και την ενημέρωση των επιβατών.

Αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την ενοποίηση των νέων υπηρεσιών κινητικότητας με τα δημόσια μέσα μεταφοράς, ενισχύοντας την έννοια της κινητικότητας ως υπηρεσίας (MaaS). Το MaaS μπορεί να αποτελέσει μια πραγματική εναλλακτική στην ιδιοκτησία ιδιωτικών οχημάτων, μειώνοντας το συνολικό αριθμό των οχημάτων και την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Αυτό συνεπάγεται σημαντικά οφέλη, όπως λιγότερους ρύπους, λιγότερη ανάγκη για στάθμευση και χαμηλότερο κόστος μετακινήσεων.

Ταυτόχρονα, η αύξηση της χρήσης κοινόχρηστων οχημάτων μπορεί να επιταχύνει την υιοθέτηση καθαρότερων τεχνολογιών, όπως αυτόνομα, διασυνδεδεμένα και ηλεκτρικά οχήματα. Ειδικότερα, οι εξελίξεις στην ηλεκτρική κινητικότητα και η ενσωμάτωσή της σε έξυπνα ενεργειακά δίκτυα μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα του μεταφορικού συστήματος.

1.2.1. Κοινόχρηστες Υπηρεσίες Μεταφορών και Καινοτόμα Επιχειρηματικά Μοντέλα

Από το 2016, πάνω από 4 εκατομμύρια άνθρωποι στην Ευρώπη μοιράζονται περισσότερα από 60.000 κοινόχρηστα αυτοκίνητα. Οι υπηρεσίες αυτές διαφέρουν από τις παραδοσιακές ενοικιάσεις, καθώς προσφέρουν πρόσβαση σε όχημα σε περιοδική βάση μέσω διάφορων επιχειρηματικών μοντέλων, όπως τα μονής διαδρομής, peer-to-peer και κλασματικής ιδιοκτησίας. Αντίστοιχα συστήματα έχουν αναπτυχθεί και για ποδήλατα, σκούτερ και μοτοσυκλέτες, με τις υπηρεσίες κοινής χρήσης ποδηλάτων να γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς στις πόλεις.

Παράλληλα, το carpooling έχει γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη, ειδικά για επαναλαμβανόμενες ή μεγάλες διαδρομές. Ψηφιακές πλατφόρμες επιτρέπουν σε οδηγούς και επιβάτες να συντονίζονται εύκολα, προσφέροντας μια πιο οικονομική και οικολογική εναλλακτική. Επιπλέον, οι υπηρεσίες κοινής χρήσης επιβατών, όπου διαφορετικά άτομα μοιράζονται μια διαδρομή μεμονωμένα, κερδίζουν έδαφος, ενώ οι μεταφορές που ανταποκρίνονται στη ζήτηση (Demand-Responsive Transport - DRT) προσφέρουν πιο ευέλικτες επιλογές συγκοινωνιών, ιδιαίτερα σε περιοχές με χαμηλή επιβατική κίνηση.

Ωστόσο, οι υπηρεσίες αυτές αντιμετωπίζουν προκλήσεις λόγω ρυθμιστικών περιορισμών και αδειών λειτουργίας, ειδικά στην Ευρώπη, όπου η αγορά είναι κατακερματισμένη και μικρότερη σε σχέση με τις ΗΠΑ και την Κίνα.

1.2.2. Ψηφιακές Τεχνολογίες και Δημόσιες Συγκοινωνίες

Οι ψηφιακές λύσεις ήδη βελτιώνουν τη διαχείριση της κυκλοφορίας και την εξυπηρέτηση των επιβατών. Τεχνολογίες όπως τα έξυπνα φανάρια και τα αυτόματα συστήματα εντοπισμού οχημάτων βελτιστοποιούν τις διαδρομές, ενώ οι επιβάτες λαμβάνουν ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο μέσω εφαρμογών.

Επιπλέον, τα ηλεκτρονικά και ολοκληρωμένα εισιτήρια επιτρέπουν πολυτροπικές πληρωμές με έξυπνες κάρτες, ανέπαφες πιστωτικές κάρτες ή εφαρμογές κινητών, διευκολύνοντας τη μετακίνηση εντός και εκτός πόλεων. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του σχεδιασμού των δημόσιων συγκοινωνιών, καθιστώντας τις πιο αποδοτικές.

Η έννοια του MaaS προκύπτει από τη σύγκλιση αυτών των τεχνολογιών, συνδυάζοντας πολυτροπικές συγκοινωνίες σε μια ενιαία πλατφόρμα πληροφόρησης, κρατήσεων και πληρωμών. Παραδείγματα επιτυχημένων εφαρμογών περιλαμβάνουν το Whim στο Ελσίνκι και το UbiGo στο Γκέτεμποργκ.

Για την αποτελεσματική εφαρμογή του MaaS απαιτούνται νέα μοντέλα διακυβέρνησης, που θα ενισχύσουν τη συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, διασφαλίζοντας παράλληλα την προστασία των δεδομένων των χρηστών.

1.2.3. Αυτόνομα και Διασυνδεδεμένα Οχήματα

Η αυτοματοποίηση και η διασύνδεση των οχημάτων αναμένεται να φέρουν επανάσταση στις μεταφορές. Ήδη, πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες ενσωματώνουν συστήματα υποβοήθησης οδηγού στα νέα τους μοντέλα. Τα πλήρως αυτόνομα οχήματα εκτιμάται ότι θα κυκλοφορήσουν ευρέως μετά το 2030, μεταμορφώνοντας τον τρόπο μετακίνησης.

Αντίστοιχα, στην εφοδιαστική αλυσίδα, τα αυτόνομα φορτηγά και η τεχνητή νοημοσύνη (AI) θα επιτρέψουν τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων. Στην Ευρώπη, έως το 2023 αναμένεται να εφαρμοστεί το σύστημα διμοιριών φορτηγών (platooning), όπου δύο ή τρία φορτηγά κινούνται συνδεδεμένα, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας τη συμφόρηση.

1.2.4. Drones και Νέες Εφαρμογές στην Αστική Κινητικότητα

Αν και αρχικά αναπτύχθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς, τα drones χρησιμοποιούνται πλέον σε τομείς όπως η ενέργεια, η γεωργία, η περιβαλλοντική προστασία και η διαχείριση εκτάκτων αναγκών.

Η πιθανή εφαρμογή τους στις εμπορευματικές μεταφορές και τη διανομή αγαθών αποτελεί ένα πεδίο με μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης, καθώς η ευρωπαϊκή αγορά drones αναμένεται να φτάσει τα 15 δισ. ευρώ έως το 2050. Παρόλα αυτά, απαιτείται περαιτέρω ρύθμιση για την ασφαλή ενσωμάτωσή τους στα συστήματα μεταφορών.

1.2.5. Συμπέρασμα

Η ψηφιοποίηση και οι τεχνολογικές καινοτομίες διαμορφώνουν ένα νέο τοπίο στην κινητικότητα, καθιστώντας τις μεταφορές πιο βιώσιμες, αποδοτικές και προσβάσιμες. Ωστόσο, η επιτυχής υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών απαιτεί στρατηγικό σχεδιασμό, συνεργασία δημόσιου και ιδιωτικού τομέα και έξυπνη ρύθμιση των αγορών, ώστε να διασφαλιστεί η ομαλή μετάβαση στην κινητικότητα του μέλλοντος.

1.3. Ευφυής κινητικότητα στις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η ανάγκη για δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) σε όλους τους τομείς της οικονομίας είναι ζωτικής σημασίας για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Ο τομέας των μεταφορών είναι υπεύθυνος για περίπου το 27% των συνολικών εκπομπών, ενώ το 2017 οι εκπομπές του ήταν 28% υψηλότερες από τα επίπεδα του 1990, παρά τη μείωση που σημειώθηκε μεταξύ 2008 και 2013.

Η απανθρακοποίηση των μεταφορών αποτελεί βασικό πυλώνα της ευρωπαϊκής πολιτικής για το κλίμα. Η Λευκή Βίβλος για τις Μεταφορές (2011) θέτει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών κατά 20% έως το 2030 (σε σχέση με το 2008) και κατά 60% έως το 2050 (σε σχέση με το 1990). Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία στοχεύει στην κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, κάτι που απαιτεί την ουσιαστική μείωση των εκπομπών από τις μεταφορές.

Για να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητη:

1. Η υιοθέτηση καθαρών τεχνολογιών και καυσίμων.
2. Η βελτίωση της αποδοτικότητας των μεταφορών.
3. Η αλλαγή στις ταξιδιωτικές συνήθειες με στροφή προς πιο βιώσιμους τρόπους μετακίνησης.

Άλλοι στόχοι της Λευκής Βίβλου είναι η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, του θορύβου και των ατυχημάτων, καθώς και η δημιουργία ενός προσιτού και προσβάσιμου συστήματος μεταφορών.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναμένεται να υιοθετήσει μια στρατηγική για βιώσιμη και έξυπνη κινητικότητα, η οποία θα καλύπτει όλες τις πηγές εκπομπών, ενισχύοντας την προσπάθεια μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μεταφορών.

1.3.1. Τεχνολογικές Καινοτομίες και Μεταφορές

Η ψηφιοποίηση, ο αυτοματισμός και οι εξελίξεις στις ΤΠΕ μπορούν να φέρουν σημαντικές αλλαγές στις μεταφορές, διευκολύνοντας την ενοποίηση ενεργειακών συστημάτων, υποδομών και υπηρεσιών κινητικότητας.

Τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω αυτών των τεχνολογιών μπορούν να συμβάλουν στη βελτιστοποίηση της υποδομής και στη βελτίωση της διαχείρισης των υπηρεσιών κινητικότητας. Ωστόσο, αν δεν εφαρμοστούν σωστά, οι τεχνολογικές καινοτομίες ενδέχεται να επιδεινώσουν τις υφιστάμενες προκλήσεις.

Για παράδειγμα, η μείωση του χρόνου ταξιδιού μέσω αυτόνομων οχημάτων μπορεί να αυξήσει τη συνολική ζήτηση για οδικές μεταφορές, προκαλώντας περαιτέρω συμφόρηση και αστική εξάπλωση.

Η ανεξέλεγκτη χρήση drones για αστική κινητικότητα μπορεί να προκαλέσει ζητήματα ασφάλειας και να περιπλέξει τη συνολική λειτουργία του συστήματος μεταφορών.

Για τον λόγο αυτό, οι ευρωπαϊκές πολιτικές πρέπει να διασφαλίσουν ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις ευθυγραμμίζονται με τους στόχους βιωσιμότητας, διατηρώντας ένα αποδοτικό, χαμηλών εκπομπών και προσβάσιμο σύστημα μεταφορών.

Η ΕΕ έχει ήδη εστιάσει στη δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς για τη Συνδεδεμένη και Αυτοματοποιημένη Κινητικότητα (CAM) στο πλαίσιο της Ψηφιακής Ενιαίας Αγοράς (DSM), με στόχο την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων μεταφορών σε όλη την Ευρώπη.

1.3.2. Πολιτικές και Χρηματοδότηση για την Αυτοματοποιημένη Κινητικότητα

Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την αυτοματοποιημένη κινητικότητα (2018) καθορίζει το πλαίσιο για την ανάπτυξη των αυτόνομων και συνδεδεμένων μεταφορών. Βασικά σημεία της στρατηγικής περιλαμβάνουν:

1. Χρηματοδότηση ερευνών μέσω του προγράμματος Horizon 2020, εστιάζοντας σε πιλοτικά έργα για επιβατικά και εμπορευματικά οχήματα, καθώς και σε υπηρεσίες κοινής κινητικότητας σε αστικές περιοχές.
2. Υποστήριξη της ψηφιοποίησης της οδικής υποδομής μέσω του προγράμματος Connecting Europe Facility (CEF).
3. Επιπλέον, η Οδηγία ITS (2010/40/EU) διασφαλίζει τη συντονισμένη εφαρμογή των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών (ITS) στην Ευρώπη, βελτιώνοντας τη συμβατότητα και διαλειτουργικότητα των λύσεων μεταφορών.

1.3.3. Νέες Μορφές Κινητικότητας και Κανονιστικό Πλαίσιο

Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων αστικής κινητικότητας, όπως:

1. Οι πλατφόρμες κοινής χρήσης οχημάτων (car-sharing, bike-sharing).
2. Οι ομαδικές μετακινήσεις (carpooling).

3. Οι έξυπνες εφαρμογές μεταφορών, που παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο.

Ωστόσο, αυτά τα μοντέλα έχουν εγείρει νομικά ζητήματα, καθώς δεν είναι ξεκάθαρο αν οι εταιρείες που τα προσφέρουν πρέπει να θεωρούνται πλατφόρμες τεχνολογίας ή πάροχοι μεταφορών. Αυτό επηρεάζει τη φορολογία, την εργατική νομοθεσία και τις ρυθμίσεις ανταγωνισμού με τις παραδοσιακές υπηρεσίες μεταφορών.

Σε επίπεδο πολιτικής, η Στρατηγική Κινητικότητας Χαμηλών Εκπομπών (2016) αναγνωρίζει τη σημασία των προγραμμάτων κοινής κινητικότητας στη μείωση της συμφόρησης και της ρύπανσης. Παράλληλα, η πρωτοβουλία CIVITAS στηρίζει καινοτόμες λύσεις κινητικότητας σε ευρωπαϊκές πόλεις.

1.4. Ευφυής κινητικότητα στις πολιτικές σε χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η έξυπνη κινητικότητα μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη σε τομείς όπως η ασφάλεια, το κόστος, η αποτελεσματικότητα και η ανταγωνιστικότητα. Για τον λόγο αυτό, οι ανεπτυγμένες χώρες ανταγωνίζονται μεταξύ τους για να πρωτοστατήσουν στον τομέα της έξυπνης κινητικότητας.

Οι κυβερνήσεις καλούνται να προσαρμόσουν τους ισχύοντες κανονισμούς στις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις, να ενισχύσουν την καινοτομία και να υποστηρίξουν τη μετάβαση προς νέα μοντέλα κινητικότητας.

Ο τομέας της συνδεδεμένης και αυτοματοποιημένης κινητικότητας αποτελεί το πιο εμφανές πεδίο ανταγωνισμού. Σύμφωνα με μελέτη της Society of Motor Manufacturers and Traders (SMMT) του Ηνωμένου Βασιλείου (2019), το Ηνωμένο Βασίλειο κατατάσσεται πρώτο στην ανάπτυξη συνδεδεμένων και αυτοματοποιημένων οχημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τη νομοθεσία, τις υποδομές και την εμπορική ελκυστικότητα.

Ακολουθούν:

- Οι ΗΠΑ, στη δεύτερη θέση.
- Η Γερμανία και η Ολλανδία, μεταξύ των πρώτων χωρών της ΕΕ.
- Η Ιαπωνία και η Κίνα, στην 6η και 8η θέση, αντίστοιχα.

1.4.1. Αυτοματοποιημένα Οχήματα: Οι Πρωτοπόροι της Τεχνολογίας

Στις ΗΠΑ, οι δοκιμές αυτοματοποιημένων οχημάτων διεξάγονται εδώ και χρόνια, με πρωτοπόρους εταιρείες της Silicon Valley.

Το πρώτο εμπορικό μοντέλο αυτόνομων οχημάτων λανσαρίστηκε στην Αριζόνα από την Waymo (θυγατρική της Google).

Η Νεβάδα ήταν η πρώτη πολιτεία που νομιμοποίησε τα αυτόνομα οχήματα το 2011.

Σήμερα, 22 πολιτείες έχουν εγκρίνει σχετική νομοθεσία.

Η Καλιφόρνια επιτρέπει τη δοκιμή οχημάτων χωρίς οδηγό ασφαλείας, ενώ το Κογκρέσο εξετάζει νομοσχέδιο που θα καθιερώνει ενιαία ομοσπονδιακά πρότυπα για την αυτοματοποιημένη οδήγηση.

Στην Ασία, η Κίνα, η Ιαπωνία και η Σιγκαπούρη ηγούνται της τεχνολογικής ανάπτυξης:

Η Κίνα έχει ήδη καθιερώσει έναν οδικό χάρτη για την αυτόνομη οδήγηση και έχει διαθέσει ειδικούς δρόμους δοκιμών στο Πεκίνο.

Η Ιαπωνία έχει θεσπίσει νομικές ρυθμίσεις για τις άδειες οδήγησης και την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο.

Η Σιγκαπούρη είναι η πρώτη χώρα που αναγνώρισε νόμιμα τα οχήματα χωρίς οδηγούς, αν και απαιτείται επιβλέπων οδηγός ασφαλείας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

1.4.2. Η Άνοδος των Κοινών Υπηρεσιών Κινητικότητας

Η κοινή κινητικότητα καθοδηγείται από μεγάλες εταιρείες ridesharing, οι οποίες έχουν διαταράξει τις παραδοσιακές υπηρεσίες, όπως τα ταξί.

Στοιχεία από τη McKinsey & Company (2018) δείχνουν ότι:

Οι αμερικανικές Uber και Lyft είχαν συνδυασμένα έσοδα 13 δισ. δολάρια.

Η κινεζική Didi διαθέτει 550 εκατομμύρια χρήστες σε 1.000 πόλεις και έχει επεκταθεί σε Βραζιλία, Μεξικό, Αυστραλία και Ιαπωνία.

Η ραγδαία ανάπτυξη αυτών των υπηρεσιών έχει αιφνιδιάσει τις δημοτικές αρχές, προκαλώντας ανησυχίες για:

1. Τις εργασιακές συνθήκες των οδηγών.
2. Τις επιπτώσεις στη συμφόρηση και την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Ορισμένες πόλεις έχουν επιβάλει ρυθμιστικά μέτρα:

1. Στο Σικάγο, εφαρμόζονται τέλη ανά διαδρομή.
2. Στη Νέα Υόρκη, έχει οριστεί ανώτατο όριο στον αριθμό των οχημάτων ridesharing.

1.4.3. Κοινή Χρήση Αυτοκινήτων

Σύμφωνα με το Carsharing Outlook 2018 (Shaheen et al.), η Ασία είναι η μεγαλύτερη αγορά κοινής χρήσης αυτοκινήτου με 9 εκατομμύρια χρήστες το 2016 και ρυθμό ανάπτυξης 100% ετησίως μεταξύ 2014-2016.

Αντίθετα, η ανάπτυξη στη Βόρεια Αμερική είναι σταδιακή, με περίπου 2 εκατομμύρια χρήστες το 2016.

Η Λατινική Αμερική και η Αφρική βρίσκονται ακόμα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης.

Καθώς οι δημόσιες συγκοινωνίες γίνονται ένας τομέας που βασίζεται στα δεδομένα, αναδύονται νέοι φορείς διαχείρισης της κινητικότητας και υιοθετείται έξυπνη και ολοκληρωμένη έκδοση εισιτηρίων σε πολλές πόλεις παγκοσμίως. Οι αρχές δημόσιων μεταφορών προσαρμόζουν όλο και περισσότερο τις δομές διακυβέρνησής τους και

επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους πέρα από τον παραδοσιακό τους ρόλο για να γίνουν αστικές πάροχοι κινητικότητας (UITP, 2019). Η Δημοτική Υπηρεσία Μεταφορών του Σαν Φρανσίσκο, για παράδειγμα, μεταμορφώνεται σε διαχειριστή, με αρμοδιότητες για κοινή χρήση ποδηλάτων, κοινή χρήση αυτοκινήτου, προμήθεια βόλτας, λεωφορεία, στάθμευση και πρόσβαση στα κράσπεδα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

1.5. Σύνοψη

Σε παγκόσμιο επίπεδο και ιδίως σε επίπεδο πόλεων, όπου και συγκεντρώνεται η μεγαλύτερη οικονομική, επαγγελματική και κοινωνική δραστηριότητα μεγάλων μαζών πληθυσμού, εφαρμόζονται εδώ και χρόνια λύσεις της Έξυπνης Κινητικότητας με σκοπό να διευκολύνουν την καθημερινότητα των πολιτών και να την κάνουν ασφαλέστερη, όσον αφορά τη μετακίνησή τους.

Μία από τις κύριες εφαρμογές του IoT στην Έξυπνη Κινητικότητα είναι τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας. Αυτά τα συστήματα συλλέγουν σε πραγματικό χρόνο δεδομένα σχετικά με την κίνηση στους δρόμους, χρησιμοποιώντας αισθητήρες, κάμερες και άλλες συσκευές, με στόχο τη βελτίωση της ροής των οχημάτων. Με τη χρήση αυτών των δεδομένων, οι διαχειριστές της κυκλοφορίας μπορούν να λαμβάνουν άμεσα αποφάσεις για την προσαρμογή των φωτεινών σηματοδοτών, την ανακατεύθυνση της κίνησης και την ενημέρωση των οδηγών μέσω πινακίδων ή εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας. Αυτές οι δυνατότητες μειώνουν τη συμφόρηση στους δρόμους και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση καυσίμων και χρόνου.

Άλλη σημαντική εφαρμογή είναι η έξυπνη στάθμευση, όπου οι οδηγοί μπορούν να ενημερώνονται για τη διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης σε πραγματικό χρόνο μέσω εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας. Το IoT επιτρέπει την παρακολούθηση των θέσεων στάθμευσης μέσω αισθητήρων, και η πληροφορία αυτή παρέχεται στους χρήστες με σκοπό τη μείωση του χρόνου αναζήτησης θέσης στάθμευσης. Αυτό μειώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις, ενώ προσφέρει και οικονομικά οφέλη μέσω της καλύτερης διαχείρισης των διαθέσιμων πόρων αλλά και του χρόνου που δαπανούν οι πολίτες προκειμένου να εντοπίσουν μία θέση στάθμευσης.

Σημαντική εφαρμογή είναι επίσης οι διασυνδεδεμένοι στόλοι οχημάτων. Μέσω της διασύνδεσης των οχημάτων σε ένα ενιαίο δίκτυο, οι εταιρείες μεταφορών μπορούν να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση των οχημάτων, τη θέση τους, τη χρήση καυσίμων και άλλες κρίσιμες παραμέτρους. Αυτό επιτρέπει καλύτερη διαχείριση του στόλου, βελτίωση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας, καθώς και μείωση του λειτουργικού κόστους.

Τέλος, τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν την αιχμή των εφαρμογών IoT στην Έξυπνη Κινητικότητα, καθώς συνδυάζουν την τεχνητή νοημοσύνη, τις τεχνολογίες πολλαπλών αισθητήρων και την επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων για τη δημιουργία συστημάτων αυτόματης οδήγησης. Η τεχνολογία αυτή έχει τη δυνατότητα να μειώσει τα τροχαία ατυχήματα, να βελτιώσει την ενεργειακή αποδοτικότητα των μεταφορών και να προσφέρει νέα επίπεδα άνεσης και ασφάλειας στους επιβάτες.

Με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση, είναι σαφές ότι οι λύσεις έξυπνης κινητικότητας διαφοροποιούνται ως προς την τεχνολογία, το κόστος εφαρμογής και την

αποτελεσματικότητά τους. Στο επόμενο κεφάλαιο, γίνεται ανάλυση και κατηγοριοποίηση λύσεων που έχουν αναπτυχθεί, ώστε να αξιολογηθούν οι δυνατότητες και οι προκλήσεις τους.

2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία της έρευνας βασίζεται σε δύο κύριες προσεγγίσεις: τη βιβλιογραφική επισκόπηση και την ανάλυση υπάρχουσών λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας.

2.1. Βιβλιογραφική Έρευνα

Η βιβλιογραφική επισκόπηση πραγματοποιήθηκε μέσω αναζήτησης επιστημονικών άρθρων, εκθέσεων οργανισμών και διεθνών μελετών σχετικά με τις τεχνολογίες IoT και τις εφαρμογές τους στην Έξυπνη Κινητικότητα. Οι πηγές περιλαμβάνουν έρευνες από οργανισμούς όπως ο European Environment Agency, το International Transport Forum και μελέτες σε επιστημονικά περιοδικά.

Η ανάλυση επικεντρώθηκε στους εξής άξονες:

- Υπάρχουσες τεχνολογικές λύσεις και μεθοδολογίες αξιολόγησης.
- Επιπτώσεις των λύσεων στην αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα των μεταφορών.
- Οικονομικοί παράγοντες και προκλήσεις υλοποίησης.

2.2. Ανάλυση Υπαρχουσών Λύσεων

Η έρευνα περιλαμβάνει τη συλλογή και ανάλυση πραγματικών περιπτώσεων εφαρμογής έξυπνων συστημάτων κινητικότητας. Τα δεδομένα αντλήθηκαν από πιλοτικά έργα, βιομηχανικές αναφορές και ερευνητικές μελέτες.

Η αξιολόγηση των λύσεων βασίζεται σε τρεις βασικές αναλυτικές προσεγγίσεις:

2.2.1. Ανάλυση χαρακτηριστικών

Η ανάλυση χαρακτηριστικών εστιάζει στις τεχνικές δυνατότητες των λύσεων, τη λειτουργικότητά τους και τη διαλειτουργικότητα.

Βασικοί δείκτες:

- **Τύπος αισθητήρων:** Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται (π.χ. κάμερες, GPS, IoT συσκευές).
- **Ακρίβεια δεδομένων:** Η αξιοπιστία των δεδομένων που συλλέγονται.
- **Ταχύτητα απόκρισης:** Ο χρόνος απόκρισης της λύσης στις αλλαγές των κυκλοφοριακών συνθηκών.
- **Συμβατότητα με άλλα συστήματα:** Η δυνατότητα ενσωμάτωσης σε υπάρχοντα δίκτυα.

Στην ανάλυση χαρακτηριστικών των λύσεων έξυπνης κινητικότητας, είναι σημαντικό να εξετάσουμε όχι μόνο τις τεχνικές δυνατότητες και τη λειτουργικότητα τους, αλλά και τους τύπους αισθητήρων που χρησιμοποιούνται και τις μετρήσεις που αυτοί καταγράφουν. Αυτές οι μετρήσεις, που θα αναφέρονται ως "Δείκτες μέτρησης", παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα των συστημάτων.

Οι βασικοί τύποι αισθητήρων και οι δείκτες μέτρησης που καταγράφονται στις υπάρχουσες λύσεις είναι:

- **Αισθητήρες LiDAR:** Καταγράφουν απόσταση (μέτρα - m), τρισδιάστατη χαρτογράφηση του περιβάλλοντος και αναγνώριση αντικειμένων.
- **Κάμερες Ορατού Φάσματος & Υπέρυθρες Κάμερες:** Ανίχνευση οχημάτων, πεζών, φωτεινών σηματοδοτών και πινακίδων κυκλοφορίας.
- **Radar (Ραδιοκύματα):** Μέτρηση απόστασης (μέτρα - m) και ταχύτητας (km/h) αντικειμένων, πρόβλεψη σύγκρουσης.
- **GPS & GNSS:** Ακριβής εντοπισμός θέσης (συντεταγμένες - γεωγραφικό πλάτος/μήκος).
- **Αισθητήρες Θορύβου:** Καταγραφή ηχητικών επιπέδων (ντεσιμπέλ - dB) για την ανάλυση ηχορύπανσης.
- **Αισθητήρες Οδοστρώματος:** Καταγραφή δονήσεων (Hertz - Hz, επιτάχυνση - g) και παρακολούθηση της κατάστασης του οδοστρώματος.
- **Αισθητήρες Υπερήχων:** Ανίχνευση παρουσίας αντικειμένων και ελεύθερων θέσεων στάθμευσης (απόσταση - cm/m).
- **Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες:** Μέτρηση βάρους (kg) και ταχύτητας οχημάτων (km/h).
- **Αισθητήρες Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης:** Καταγραφή επιπέδων CO₂ (ppm), NO_x (ppb) και άλλων ρύπων.

Αυτοί οι δείκτες μέτρησης επιτρέπουν την αξιολόγηση των λύσεων έξυπνης κινητικότητας και την αποτελεσματικότητά τους σε πραγματικές συνθήκες εφαρμογής.

2.2.2. Οικονομική ανάλυση

Η οικονομική ανάλυση εξετάζει το κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας των λύσεων.

Βασικοί δείκτες:

- **Κόστος ανά χιλιόμετρο/όχημα:** Εξέταση της οικονομικής βιωσιμότητας.
- **Κόστος εγκατάστασης ανά μονάδα:** Κόστος ανάπτυξης και εφαρμογής.
- **Εξοικονόμηση πόρων:** Βελτιώσεις στην αποδοτικότητα των συστημάτων.
- **Χρόνος απόσβεσης (ROI):** Ο χρόνος που απαιτείται για την κάλυψη της αρχικής επένδυσης.

2.2.3. Ανάλυση βιωσιμότητας

Η ανάλυση βιωσιμότητας αξιολογεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των λύσεων.

Βασικοί δείκτες:

- **Μείωση εκπομπών CO₂**: Συνεισφορά στη μείωση των ρύπων.
- **Εξοικονόμηση ενέργειας**: Αποτελεσματικότητα στην κατανάλωση ενέργειας.
- **Ανακυκλωσιμότητα υλικών**: Η δυνατότητα ανακύκλωσης των χρησιμοποιούμενων εξαρτημάτων.
- **Αντοχή στο χρόνο**: Ο συνολικός κύκλος ζωής της τεχνολογίας.

Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται σε καθιερωμένες προσεγγίσεις ανάλυσης τεχνολογικών και οικονομικών λύσεων στον τομέα των μεταφορών, όπως περιγράφονται σε έρευνες από διεθνείς οργανισμούς.

2.2.4. Δείκτες Μέτρησης για την Ανάλυση των Συστημάτων Έξυπνης Κινητικότητας

Για τη μέτρηση της απόδοσης των εφαρμογών έξυπνης κινητικότητας, χρησιμοποιήθηκαν εξειδικευμένοι **Δείκτες Μέτρησης**, οι οποίοι κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με τον τύπο των δεδομένων που καταγράφουν οι αισθητήρες.

Οι **αισθητήρες οχημάτων** κατέγραψαν δεδομένα σχετικά με την κατάσταση του οδοστρώματος, την απόσταση από άλλα οχήματα και την κατανάλωση καυσίμου. Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν:

- **Δόνηση (Hz, g)**: Καταγραφή της κατάστασης του οδοστρώματος και ανίχνευση λακκουβών.
- **Γεωεντοπισμός (Συντεταγμένες GPS)**: Ακριβής τοποθέτηση των οχημάτων στο οδικό δίκτυο.
- **Ταχύτητα (km/h)**: Ανάλυση της ροής κυκλοφορίας και του επιπέδου συμφόρησης.

Οι **αισθητήρες κυκλοφορίας και διαχείρισης δρόμων** μέτρησαν την κυκλοφοριακή ροή, τις καθυστερήσεις και την πληρότητα διασταυρώσεων. Οι αντίστοιχοι δείκτες περιλαμβάνουν:

- **Κυκλοφοριακή Ροή (οχήματα/ώρα ή οχήματα/λεπτό)**: Αξιολόγηση της κυκλοφοριακής επιβάρυνσης.
- **Χρόνος Αναμονής στα Φανάρια (sec)**: Μέτρηση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων φωτεινής σηματοδότησης.
- **Πληρότητα Διασταυρώσεων (% κατειλημμένου χώρου)**: Ανάλυση του βαθμού συμφόρησης των δρόμων.
- Οι **αισθητήρες στάθμευσης** παρείχαν δεδομένα για την πληρότητα των χώρων στάθμευσης και τη διάρκεια χρήσης των θέσεων. Οι κύριοι δείκτες ήταν:
- **Ανίχνευση ελεύθερων θέσεων στάθμευσης (cm/m)**: Αξιολόγηση της απόδοσης των συστημάτων στάθμευσης.
- **Χρόνος Κατάληψης Θέσης (min)**: Μέτρηση του μέσου χρόνου στάθμευσης.

Για τις **περιβαλλοντικές επιπτώσεις**, αξιοποιήθηκαν δεδομένα από αισθητήρες ατμοσφαιρικής ρύπανσης και θορύβου. Οι βασικοί δείκτες περιλαμβάνουν:

- **Εκπομπές CO₂ (ppm):** Αξιολόγηση της επίδρασης των μεταφορών στη ρύπανση.
- **Επίπεδα Θορύβου (dB):** Μέτρηση της ηχορύπανσης που προέρχεται από την κυκλοφορία.
- Τέλος, η ανάλυση των **δημόσιων μεταφορών** έγινε με τη χρήση αισθητήρων GPS και δεδομένων επιβατών, με τους εξής δείκτες:
- **Πληρότητα Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (επιβάτες/όχημα):** Ανάλυση της χρήσης των συγκοινωνιακών μέσων.
- **Μέσος Χρόνος Μετακίνησης (min):** Αξιολόγηση της αποδοτικότητας των δημόσιων μεταφορών.

Η χρήση αυτών των Δεικτών Μέτρησης επέτρεψε μια πιο αντικειμενική και ποσοτική αποτίμηση των λύσεων έξυπνης κινητικότητας. Μέσω της ανάλυσής τους, ήταν δυνατή η εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων για τη λειτουργικότητα, την οικονομική βιωσιμότητα και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εξεταζόμενων συστημάτων.

3. Λύσεις ευφυούς κινητικότητας

Το κεφάλαιο της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης περιλαμβάνει την παρουσίαση πολιτικών που αφορούν στην Έξυπνη Κινητικότητα, όπως αυτές έχουν σχεδιαστεί σε παγκόσμιο επίπεδο

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συγκεκριμένες λύσεις και προγράμματα, όπως προσφέρονται είτε από εταιρείες τεχνολογίας είτε έχουν δημιουργηθεί από φορείς σε συνεργασία με παρόχους τεχνολογίας.

Για κάθε εφαρμογή παρουσιάζονται το πρόβλημα το οποίο επιλύουν, ο σκοπός που εξυπηρετεί η εφαρμογή τους, η τεχνολογική προσέγγιση στην επίλυση του θέματος, πληροφορίες για το κόστος της υλοποίησης (όπου είναι διαθέσιμες) και τέλος μία αναφορά στο αποτέλεσμα που είχε η υλοποίηση στο πεδίο που

3.1. Road surface monitoring with connected vehicle data

3.1.1. Πρόβλημα

Η Trafikverket, η Σουηδική Υπηρεσία Μεταφορών, καταγράφει την κατάσταση του οδικού δικτύου της χώρας με ειδικά οχήματα που περνούν από διαφορετικά σημεία σε διαφορετικές χρονικές στιγμές μία φορά το χρόνο. Αυτή η συχνότητα διέλευσης των οχημάτων ελέγχου δεν προσφέρει πληροφορίες για τις αλλαγές στην κατάσταση του οδοστρώματος που συμβαίνουν μεταξύ των ετήσιων μετρήσεων (Kans et al., 2020).

Η δυνατότητα όμως τα οχήματα που περνούν από έναν δρόμο να παρέχουν πληροφορίες για την κατάστασή του μπορούν να έχουν θετικό αντίκτυπο στην παρακολούθηση της επιφάνειας του δρόμου, συμβάλλοντας έτσι στην ασφαλέστερη, αποτελεσματικότερη και πιο ποιοτική μεταφορά. Η ενημέρωση σε πραγματικό επί της ουσίας χρόνο για την κατάσταση ενός δρόμου, δίνει τη δυνατότητα της άμεσης αποκατάστασης, μέσω καλύτερου προγραμματισμού των συνεργειών αποκατάστασης, προσφέροντας έτσι ασφαλέστερη και πιο άνετη μετακίνηση σε οδοστρώματα με τα λιγότερα δυνατά προβλήματα.

3.1.2. Σκοπός

Σκοπός της λύσης είναι τα παντός είδους οχήματα που χρησιμοποιούν τους δρόμους στη Σουηδία να παρέχουν μέσω τεχνολογιών IoT πληροφορίες για την κατάσταση του οδοστρώματος. Μέσω εφαρμογών συλλογής, επεξεργασίας και οπτικοποίησης δεδομένων που προέρχονται από τα διερχόμενα οχήματα, εξειδικευμένοι αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν παρέχουν πληροφορίες οι οποίες καθοδηγούν δράσεις τόσο σε επίπεδο των τοπικών Αρχών όσο και στο επίπεδο των οδηγών που χρησιμοποιούν έναν δρόμο. Στο πλαίσιο αυτό οι Αρχές:

1. Γνωρίζουν την ακριβή κατάσταση του οδοστρώματος του οδικού δικτύου.
2. Προγραμματίζουν πιο αποτελεσματικά τις εργασίες επιδιόρθωσης.
3. Μπορούν να προβλέψουν την κατάσταση του οδοστρώματος και να προβούν σε προληπτική συντήρηση.

Από την πλευρά των χρηστών του οδικού δικτύου:

1. Μπορούν να επιλέγουν διαδρομές με καλύτερη ποιότητα οδοστρώματος
2. Μπορούν να αποφεύγουν οδούς όπου γίνονται εργασίες αποκατάστασης, εξοικονομώντας χρόνο.

3.1.3. Προσέγγιση

Η υλοποίηση του έργου αυτού έγινε σε συνεργασία με την αυτοκινητοβιομηχανία Mercedes-Benz. Στο πλαίσιο της συνεργασίας αυτής, η Mercedes-Benz εξόπλισε τα οχήματά της με κατάλληλο εξοπλισμό (αισθητήρες), οι οποίοι μεταδίδουν δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για να συμβάλουν στη βελτίωση της συντήρησης των δρόμων και, ως εκ τούτου, της οδικής ασφάλειας, στη Σουηδία. Η Mercedes-Benz υπέγραψε πρόσφατα συμφωνία με την Trafikverket για την παροχή ανώνυμων δεδομένων από συνδεδεμένα αυτοκίνητα για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με ζημιές σε οδοστρώματα. Ο φορέας Trafikverket στοχεύει στην αξιολόγηση των δεδομένων για την παρακολούθηση της ποιότητας του οδοστρώματος, ιδίως για τη λήψη πιο συχνών, ολοκληρωμένων και ψηφιακών πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του οδοστρώματος. Περίπου 350 διαφορετικοί αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στα οχήματα της Mercedes-Benz παρέχουν τρεις διαφορετικές κλάσεις δεδομένων. Τα Surface Events μετρούν την κατάσταση της επιφάνειας όσον αφορά τις λακκούβες και τις ρωγμές και πώς αυτές αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου. Το Waviness μετρά την κυματισμό της επιφάνειας σε μεγαλύτερα τμήματα και η Hazard Warning στέλνει πληροφορίες για τοπικά προσωρινά προβλήματα όπως ομίχλη, ολισθηρότητα οδοστρώματος, βροχή ή ακινητοποιημένα οχήματα. Εκτός από ανώνυμα, αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται μόνο από τα αυτοκίνητα των οποίων οι ιδιοκτήτες έχουν επιλέξει την κοινή χρήση δεδομένων μέσω της εφαρμογής Mercedes me.

3.1.4. Αποτέλεσμα

Το έργο έχει ορίζοντα υλοποίησης δύο έτη. Ξεκίνησε τον Φεβρουάριο του 2023 και ολοκληρώνεται τον Δεκέμβριο του 2024. Οι λύσεις έχουν επικυρωθεί εκ των προτέρων ως απόδειξη των ιδεών από τους τρεις ξεχωριστούς προμηθευτές. Το έργο αναμένεται να επικυρώσει σε πραγματικές συνθήκες την έρευνα που έκανε η Mercedes-Benz σχετικά με την αξιοποίηση των δεδομένων των αισθητήρων των οχημάτων της για προσδιορισμό της ποιότητας του οδοστρώματος και των συνθηκών οδήγησης.

3.2. PwC Mobility Platform

Η Mobility Platform της PwC δίνει τη δυνατότητα σε εταιρείες δημόσιων μεταφορών, και ενώσεις μεταφορέων να αναλύουν αποτελεσματικά την κίνηση και τη συμπεριφορά κινητικότητας των χρηστών και των πολιτών και να τη διαχειρίζονται μέσω ευφύων υπηρεσιών επικοινωνίας (PriceWaterhouseCoopers GmbH (PwC), 2021).

3.2.1. Πρόβλημα

Μέχρι στιγμής, πολύ λίγοι πάροχοι υπηρεσιών μεταφορών εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες χρήσης δεδομένων, επειδή η πρόσβαση και η αποτελεσματική επεξεργασία των δικών τους δεδομένων κινητικότητας απαιτεί πρόσθετες γνώσεις και πόρους, που οι

ίδιοι δεν διαθέτουν. Στατιστικά αξιόπιστα δεδομένα κινητικότητας συλλέγονται επί του παρόντος κυρίως με συστήματα μέτρησης επιβατών, οι οποίες πραγματοποιούνται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα, είναι χρονοβόρες και συνεπάγονται υψηλό κόστος. Λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης και συντήρησης, η συλλογή δεδομένων από αισθητήρες σπάνια πραγματοποιείται στο σύνολο του στόλου των οχημάτων δημόσιας μεταφοράς. Κατά συνέπεια, μόνο λίγοι πάροχοι γνωρίζουν την πραγματική συμπεριφορά κίνησης των χρηστών τους. Η διαθέσιμη βάση δεδομένων είναι συχνά πολύ μικρή και μη επαρκής για να αναγνωρίσει έγκαιρα τις αλλαγές στη ζήτηση και τις δυνατότητες βελτιστοποίησης και να κάνει τις κατάλληλες προσαρμογές αποτελεσματικά.

3.2.2. Σκοπός

Ενημέρωση του παρόχου των υπηρεσιών μεταφορά για τους χρήστες με βάση την τοποθεσία που βρίσκονται κάθε στιγμή.

Βελτιστοποίηση της προσφοράς μεταφορικών μέσω σε χρόνο και γεωγραφική περιοχή που έχουν μεγαλύτερες ανάγκες.

Βελτίωση του σχεδιασμού των υποδομών.

Συντονισμός της χρήσης του στόλου των οχημάτων, με αποτέλεσμα την παροχή ποιοτικότερων υπηρεσιών και εξοικονόμησης πόρων.

3.2.3. Προσέγγιση

Χρησιμοποιώντας δεδομένα που προέρχονται από αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones), η πλατφόρμα δημιουργεί μια εικόνα της τρέχουσας κατάστασης του δικτύου όσον αφορά τη χρήση του αλλά και της συμπεριφοράς του πλήθους που χρησιμοποιεί τις υποδομές. Το σύστημα καταγράφει και μοντελοποιεί προτιμώμενες διαδρομές, πυκνότητα επιβατών, είδος κινητικότητας (εργασία, αναψυχή, αγορές), χρήση των υποδομών. Επίσης προσδιορίζει περιοχές οι οποίες αντιμετωπίζουν περιοδικά κάποιο κυκλοφοριακό πρόβλημα, όπως στενά περάσματα ή πολυσύχναστες οδοί. Τέτοιου είδους καταστάσεις μπορούν να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν σε πραγματικό χρόνο. Η ενσωματωμένη τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης υποστηρίζει λειτουργίες λήψης αποφάσεων για την αντιμετώπιση καταστάσεων υπερβολικού φόρτου, ενώ προβλέπει δυσλειτουργίες του συστήματος αλλά και την τάση χρήσης του από τους πολίτες.

Η πλατφόρμα της PwC λαμβάνει υπόψη την προστασία δεδομένων και τη συμμόρφωση με τον κανονισμό GDPR: Η πλατφόρμα λειτουργεί αποκλειστικά σε κέντρα δεδομένων στη Γερμανία και τα δεδομένα των τελικών χρηστών του συστήματος δεν συλλέγονται ποτέ χωρίς ρητή συναίνεσή του.

Το σύστημα λειτουργεί χωρίς να είναι αναγκαίες σύνθετες εγκαταστάσεις και υποδομές. Οι πηγές δεδομένων (αισθητήρες) των κινητών τηλεφώνων είναι απλό να συνδεθούν και να διαβιβάσουν δεδομένα στο Data Center της πλατφόρμας. Η πλατφόρμα επιτρέπει επίσης την αποστολή ειδοποιήσεων βάσει τοποθεσίας σε χρήστες σε επιλεγμένες ζώνες, όπως προσαρμοσμένες πληροφορίες στάσης, ειδοποιήσεις σε σχέση με χρόνους αλλά και εναλλακτικές λύσεις μετακίνησης, καθώς και προειδοποιήσεις σχετικά με καθυστερήσεις ή τη συχνότητα άφιξης των μεταφορικών μέσων.

3.2.4. Αποτέλεσμα

Βελτιστοποίηση της κινητικότητας των πολιτών στην πόλη, αποδοτικότερες λειτουργίες και υπηρεσίες μεταφοράς αλλά και διαχείριση πλήθους.

3.3. Paradox Engineering Smart Parking Solution for Heavy-Good Vehicle (HGV) and Coach Detection

3.3.1. Περίληψη Λύσης

Η εταιρεία Paradox Engineering ανέπτυξε έξυπνους αισθητήρες στάθμευσης, οι οποίοι μπορούν να παρακολουθούν το χώρο που καταλαμβάνουν ογκώδη οχήματα (όπως φορτηγά και λεωφορεία) σε χώρους στάθμευσης. Τα δεδομένα που συγκεντρώνουν οι αισθητήρες διαβιβάζονται σε ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης. Οι πληροφορίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης διαβιβάζονται σε πραγματικό χρόνο σε οδηγούς αντίστοιχων οχημάτων και αυτές εμφανίζονται οπτικοποιημένες στις οθόνες του ηχοσυστήματος. Αυτό επιτρέπει στους οδηγούς βαρέων οχημάτων να προγραμματίζουν την ανάπαυσή τους ώστε να τηρούν τους κανονισμούς σχετικά με τις υποχρεωτικές ώρες ανάπαυσης μετά από συγκεκριμένο χρόνο οδήγησης. Επίσης λαμβάνουν πληροφορίες οι οποίες τους επιτρέπουν να επιλέγουν τους πιο ασφαλείς χώρους ανάπαυσης και να ελαχιστοποιούν τους κινδύνους για τη δική τους ασφάλεια αλλά και την ασφάλεια του οχήματος και του φορτίου που μεταφέρουν (Lin et al., 2017).

3.3.2. Πρόβλημα

Η έλλειψη διαθέσιμων χώρων στάθμευσης φορτηγών είναι ένα πολύ γνωστό ζήτημα μεταξύ των επαγγελματιών οδηγών. Η εύρεση χώρων ανάπαυσης πολλές φορές είναι δύσκολη για τους οδηγούς βαρέων οχημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων, οι οποίοι πρέπει υποχρεωτικά να σταματούν κατά συγκεκριμένες περιόδους και να ξεκουράζονται. Οι περισσότεροι χώροι εξυπηρέτησης στους αυτοκινητοδρόμους τείνουν να είναι υπερπλήρεις, αναγκάζοντας τους οδηγούς βαρέων οχημάτων να σταθμεύουν σε με εγκεκριμένα σημεία, εγείροντας έτσι ζητήματα ασφάλειας τόσο για τους ίδιους και το φορτίο, όσο και για τα άλλα διερχόμενα οχήματα.

Αντίστοιχα ζητήματα αντιμετωπίζουν οι οδηγοί και στα μεγάλα αποθηκευτικά κέντρα (logistics centers). Τα βαρέα οχήματα πρέπει να βρίσκουν ένα πεδίο ελεύθερο, ώστε να κάνουν τους κατάλληλους ελιγμούς για να προσεγγίσουν τις ράμπες φόρτωσης αλλά και σημεία στα οποία μπορούν να αναπαυθούν πριν την έναρξη της διαδρομής τους και κατά τη διάρκεια φόρτωσης/εκφόρτωσης του οχήματος.

Στην περίπτωση των λεωφορείων που κινούνται στα αστικά κέντρα για τη μεταφορά τουριστών, αντιμετωπίζουν αντίστοιχα. Πρέπει να εντοπίζουν ελεύθερους χώρους όπου μπορούν να αποβιβάσουν ή να επιβιβάσουν τους επιβάτες τους αλλά και χώρους για την ανάπαυση του οδηγού.

3.3.3. Σκοπός

Ο σκοπός της πλατφόρμας αυτής είναι η αξιοποίηση της τεχνολογίας αισθητήρων, ώστε να εντοπίζονται ελεύθεροι χώροι στάθμευσης βαρέων ή/και ογκωδών οχημάτων κατά μήκος αυτοκινητοδρόμων, σε αστικές περιοχές και κέντρα αποθήκευσης εμπορευμάτων. Οι λύσεις Smart Truck / Coach Parking μπορούν να εντοπίσουν και να προτείνουν στους επαγγελματίες οδηγούς ασφαλείς χώρους ανάπαυσης, να βελτιστοποιήσουν την όλη διαδικασία φόρτωσης/εκφόρτωσης σε και να υποστηρίξουν τον τουρισμό παρέχοντας καλύτερη εμπειρία στους οδηγούς τουριστικών λεωφορείων.

3.3.4. Προσέγγιση

Το σύστημα βασίζεται σε αισθητήρες στάθμευσης οι οποίοι εγκαθίστανται κάτω από το έδαφος μιας έκτασης που χρησιμοποιείται για στάθμευση βαρέων οχημάτων. Οι αισθητήρες διασυνδέονται στην πλατφόρμα ώστε με την εκτέλεση κατάλληλων αλγορίθμων να προσδιορίζεται ο ελεύθερος χώρος για στάθμευση και να ειδοποιούνται χρήστες του συστήματος που βρίσκονται σε προκαθορισμένη ακτίνα από το χώρο στάθμευσης.

Το κεντρικό σύστημα διαχείρισης που ενημερώνει κατάλληλα φωτεινές οθόνες που έχουν εγκατασταθεί στους χώρους στάθμευσης αλλά διαβιβάζει τις πληροφορίες και στο σύστημα ενημέρωσης και ψυχαγωγίας των οχημάτων ή σε κατάλληλη εφαρμογή της τηλεφωνικής συσκευής των οδηγών. Οι πληροφορίες που δέχονται οι οδηγοί είναι:

- Επίπεδο πληρότητας ενός χώρου στάθμευσης.
- Ενημέρωση για διαθέσιμο χώρο για ελιγμούς.
- Συντονισμό της διαδικασίας φόρτωσης/εκφόρτωσης.

3.3.5. Αποτέλεσμα

Η πλατφόρμα έξυπνης διαχείρισης των χώρων στάθμευσης βαρέων οχημάτων εξασφαλίζει την αποδοτική χρήση τέτοιων χώρων κατά μήκος των αυτοκινητοδρόμων, καθώς οι οδηγοί φορτηγών και λεωφορείων μπορούν να προγραμματίσουν το πρόγραμμα ανάπαυσής τους με βάση τη διαθεσιμότητα των χώρων στάθμευσης.

Βελτιστοποιεί τους χώρους στάθμευσης για εμπορευματικά κέντρα, μειώνοντας τους χρόνους αναμονής και την κυκλοφοριακή συμφόρηση στους χώρους αυτούς

Βελτιώνει τα επίπεδα οδικής ασφάλειας, επιτρέποντας στους επαγγελματίες οδηγούς να βρίσκουν χώρο στάθμευσης σε εγκεκριμένους χώρους και εντός του προγράμματος ανάπαυσής τους

Προσφέρει καλύτερη εμπειρία στους οδηγούς τουριστικών λεωφορείων, οι οποίοι γνωρίζουν εκ των προτέρων πού να παρκάρουν, να ξεκουραστούν, να παραλάβουν και να αποβιβάσουν τουρίστες

3.4. Noise Radar - Reduce noise pollution by targeting emergencies linked to inappropriate behavior

3.4.1. Περίληψη Λύσης

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης λύσης έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα για τη συγκέντρωση δεδομένων για την κατανόηση της ηχορύπανσης στους δρόμους. Το σύστημα συλλέγει μεγάλο όγκο δεδομένων και εφαρμόζει σε αυτά αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, ώστε να απομονώνονται οι πληροφορίες εκείνες που αφορούν στην καλύτερη κατανόηση της ηχορύπανσης υπό πραγματικές συνθήκες χρήσης των δρόμων (ACOEM GmbH, 2022).

Αυτά τα δεδομένα δημιουργούν τις προϋποθέσεις ώστε να αναπτυχθούν λύσεις και καινοτομίες που έχουν στόχο τη μείωση του θορύβου στις πόλεις. Οι εμπλεκόμενοι στην ανάπτυξη μεθόδων και τεχνολογιών περιορισμού του θορύβου είναι:

- Κατασκευαστές αυτοκινήτων και διτρώχων
- Κατασκευαστές οδοστρωμάτων,
- Σχεδιαστές συστημάτων ηχομόνωσης
- Προμηθευτές συστημάτων επιτήρησης και διαχείρισης της κυκλοφορίας
- Κατασκευαστές καμερών ταχύτητας και συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας

3.4.2. Πρόβλημα

Το πρόβλημα που επιδιώκει το συγκεκριμένο σύστημα να επιλύσει είναι η διαχείριση της ηχορύπανσης των οδών.

Πολλοί κάτοικοι ζουν κοντά σε δρόμους με αυξημένη κίνηση. Τα πιο σύγχρονα αυτοκίνητα και τα μοτοποδήλατα υπακούουν ήδη σε πρότυπα που αφορούν τον εκπεμπόμενο θόρυβο. Ωστόσο, ορισμένοι ιδιοκτήτες οδηγούν με τρόπο που ο παραγόμενος θόρυβος είναι αυξημένος, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις τροποποιούν τα συστήματα εξάτμισης.

Αυτό έχει τεράστιο αντίκτυπο στους κατοίκους με αποτέλεσμα να εμφανίζονται σε αυτούς τους πληθυσμούς που σχετίζονται με το θόρυβο. Στην ΕΕ, κάθε χρόνο χάνονται 1.000.000 έτη υγιούς ζωής και σχεδόν το 20% των πολιτών της ΕΕ εκτίθενται σε υπερβολικό θόρυβο.

3.4.3. Σκοπός

Οι σκοποί του συστήματος εστιάζουν στα εξής:

- Επικύρωση των επιπτώσεων των νέων τεχνολογιών κινητικότητας στην ηχορύπανση.
- Διατήρηση περιοχών με ήσυχες συνθήκες διαβίωσης.
- Ανάληψη δράσεων αντιμετώπισης της ηχορύπανσης σε εστιασμένα σημεία των δρόμων.
- Υιοθέτηση τρόπων οδήγησης που μειώνουν τον εκπεμπόμενο θόρυβο από τα οχήματα.

- Ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για την ατομική συμβολή στη μείωση της ηχορύπανσης.
- Μείωση του έργου της αστυνομίας όσον αφορά τον έλεγχο του θορύβου των οχημάτων.

3.4.4. Προσέγγιση

Η εταιρεία Acoem ανέπτυξε τα κατάλληλα τεχνολογικά εργαλεία για να εντοπίζονται πηγές αυξημένου θορύβου, ο οποίος επιδρά βλαπτικά σε κατοίκους, διαβάτες αλλά και στους οδηγούς. Το σύστημα ATD παρέχει λεπτομερή ηχητικά δεδομένα που προκύπτουν από τα οχήματα, ώστε να διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων σχετικά με την αντιμετώπιση του θορύβου στους δρόμους.

Προσφέρει επίσης τη δυνατότητα εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο κάθε πηγής που υπερβαίνει τα όρια που έχουν τεθεί, ανοίγοντας έτσι το δρόμο για αυτοματοποιημένα συστήματα επιβολής κυρώσεων, όπως το ραντάρ κατά του θορύβου.

Παραδείγματα δεικτών που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώνει το σύστημα:

- Ανάλυση της εκπεμπόμενης ηχητικής ισχύος ανά κατηγορία οχήματος.
- Σχέση μεταξύ ισχύος ήχου και ταχύτητας κυκλοφορίας.
- Εντοπισμός εκτάκτων καταστάσεων (όπως ενδεικτικά μία έκρηξη ή σύγκρουση οχημάτων).
- Θόρυβος κύλισης των οχημάτων στο οδόστρωμα.

3.4.5. Αποτέλεσμα

Το σύστημα επιτυγχάνει τον έλεγχο της κυκλοφορίας μέσω ραντάρ θορύβου: Ένα πιλοτικό έργο χρήσης τέτοιων ραντάρ θορύβου δοκιμάζεται αυτήν τη στιγμή στη Γαλλία σε 7 Δήμους, το οποίο αποτελείται από έναν συνδυασμό ηχομέτρου, αισθητήρα εντοπισμού και κάμερας αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας. Το πιλοτικό έργο θα διαρκέσει 2 χρόνια.

Στο πλαίσιο του έργου θα αποδειχτεί η δυνατότητα του συστήματος να αναγνωρίζει την πηγή του θορύβου. Οι πληροφορίες αυτές συγκεντρώνονται σε έναν διακομιστή δεδομένων για τον εντοπισμό και, ενδεχομένως, την επιβολή κυρώσεων οχημάτων που παράγουν αυξημένο θόρυβο ή έχουν υποστεί μη εγκεκριμένες τροποποιήσεις.

3.5. Exelerate Smart Traffic

3.5.1. Περίληψη Λύσης

Η Exelerate Smart Traffic αναπτύσσει ένα καινοτόμο σύστημα ελέγχου της κυκλοφορίας σε αστικές περιοχές, που ονομάζεται "Falcon" (Exelerate, 2023). Το σύστημα, το οποίο είναι ήδη εγκατεστημένο στο 30% των πόλεων του Ισραήλ ενσωματώνει σημαντικές παραμέτρους για τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας στις πόλεις:

- Δημιουργεί προφίλ προγραμμάτων οργάνωσης της κυκλοφορίας, τα οποία εφαρμόζονται ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Τα προφίλ αυτά διακρίνονται σε προσαρμοστικά, ημι-προσαρμοστικά και προφίλ που εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας (για παράδειγμα πρωινές ώρες, όταν και οι μετακινήσεις προς τους χώρους εργασίας είναι μαζικές).
- Διασύνδεση με τους διαθέσιμους ελεγκτές των φωτεινών σηματοδοτών και τους αισθητήρες που βρίσκονται στο επίπεδο του δρόμου (ανεξαρτήτως του κατασκευαστή των αισθητήρων).
- Η λειτουργία του συστήματος προσαρμόζεται στις ανάγκες, τις πολιτικές και τους κανονισμούς της πόλης.
- Μπορεί να λειτουργήσει σε μια πόλη ή μια μητροπολιτική περιοχή.

3.5.2. Πρόβλημα

Οι πόλεις σε όλο τον κόσμο αντιμετωπίζουν σημαντική αύξηση του πληθυσμού που φυσικά αυξάνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση και το αποτύπωμα άνθρακα. Τα φανάρια σε πόλεις μικρού και μεσαίου μεγέθους συνήθως σε συστήματα ελέγχου εγκαταστημένα επί του δρόμου, χωρίς κεντρικό σύστημα ελέγχου φωτεινών σηματοδοτών. Αυτό περιορίζει τις πόλεις σε πολύ βασικές μεθόδους ελέγχου της κυκλοφορίας, οι οποίες όμως δεν μπορούν να συμβαδίζουν με την τρέχουσα αύξηση της χρήσης των δρόμων και τις συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης που διαμορφώνονται.

3.5.3. Σκοπός

Το Exelerate αποτελεί ένα σύστημα ελέγχου φωτεινών σηματοδοτών για πόλεις μικρού και μεσαίου μεγέθους.

3.5.4. Προσέγγιση

Το επαναστατικό σύστημα ελέγχου φωτεινών σηματοδοτών της Exelerate, που ονομάζεται "Falcon", βασίζεται σε προφίλ λειτουργίας, προσαρμοστικά, ημι-προσαρμοστικά και προφίλ που εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας.

Το Falcon λειτουργεί ανεξάρτητα με το υλικό παρακολούθησης και ελέγχου της κυκλοφορίας που βρίσκεται στο επίπεδο του δρόμου, επιτρέποντας στην πόλη να διατηρήσει την τρέχουσα υποδομή της (ή να την αντικαταστήσει κατά βούληση) προσθέτοντας το σημαντικό επίπεδο ελέγχου των φωτεινών σηματοδοτών που λείπει από τη λειτουργία της πόλης.

Το Falcon μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως μητροπολιτικό σύστημα ελέγχου φωτεινών σηματοδοτών όπου ο «ιδιοκτήτης» της υποδομής αποκτά πλήρη πρόσβαση στα δεδομένα της κυκλοφορίας και κάθε δήμος έχει πρόσβαση στην υποδομή εντός των ορίων του. Κάθε χρήστης του συστήματος αποκτά δικαιώματα (επεξεργασίας ή προβολής δεδομένων), επιτρέποντας έτσι σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό να εκτελεί μόνο εγκεκριμένες ενέργειες.

Το Exelerate προσφέρει μια πολύ προσιτή προσέγγιση SaaS που επιτρέπει σε κάθε πόλη να επιλέξει ποιες διασταυρώσεις ενδιαφέρεται να ελέγξει και ποιες όχι. Η προσθήκη μιας

διασταύρωσης είναι απλή και πολύ φιλική προς το χρήστη και μπορεί να γίνει από οποιονδήποτε χειριστή με τα αντίστοιχα δικαιώματα. Δεν απαιτείται συγγραφή κώδικα για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, δεδομένου ότι αυτή βασίζεται εξολοκλήρου σε γραφική διεπαφή.

3.5.5. Κόστη

Η κοστολόγηση της λύσης γίνεται βάσει του μοντέλου SaaS (Software as a Service) και η χρέωση προς τον κάτοχο του συστήματος γίνεται βάσει της έκτασης της λύσης (αν αυτή γίνεται σε επίπεδο πόλης ή μητρόπολης) και τον αριθμό των διασταυρώσεων που ελέγχει. Η χρέωση γίνεται με το μοντέλο ενοικίασης (pay as you go).

3.5.6. Αποτέλεσμα

Το Falcon εφαρμόζεται επί του παρόντος στο Ισραήλ σε:

- Οκτώ (8) δήμους της χώρας.
- Κατά μήκος των διασταυρώσεων του σιδηροδρομικού δικτύου που συνδέει το Τελ-Αβίβ με την Ιερουσαλήμ, ελέγχοντας τους φωτεινούς σηματοδότες, και παρέχοντας έλεγχο και προτεραιότητα στις συγκεκριμένες διασταυρώσεις ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο.
- Στο 50% των αυτοκινητόδρομων της χώρας που ελέγχονται από τη Netivei Israel (Αρχή διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων του Ισραήλ).

3.6. Smart Digital Parking

3.6.1. Περίληψη Λύσης

Με τον αυξανόμενο αριθμό οχημάτων κατά κεφαλήν, η στάθμευση έχει γίνει μια δυσάρεστη καθημερινή εμπειρία για τους οδηγούς, οι οποίοι οδηγούν μεγάλες αποστάσεις προκειμένου να βρουν μια θέση στάθμευσης και είναι υποχρεωμένοι να κάνουν δύσκολους ελιγμούς για να παρκάρουν. Το σύστημα Telelink City επιδιώκει να βοηθήσει στη μετατροπή αυτής της καθημερινής δυσκολίας σε ένα απλό μέρος της καθημερινής ρουτίνας των πολιτών με τη βοήθεια έξυπνων τεχνολογιών και συνδεσιμότητας (Alsafery et al., 2018).

Τα έξυπνα ψηφιακά συστήματα στάθμευσης παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης, γεγονός που ελαχιστοποιεί την υποχρέωση του οδηγού να οδηγεί άσκοπα στο δρόμο, αναζητώντας θέση στάθμευσης. Το σύστημα Telelink λειτουργεί μέσω της έκδοσης ηλεκτρονικών εισιτηρίων για τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης. Έχει σχεδιαστεί για να είναι φιλικό προς το χρήστη και γρήγορο, με υπενθυμίσεις που βοηθούν στην προειδοποίηση της λήξης του χρόνου στάθμευσης, ώστε να αποφεύγονται πρόστιμα.

3.6.2. Πρόβλημα

Η αναζήτηση θέσης στάθμευσης στα κέντρα των πόλεων, οδηγεί σε υπερφόρτωση της κυκλοφορίας σε συγκεκριμένες περιοχές του κέντρου τους, οι οποίες γίνονται δυσπρόσιτες, καθώς δεν διαθέτουν επαρκείς χώρους στάθμευσης.

3.6.3. Σκοπός

Ο σκοπός του Telelink είναι να παρέχει στη διοίκηση της πόλης μια γρήγορα εφαρμόσιμη και αξιόπιστη λύση που θα μπορούσε να ενσωματωθεί στις υπάρχουσες υποδομές και συστήματα πληρωμών και επιπλέον να παρέχει πολλαπλούς τρόπους δέσμευσης μιας θέσης στάθμευσης από τον οδηγό και ευέλικτες επιλογές πληρωμής.

3.6.4. Προσέγγιση

Με το έξυπνο ψηφιακό σύστημα στάθμευσης, η διοίκηση της πόλης μπορεί να οργανώσει αποτελεσματικά τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης και να αντιμετωπίσει προβλήματα έγκαιρα, χωρίς να χρειάζεται ιδιαίτερη τεχνογνωσία σε θέματα πληροφορικής.

Τα έξυπνα ψηφιακά συστήματα στάθμευσης παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης, γεγονός που ελαχιστοποιεί την κίνηση στους δρόμους. Ο οδηγός μπορεί από το κινητό του τηλέφωνο να εντοπίσει μία θέση στάθμευσης που τον εξυπηρετεί, να τη δεσμεύσει και να πληρώσει ηλεκτρονικά γι' αυτήν.

3.7. Smart Public Transport

Η εταιρεία Telelink City ανέπτυξε μια έξυπνη υπηρεσία σχετική με τα δημόσια μέσα μεταφοράς, για να βοηθήσει στην επίλυση του προβλήματος της κυκλοφοριακής συμφόρησης τόσο από την πλευρά των φορέων που εμπλέκονται, όσο και για τους πολίτες. Το σύστημα έχει εφαρμοστεί σε αρκετές πόλεις της Βουλγαρίας, της Ρουμανίας και της Πολωνίας. Είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να επιτρέπει στους χρήστες του να το χρησιμοποιούν χωρίς καμία τεχνική εξειδίκευση. Ενσωματώνει ένα έξυπνο σύστημα έκδοσης εισιτηρίων, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο σύστημα να γνωρίζει την πληρότητα κάθε μέσου μεταφοράς (λεωφορείου, τραμ, κ.λπ.). Επιπλέον, η υπηρεσία μπορεί να εφαρμοσθεί σε ενοικιάσεις ποδηλάτων, συνεπιβατισμό και ταξί (Koman et al., 2024).

3.7.1. Πρόβλημα

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι δήμοι και οι φορείς συγκοινωνιών ποικίλλουν:

- Οι πολίτες συχνά δυσχεραστούν από το σημερινό σύστημα δημόσιας συγκοινωνίας
- Ο προϋπολογισμός για τις δημόσιες συγκοινωνίες είναι συχνά χαμηλός
- Τα παλαιού τύπου συστήματα διαχείρισης δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν την πολυπλοκότητα των σύγχρονων δομών μετακίνησης
- Πολλές φορές τα στελέχη έχουν έλλειψη τεχνογνωσίας στον τομέα της πληροφορικής.

3.7.2. Σκοπός

Ο σκοπός του συστήματος είναι η αντιμετώπιση των προβληματικών σημείων του συστήματος δημόσιας συγκοινωνίας, τόσο για τους δήμους όσο και για τους πολίτες.

3.7.3. Προσέγγιση

Η εταιρεία Telelink City, προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση για τις αστικές μετακινήσεις που βοηθά τις πόλεις να μεταβούν σε έναν πιο έξυπνο τρόπο διαχείρισης των δημόσιων μεταφορών. Η λύση περιλαμβάνει:

Παρακολούθηση της κυκλοφορίας των δημόσιων μέσω μεταφοράς. Σε καθημερινή βάση το σύστημα παρακολουθεί τους χρόνους διεξαγωγής των δρομολογίων, την ακρίβειά τους και την πληρότητα των οχημάτων. Το σύστημα επίσης παράγει αναφορές εσόδων από τα εισιτήρια, υπολογίζει την κερδοφορία βάσει των ισχυόντων τιμών των εισιτηρίων και προτείνει τυχόν τροποποιήσεις που πρέπει να γίνουν. Επίσης προτείνει βελτιστοποιήσεις του χρονοδιαγράμματος των δρομολογίων, ώστε το σύστημα να γίνει πιο αποδοτικό.

Ενσωμάτωση παλαιού τύπου εξοπλισμού. Το σύστημα βοηθά στη μετάβαση από μια παλαιού τύπου εγκατάσταση σε μια σύγχρονη πλατφόρμα και επιτρέπει στους επιβάτες να χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα, κωδικούς QR, NFC ή χάρτινα εισιτήρια.

Ενσωματώνει ασφάλεια και απόρρητο Το σύστημα λαμβάνει υπόψη βέλτιστες πρακτικές ασφάλειας χρησιμοποιούνται για τη διασφάλιση της πλήρους συμμόρφωσης με τον κανονισμό GDPR.

Εφαρμογή κινητού για παρακολούθηση των μέσω μεταφοράς. Το σύστημα διαθέτει εφαρμογή για κινητά ώστε να παρέχει στους επιβάτες δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, με σκοπό αυτοί να μπορούν να επωφεληθούν και να σχεδιάζουν αποδοτικά τα δρομολόγια τους, να αγοράζουν εισιτήρια online και να κάνουν ανανέωση της συνδρομής τους.

3.8. Rail Crossing Prediction

3.8.1. Περίληψη Λύσης

Το σύστημα TRAINFO αποτρέπει κυκλοφοριακές καθυστερήσεις και ατυχήματα στις σιδηροδρομικές διαβάσεις προβλέποντας τις κινήσεις των τρένων και στέλνοντας αυτές τις πληροφορίες σε πινακίδες σήμανσης, εφαρμογές, συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας και σε αρμόδιο προσωπικό. Χρησιμοποιεί αισθητήρες ανίχνευσης τρένων και τεχνολογία μηχανικής μάθησης για να παράξει τέτοιου είδους πληροφορίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται ώστε να μειωθούν οι καθυστερήσεις στην κυκλοφορία, ο κίνδυνος σύγκρουσης τρένων αλλά και διερχόμενων οχημάτων με τρένα. Σημαντικό όφελος που μπορεί να προκύψει από το σύστημα είναι ο περιορισμός εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στις σιδηροδρομικές διαβάσεις κατά 20%. Επίσης, σε περιπτώσεις ατυχημάτων, οι μονάδες πρώτων βοηθειών μπορεί να φτάσουν στον τόπο του περιστατικού έως και 2 λεπτά πιο γρήγορα (McCollister & Pflaum, 2007).

3.8.2. Πρόβλημα

Οι φυλασσόμενες σιδηροδρομικές διαβάσεις δημιουργούν συχνά καταστάσεις κυκλοφοριακής συμφόρησης, ενώ παράλληλα οι συνθήκες συμφόρησης στα σημεία αυτά εμποδίζουν τις μονάδες πρώτων βοηθειών να προσεγγίσουν σε περίπτωση ατυχήματος. Η κατασκευή γεφυρών πάνω ή κάτω από σιδηροδρομικές γραμμές είναι δαπανηρή και συχνά αδύνατη σε πυκνές αστικές περιοχές. Τα παλλόμενα φώτα, τα ηχητικά σήματα και οι μπάρες στις σιδηροδρομικές διαβάσεις δεν είναι αποτελεσματικά μέσα για τη μείωση της συμφόρησης και των καθυστερήσεων. Επιπλέον, το 25% των ατυχημάτων στις σιδηροδρομικές διαβάσεις οφείλονται στο γεγονός ότι οι οδηγοί αγνοούν αυτές τις συσκευές προειδοποίησης.

3.8.3. Σκοπός

Το σύστημα TRAINFO στοχεύει να μειώσει την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τις εκπομπές ρύπων και τον κίνδυνο σύγκρουσης στις σιδηροδρομικές διαβάσεις κατά 20% και να μειώσει τις καθυστερήσεις οχημάτων έκτακτης ανάγκης που προκαλούνται από τρένα κατά 2+ λεπτά με πολύ χαμηλό κόστος.

3.8.4. Προσέγγιση

Η TRAINFO χρησιμοποιεί αισθητήρες ανίχνευσης των αμαξοστοιχιών για την πρόβλεψη μπλοκαρίσματος μιας σιδηροδρομικής γραμμής και των επακόλουθων καθυστερήσεων της κυκλοφορίας. Ο χρόνος από την ανίχνευση έως τη διέλευση του τρένου φτάνει έως και 30 λεπτά πριν την άφιξη του τρένου. Οι πληροφορίες για την προσέγγιση της αμαξοστοιχίας προβάλλονται σε κατάλληλες πινακίδες κατά μήκος του δρόμου. Παράλληλα, οι πληροφορίες αυτές αποστέλλονται σε διασυνδεδεμένα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, καθώς και συστήματα αναδρομολόγησης της κυκλοφορίας, ώστε τα οχήματα να αποφύγουν μια μπλοκαρισμένη διάβαση τρένου.

Οι πόλεις εγκαθιστούν τους αισθητήρες του TRAINFO σε στύλους κατά μήκος των σιδηροτροχιών. Οι αισθητήρες στέλνουν δεδομένα στους διακομιστές, οι οποίοι βασίζονται σε τεχνολογία νέφους. Τα δεδομένα αυτά υποβάλλονται σε ανάλυση από εξειδικευμένο λογισμικό. Οι διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών παρέχουν σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικές πληροφορίες για την απελευθέρωση της σιδηροδρομικής διάβασης στους οδηγούς που βρίσκονται κοντά στο σημείο. Το σύστημα μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει πλήρως σε λιγότερο από 3 μήνες από την ανάθεση του έργου.

3.9. Εφαρμογές έξυπνης κινητικότητας στη Νέα Υόρκη

Η Νέα Υόρκη είναι ένα μοναδικό δείγμα μητρόπολης, στην οποία συγκεντρώνεται σημαντική οικονομική δραστηριότητα. Επόμενη είναι η μητρόπολη να βρίσκεται αντιμέτωπη με προβλήματα κυκλοφορίας των οχημάτων και κινητικότητας των πολιτών .

Η Νέα Υόρκη έχει μερικά από τα μεγαλύτερα δίκτυα δημόσιας συγκοινωνίας, ωστόσο, η πόλη αντιμετωπίζει συχνά μπουτιλιαρίσματα και υπερπλήρη λεωφορεία και τρένα.

Η πόλη της Νέας Υόρκης έχει 6.000 μίλια δρόμων που πρέπει να φιλοξενούν περισσότερα από 5.000 δημόσια λεωφορεία, 13.000 ταξί, 60.000 ενοικιαζόμενα οχήματα και εκατομμύρια επιβάτες καθημερινά.

Υπάρχουν δρόμοι οι οποίοι αντιμετωπίζουν τεράστια συμφόρηση για μεγάλα διαστήματα της ημέρα. Για να περιορίσει αυτά τα ζητήματα, το Υπουργείο Μεταφορών (DOT) δημιούργησε το «Midtown in Motion», ένα σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας το οποίο χρησιμοποιεί πληροφορίες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο από διάφορες πηγές για να παρακολουθεί και να ανταποκρίνεται σε διάφορες συνθήκες κυκλοφορίας.

Το σύστημα ενσωματώνει αισθητήρες μικροκυμάτων, βιντεοκάμερες κυκλοφορίας και συσκευές ανάγνωσης ετικετών για τη συλλογή πληροφοριών της ροής κυκλοφορίας, οι οποίες στη συνέχεια μεταδίδονται ασύρματα στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Traffic Management Center, TMC) του DOT.

Καθώς τα οχήματα βρίσκονται σε περιοχές συμφόρησης, εκπέμπουν μια σειρά από αέρια θερμοκηπίου και σωματίδια που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το Midtown in Motion μετριάξει αυτό το φαινόμενο μειώνοντας τους χρόνους αδράνειας του οχήματος, συμβάλλοντας στη διατήρηση του αέρα της Νέας Υόρκης καθαρό, σύμφωνα με έκθεση της Hellman Electric.

Αυτές οι τεχνολογίες εξοικονομούν τον μέσο επιβάτη σχεδόν 15 λεπτά την ημέρα για τη μετάβαση στον προορισμό του, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν και το περιβάλλον.

Η πόλη της Νέας Υόρκης έχει επίσης ξεκινήσει ένα πρόγραμμα για τη συλλογή κρίσιμων δεδομένων από οχήματα για να βοηθήσει στην καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας μέσω αυτοματοποιημένου υλικού ανίχνευσης της συμφόρησης και αλγορίθμων που αποδεδειγμένα μειώνουν το χρόνο αναμονής ανθρώπων και οχημάτων σε διασταυρώσεις.

Στο πλαίσιο των εφαρμογών τεχνολογιών έξυπνης κινητικότητας, η Πολιτεία έχει προσδιορίσει τα λεγόμενα «Municipal Testbeds» για τη δοκιμή και την επικύρωση λύσεων έξυπνων κινητικότητας που αναπτύχθηκαν από εταιρείες τεχνολογίας που συμμετέχουν σε αυτές τις δράσεις. Σύμφωνα με αυτό το πιλοτικό πρόγραμμα, οι εταιρείες τεχνολογίας θα είναι επιλέξιμες να υποβάλουν αίτηση για να εφαρμόσουν τις λύσεις έξυπνων πόλεων που παρέχει η καθεμιά και η εφαρμογή θα γίνεται σε κάποιο ή κάποια από τα «Municipal Testbeds».

Η αυτοματοποιημένη συλλογή δεδομένων μπορεί να εκτελεστεί μέσω υπαρχουσών ροών CCTV ή αισθητήρων τοποθετημένων στο χώρο για τη συλλογή συνεχών μετρήσεων και άλλων δεδομένων με μια ακριβή, ευέλικτη και χαμηλού κόστους μέθοδο. Το έργο θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη κατανόηση των τάσεων που παγιώνονται στις μετακινήσεις των πολιτών και θα βελτιώσει την ασφάλεια των μετακινήσεων.

3.10. Ευφυές Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης

Το Ευφυές Σύστημα διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης αποτελεί μια ενοποιημένη προσπάθεια των βασικών φορέων της πόλης που ασχολούνται με την αστική κινητικότητα, την κυκλοφορία και το περιβάλλον (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2024).

Στόχος του είναι μέσα από τις υπηρεσίες που παρέχει, αφενός να βοηθήσει τον πολίτη να μετακινηθεί ευκολότερα αποφεύγοντας τις συμφορημένες κυκλοφοριακά περιοχές, αφετέρου να διαμορφώσει περιβαλλοντική συνείδηση και να ενισχύσει τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς.

Συγχρόνως, μέσω της αναβαθμισμένης διαχείρισης της κυκλοφορίας στην κεντρική περιοχή της Θεσσαλονίκης, το σύστημα μειώνει την αρνητική επιρροή της στους αέριους ρύπους. Η άμεση εμπλοκή του πολίτη στο σχεδιασμό της μετακίνησής του, του δίνει το δικαίωμα αλλά και την δυνατότητα να συμβάλει ενεργά στην αναβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος της πόλης.

Τέλος, μέσα από ειδικά προγράμματα εκπαίδευσης αστικής κινητικότητας, το νέο σύστημα παρέχει τη δυνατότητα για τη διαμόρφωση μιας νέας κουλτούρας μετακίνησης στην πόλη.

Το σύστημα διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους οντότητες, οι οποίες δρουν συμπληρωματικά και παράλληλα:

- Το Κέντρο Αστικής Κινητικότητας
- Το Κέντρο Ελέγχου της Κυκλοφορίας

3.10.1. Υπηρεσίες Εύρεσης Βέλτιστης Διαδρομής

Δρομολόγηση με αυτοκίνητο: Παροχή εναλλακτικών λύσεων δρομολόγησης για μετακίνηση με ιδιωτικό μέσο μεταφοράς με βάση το μικρότερο χρόνο διαδρομής ή τη μικρότερη απόσταση. Η εκτίμηση του χρόνου διαδρομής γίνεται με βάση τις πραγματικές κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο της πόλης.

Περιβαλλοντικά φιλική δρομολόγηση: Ανάδειξη της διαδρομής με τη χαμηλότερη έκθεση του μετακινούμενου σε ρύπους χρησιμοποιώντας το αυτοκίνητό του αλλά και της οικονομικότερης διαδρομής, η οποία στηρίζεται στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου.

Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς: Παροχή βέλτιστης λύσης μετακίνησης με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς της πόλης.

Συνδυασμένη Μετακίνηση: Παροχή βέλτιστης λύσης μετακίνησης με συνδυασμό οχήματος ιδιωτικής χρήσης και Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Η υπηρεσία αφορά μετακινήσεις με αφετηρία περιοχές εκτός πολεοδομικού συγκροτήματος και προορισμό κεντρικές περιοχές της πόλης. Οι λύσεις αφορούν σε μετακίνηση με αυτοκίνητο μέχρι κάποιο τερματικό σταθμό λεωφορείων όπου υπάρχει χώρος για στάθμευση και συνέχιση σε επιβαρυμένες κυκλοφοριακά περιοχές με χρήση MMM.

Πεζή Μετακίνηση: Ανάδειξη της μικρότερης σε μήκος ασφαλούς για πεζή μετακίνηση διαδρομής.

3.10.2. Υπηρεσίες Πληροφόρησης Μετακινούμενου

Κυκλοφοριακές συνθήκες στο οδικό δίκτυο: Παροχή πληροφοριών για τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν στο οδικό δίκτυο.

Μέσα Μαζικής Μεταφοράς: Παροχή πληροφοριών για διαδρομές και προγράμματα λεωφορειακών γραμμών και για τις στάσεις των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.

Περιβαλλοντική επιβάρυνση: Παροχή πληροφοριών για την ατμοσφαιρική ρύπανση (όπως αυτή καταγράφεται με χρήση μετρητών) και την περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο.

Σημεία Ενδιαφέροντος: Παροχή πληροφοριών για σημεία που αφορούν τόσο στον τουρισμό όσο και στην καθημερινότητα της πόλης (αξιοθέατα, υπηρεσίες, αθλητικές εγκαταστάσεις κ.α.).

3.10.3. Υπηρεσίες Ευαισθητοποίησης – Προώθησης της Αστικής Κινητικότητας

Στο πλαίσιο του έργου προωθείται η γνωριμία με την έννοια της Βιώσιμης Κινητικότητας και προώθηση της χρήσης των φιλικότερων προς το περιβάλλον τρόπων μετακίνησης: Ενημέρωση που αφορά στην γνωριμία με την έννοια της Βιώσιμης Κινητικότητας και στην προώθηση της χρήσης των φιλικότερων προς το περιβάλλον τρόπων μετακίνησης.

3.11. Compass4D

Το έργο **COMPASS4D** (Cooperative Mobility Pilot on Safety and Sustainability Services for Deployment) ήταν ένα χρηματοδοτούμενο από την **Ευρωπαϊκή Ένωση** πρόγραμμα στο πλαίσιο του **7ου Προγράμματος Πλαισίου (FP7)** για την έρευνα και την καινοτομία. Επικεντρώθηκε στη βελτίωση της ασφάλειας, της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας της κινητικότητας μέσω συνεργατικών ευφυών συστημάτων μεταφορών (**C-ITS**, Cooperative Intelligent Transport Systems) (Vreeswijk, Vernet, Huebner, & Jeltic, 2014).

3.11.1. Βασικοί Στόχοι

1. **Ασφάλεια (Safety):** Μείωση των ατυχημάτων μέσω υπηρεσιών που προειδοποιούν τους οδηγούς για πιθανούς κινδύνους.
2. **Αποδοτικότητα (Efficiency):** Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας.
3. **Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα (Sustainability):** Μείωση των εκπομπών CO₂ μέσω καλύτερης διαχείρισης της κυκλοφορίας και συνεργατικών τεχνολογιών.

3.11.2. Υπηρεσίες που Αναπτύχθηκαν

1. **Ειδοποιήσεις Κινδύνου στις Διασταυρώσεις (Intersection Safety):** Παροχή προειδοποιήσεων για επικίνδυνες καταστάσεις σε διασταυρώσεις.
2. **Υποστήριξη Οδηγών για Εξοικονόμηση Ενέργειας (Energy Efficient Intersection Service):** Οδηγίες για βέλτιστη ταχύτητα για τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου σε σηματοδοτημένες διασταυρώσεις.
3. **Ειδοποιήσεις Περιστατικών (Road Hazard Warning):** Ενημέρωση για απρόβλεπτα γεγονότα (π.χ. ατυχήματα ή εμπόδια).

4. **Ασφάλεια Οχημάτων Έκτακτης Ανάγκης (Emergency Vehicle Priority):** Εξασφάλιση προτεραιότητας για οχήματα έκτακτης ανάγκης.

3.11.3. Περιοχές Πιλοτικής Εφαρμογής

Το COMPASS4D εφαρμόστηκε πιλοτικά σε επτά πόλεις:

1. Μπορντό (Γαλλία)
2. Βερόνα (Ιταλία)
3. Βίγκο (Ισπανία)
4. Κοπεγχάγη (Δανία)
5. Νιούκαστλ (Ηνωμένο Βασίλειο)
6. Σαλτσμπουργκ (Αυστρία)
7. Θεσσαλονίκη (Ελλάδα)

Οι πόλεις αυτές επελέγησαν λόγω της ποικιλίας των κυκλοφοριακών και γεωγραφικών τους χαρακτηριστικών.

3.11.4. Τεχνολογίες

Στο πλαίσιο του έργου χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τεχνολογίες:

1. **V2V (Vehicle-to-Vehicle) και V2I (Vehicle-to-Infrastructure):**

- **V2V (Vehicle-to-Vehicle):** Πρόκειται για την απευθείας επικοινωνία μεταξύ οχημάτων, μέσω ασύρματων τεχνολογιών, όπως το Dedicated Short-Range Communications (DSRC) ή το 5G. Επιτρέπει στα οχήματα να ανταλλάσσουν πληροφορίες για την ταχύτητα, την κατεύθυνση, τις προθέσεις φρεναρίσματος και άλλα δεδομένα, βελτιώνοντας την ασφάλεια και μειώνοντας τον κίνδυνο συγκρούσεων.

V2I (Vehicle-to-Infrastructure): Αναφέρεται στην επικοινωνία των οχημάτων με σταθερές υποδομές, όπως φανάρια, πινακίδες, αισθητήρες κυκλοφορίας και σταθμούς διαχείρισης κυκλοφορίας. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την ενημέρωση των οδηγών για κυκλοφοριακές συνθήκες, φανάρια, έργα στο δρόμο, ατυχήματα ή άλλες καταστάσεις που επηρεάζουν τη ροή της κυκλοφορίας.

2. **DSRC (Dedicated Short-Range Communication):**

Ασύρματη τεχνολογία για άμεση και γρήγορη ανταλλαγή δεδομένων.

3. **GPS και αισθητήρες οχημάτων:**

Για ακριβή εντοπισμό και συλλογή δεδομένων.

3.11.5. Αποτελέσματα

1. **Βελτίωση Ασφάλειας:** Οι δοκιμές έδειξαν μείωση ατυχημάτων σε επικίνδυνες διασταυρώσεις.
2. **Μείωση Εκπομπών:** Μέσω καλύτερης κυκλοφοριακής διαχείρισης και οδηγών.

3. **Ευκολία Χρήσης:** Οι οδηγοί που συμμετείχαν βρήκαν τις υπηρεσίες χρήσιμες και εύχρηστες.

3.11.6. Διαχρονική Σημασία

Το COMPASS4D ήταν ένα από τα πρώτα μεγάλα έργα που έδειξαν την αποτελεσματικότητα των C-ITS σε πραγματικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα του έργου έχουν επηρεάσει μετέπειτα προγράμματα όπως το **C-ROADS** και το **HARMONY**, τα οποία επεκτείνουν τη χρήση συνεργατικών συστημάτων σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η υιοθέτηση C-ITS τεχνολογιών που δοκιμάστηκαν στο COMPASS4D συνεχίζει να αποτελεί κεντρικό στόχο της στρατηγικής κινητικότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

3.12. SocialCar

Το SocialCar (2015-2018) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα H2020 και ανέπτυξε ένα προηγμένο σύστημα έξυπνων μεταφορών (ITS) με καινοτόμο προσέγγιση στη διαχείριση της ζήτησης μετακινήσεων. Κύριος στόχος του έργου ήταν η δημιουργία ενός δικτύου ανταλλαγής πληροφοριών για την κοινή χρήση αυτοκινήτων, το οποίο θα ενσωματωνόταν στα υφιστάμενα συστήματα μεταφορών. Επιπλέον, το έργο επιδίωκε να μειώσει τη συμφόρηση, να υποστηρίξει την πράσινη οδήγηση και να αναπτύξει μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική διαχείρισης μεγάλων δεδομένων για τη συγκέντρωση δεδομένων κινητικότητας. Επίσης, στόχευε στη δημιουργία μιας ανοιχτής πλατφόρμας αποθήκευσης δεδομένων για την κυκλοφορία και τις δημόσιες συγκοινωνίες στις πόλεις (CORDIS, 2024).

3.12.1. Αποτελέσματα

Το SocialCar ανέπτυξε μια φιλική προς τον χρήστη πλατφόρμα για προγραμματισμό και κρατήσεις, καθώς και ένα ενιαίο σύστημα πληρωμών που συνδυάζει την κοινή χρήση αυτοκινήτου με τις δημόσιες συγκοινωνίες. Το έργο δοκιμάστηκε σε 10 ευρωπαϊκές πόλεις και η υπηρεσία διατέθηκε ως εφαρμογή με την ονομασία RideMyRoute μέσω του Google Play και του App Store της Apple. Η καινοτομία του έργου δεν ήταν μόνο τεχνολογική, καθώς επέτρεπε την ηλεκτρονική πληρωμή, αλλά και οικονομική, με την ανάπτυξη νέων μοντέλων κινητικότητας. Έτσι, το SocialCar προχώρησε από το στάδιο της έρευνας στην υλοποίηση, με την εφαρμογή του πλέον διαθέσιμη στο κοινό.

3.13. VRUITS

Το VRUITS (2013-2016) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το FP7-TRANSPORT, με στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας και της κινητικότητας των ευάλωτων χρηστών του δρόμου (VRUs) μέσω εφαρμογών ITS. Το έργο αξιολόγησε τον κοινωνικό αντίκτυπο διαφόρων ITS και παρείχε τεκμηριωμένες προτάσεις για το πώς οι ανάγκες των VRUs μπορούν να ενσωματωθούν αποτελεσματικότερα στα έξυπνα συστήματα μεταφορών. Παράλληλα, μελέτησε τον τρόπο με τον οποίο οι διεπαφές ανθρώπου-μηχανής (HMI) μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα στις ανάγκες τους (POLIS, 2016).

3.13.1. Αποτελέσματα

Το έργο αξιολόγησε 10 καινοτομίες στον τομέα της οδικής ασφάλειας και εντόπισε τα πιο αποτελεσματικά μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας και της άνεσης των VRUs. Διαπιστώθηκε ότι η έμφαση στον σχεδιασμό οχημάτων και υποδομών συχνά αγνοούσε τις ανάγκες των VRUs. Πραγματοποιήθηκε λεπτομερής ανάλυση κόστους-οφέλους, η οποία συνέβαλε στην παροχή σαφών προτάσεων για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τη βιομηχανία. Στο πλαίσιο του έργου, αναπτύχθηκαν και δοκιμάστηκαν επτά συστήματα που βελτίωσαν σημαντικά την ασφάλεια και την κινητικότητα των VRUs. Σε πιλοτική εφαρμογή στην Ισπανία, αναπτύχθηκε το σύστημα "SafeCross", το οποίο βοηθά πεζούς με μειωμένη κινητικότητα να διασχίζουν τους δρόμους με μεγαλύτερη ασφάλεια.

3.14. 2MOVE2

Το 2MOVE2 (2012-2016) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το FP7-TRANSPORT και στόχευε στην ενίσχυση της αστικής κινητικότητας μέσω της ανάπτυξης βιώσιμων συστημάτων μεταφορών σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις. Το έργο επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη και εφαρμογή παρόμοιων μέτρων σε τέσσερις πόλεις, προκειμένου να συγκριθεί η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων σε διαφορετικά αστικά περιβάλλοντα. Τα μέτρα σχεδιάστηκαν ώστε να είναι εύκολα εφαρμόσιμα και σε μικρότερες πόλεις. Περιλάμβαναν την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας, βιώσιμου σχεδιασμού μεταφορών και ITS για προσωπικές και εμπορευματικές μετακινήσεις (New forms of sustainable urban transport and mobility, 2016).

3.14.1. Αποτελέσματα

Στις τέσσερις συμμετέχουσες πόλεις (Μπρνο, Τελ Αβίβ, Μάλαγα και Στουτγάρδη), οι εταίροι του 2MOVE2 υλοποίησαν 23 μέτρα βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Στη Στουτγάρδη, αναβαθμίστηκε το σύστημα carpooling, αυξάνοντας τη χρήση κοινόχρηστων οχημάτων. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα ειδικό οδικό δίκτυο για βαρέα φορτηγά οχήματα (HGV), με στόχο τη μείωση της ατμοσφαιρικής και ηχορύπανσης. Στη Μάλαγα, αναπτύχθηκαν οδηγίες για την εφαρμογή δυναμικού συστήματος παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα. Στο Μπρνο, εξετάστηκε η δυνατότητα υιοθέτησης υπηρεσίας λεωφορείων κατά παραγγελία και η χρήση ηλεκτρικών mini-bus. Στο Τελ Αβίβ, δοκιμάστηκαν μη οικονομικά κίνητρα για την προώθηση βιώσιμων μεταφορών. Τα αποτελέσματα αυτών των παρεμβάσεων βοήθησαν τις πόλεις να κατανοήσουν καλύτερα τη σημασία της βιώσιμης αστικής κινητικότητας, αναδεικνύοντας τα κενά στις υποδομές και τις πολιτικές που απαιτούν βελτιώσεις.

3.15. InDeV

Το InDeV (2015-2018) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το H2020 και είχε ως στόχο να προσφέρει βαθύτερη κατανόηση των αιτιών των οδικών ατυχημάτων. Το έργο επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη μιας εργαλειοθήκης ανάλυσης των αιτιών ατυχημάτων για ευάλωτους χρήστες του δρόμου (VRUs). Η ανάλυση βασίστηκε σε βάσεις δεδομένων ατυχημάτων, λεπτομερείς έρευνες, δείκτες ασφαλείας, αυτοαναφερόμενα περιστατικά και δεδομένα συμπεριφοράς, με στόχο την κατανόηση των παραγόντων που οδηγούν σε ατυχήματα (InDeV: In-Depth understanding of accident causation for Vulnerable road users, 2018).

3.15.1. Αποτελέσματα

Το κύριο αποτέλεσμα του InDeV ήταν η δημιουργία ενός εγχειριδίου με αποτελεσματικές μεθόδους ανάλυσης της οδικής ασφάλειας, αναδεικνύοντας τα οφέλη και τους περιορισμούς τους. Διαπιστώθηκε ότι η εξάρτηση από τις αναφορές της αστυνομίας υποτιμά σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων με πεζούς και ποδηλάτες στην Ευρώπη. Επιπλέον, το έργο ανέπτυξε μια μοναδική βάση δεδομένων, καταγράφοντας περισσότερες από 10.000 αλληλεπιδράσεις μεταξύ οχημάτων και VRUs. Παρόλο που το έργο έχει ολοκληρωθεί, τα δεδομένα και τα εργαλεία του θα χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικά έργα.

3.16. XCYCLE

Το XCYCLE (2015-2018) είναι ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το H2020, το οποίο στόχευε στην ανάπτυξη μιας λύσης για τη βελτίωση της μεταχείρισης των ποδηλατών στην κυκλοφορία, τη βελτίωση της ασφάλειας και της άνεσης των ποδηλατών και ως εκ τούτου, την αύξηση της ενεργητικής απορρόφησης των ταξιδιών. Το έργο στόχευε στην ανάπτυξη τεχνολογιών για τη βελτίωση της ενεργητικής και παθητικής ανίχνευσης ποδηλατών στην κυκλοφορία, συστημάτων ενημέρωσης οχημάτων και ποδηλατών για κινδύνους σε κόμβους και συνεργατικών συστημάτων για τη μείωση των ατυχημάτων. Το XCYCLE είχε επίσης στόχο να αναπτύξει και να δοκιμάσει ένα ποδήλατο επίδειξης με συνεργατική τεχνολογία (Advanced measures to reduce cyclists' fatalities and increase comfort in the interaction with motorised vehicles, 2018).

3.16.1. Αποτελέσματα

Η XCYCLE ανέπτυξε τεχνολογίες που στοχεύουν στη βελτίωση της ασφάλειας και της άνεσης των ποδηλατών. Αναπτύχθηκε ένα σύστημα ανίχνευσης εντός του οχήματος και ένα σύστημα σχεδιασμένο να επιτρέπει την αποφυγή κινδύνου. Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα ποδήλατο επίδειξης με συνεργατική τεχνολογία. Όλα τα διαλύματα δοκιμάστηκαν και επαληθεύτηκαν μέσω περιπτώσεων χρήσης στο Braunschweig. Το έργο συνέβαλε στην ανάπτυξη προηγμένων μέτρων για τη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται ποδηλάτες. Τα εργαλεία που αναπτύχθηκαν από αυτό το έργο θα συμβάλλουν στην ανάπτυξη του Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Οδικής Ασφάλειας (ERSO), παρέχοντας πρόσθετες γνώσεις και εξειδικευμένες πληροφορίες για προσθήκη στην πύλη.

3.17. EMPOWER

Το EMPOWER (2015-2018) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το H2020 και στόχευε στη μείωση της χρήσης οχημάτων με συμβατικά καύσιμα (CFV) στις πόλεις, προωθώντας την αλλαγή συμπεριφοράς των πολιτών. Επιδίωκε να μειώσει τη χρήση οχημάτων CFV μέσω της προώθησης εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης, της κοινής χρήσης οχημάτων και της συνολικής μείωσης της ζήτησης για CFV. Το έργο ανέπτυξε την εργαλειοθήκη EMPOWER, δίνοντας στους φορείς χάραξης πολιτικής και στους επαγγελματίες του κλάδου τα απαραίτητα εργαλεία για την εφαρμογή μέτρων που θα συμβάλλουν στη βιώσιμη κινητικότητα (EMPOWERING a reduction in use of conventionally fueled vehicles using Positive Policy Measures, 2018).

3.17.1. Αποτελέσματα

Το EMPOWER συγκέντρωσε και εδραίωσε γνώσεις σχετικά με τη χρήση κινήτρων και κοινωνικών καινοτομιών για τη μείωση της χρήσης CFV. Μέσω εφαρμογών smartphone, προσφέρθηκαν εξατομικευμένα κίνητρα στους χρήστες, ενώ ταυτόχρονα ενσωματώθηκε λογισμικό παρακολούθησης της κινητικότητας, βοηθώντας στην κατανόηση των ατομικών μεταφορικών συνηθειών. Το έργο παρήγαγε 22 αποτελέσματα, από την ανάλυση διεθνών επιχειρηματικών μοντέλων μέχρι την ανάπτυξη ενός μοντέλου συμπεριφοράς και την πιλοτική εφαρμογή μέτρων στις πόλεις. Επιπλέον, η εργαλειοθήκη EMPOWER κυκλοφόρησε ως ένα σύνολο οδηγιών, μελετών περιπτώσεων και εργαλείων για τη διευκόλυνση των ενδιαφερόμενων φορέων στην υλοποίηση πρωτοβουλιών για τη μείωση της χρήσης CFV. Το έργο προχώρησε από την αρχική φάση έρευνας στην επίδειξη, δοκιμάζοντας τις λύσεις του σε πραγματικές συνθήκες.

3.18. FLOW

Το FLOW (2015-2018) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το H2020 και είχε ως στόχο να αλλάξει τον τρόπο που αντιμετωπίζεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση στα αστικά περιβάλλοντα, προωθώντας τη χρήση μη μηχανοκίνητων μέσων μετακίνησης. Για να το επιτύχει, το FLOW ανέπτυξε μια φιλική προς τον χρήστη μεθοδολογία για την αξιολόγηση της δυνατότητας βάρδισης και της χρήσης ποδηλάτου ως τρόπους μείωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Επιπλέον, ανέπτυξε εργαλεία που επιτρέπουν στις πόλεις να αξιολογούν τις επιπτώσεις των σχετικών μέτρων (CIVITAS - Sustainable and smart mobility for all, 2018).

3.18.1. Αποτελέσματα

Το FLOW συνέβαλε σημαντικά στην ενίσχυση της γνώσης σχετικά με το περπάτημα και το ποδήλατο ως λύσεις για τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Το έργο ανέπτυξε εργαλεία αξιολόγησης που περιλάμβαναν εκτίμηση των επιπτώσεων της συμφόρησης, ανάλυση των κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων, μελέτη ήπιων παρεμβάσεων και ανάλυση κόστους-οφέλους. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα κυκλοφορίας για την προσαρμογή και αξιολόγηση των επιπτώσεων της πεζοπορίας και της ποδηλασίας. Το FLOW εισήγαγε έναν πολυτροπικό ορισμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο τα αυτοκίνητα αλλά και τους πεζούς και τους ποδηλάτες. Με αυτήν τη μεθοδολογία, οι υπεύθυνοι σχεδιασμού μεταφορών απέκτησαν ένα χρήσιμο εργαλείο για τη σύγκριση των επιπτώσεων των παραδοσιακών μέτρων με εκείνα που ενισχύουν την πεζοπορία και την ποδηλασία.

3.19. VitalNodes

Το VitalNodes (2017-2019) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το H2020 και στόχευε στη διαμόρφωση τεκμηριωμένων προτάσεων για την πιο οικονομική και βιώσιμη ενσωμάτωση των 88 αστικών κόμβων του δικτύου ΔΕΔ-Μ. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη βελτίωση της πολυτροπικής και διατροφικής σύνδεσης μεταξύ της εφοδιαστικής αλυσίδας μεγάλων αποστάσεων και της διανομής στο τελευταίο μίλι. Το έργο αποσκοπούσε επίσης στη δημιουργία ενός διαρκούς δικτύου ευρωπαϊκών, εθνικών και περιφερειακών φορέων, εφαρμόζοντας δοκιμασμένες μεθοδολογίες για τη βελτιστοποίηση των αστικών περιοχών

από την οπτική της πολυτροπικής μεταφοράς και της χωρικής ανάπτυξης (VITAL NODES, 2019).

3.19.1. Αποτελέσματα

Το VitalNodes ανέπτυξε ένα αυτοσυντηρούμενο δίκτυο ειδικών, τελικών χρηστών και διαχειριστών υποθέσεων. Διοργανώθηκαν εργαστήρια σε διάφορους αστικούς κόμβους, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τις τοπικές αρχές για τις ανάγκες έρευνας και χρηματοδότησης που απαιτούνται για την προώθηση της βιώσιμης ενσωμάτωσης των κόμβων στο δίκτυο ΔΕΔ-Μ. Επιπλέον, το έργο ανέπτυξε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση VitalNodes για μελλοντικές εφαρμογές, η οποία περιλαμβάνει μια βελτιωμένη εργαλειοθήκη, μια μεθοδολογία αξιολόγησης και μια στρατηγική ανάπτυξης. Μέσα από αυτήν τη διαδικασία, συνέβαλε στην εξεύρεση βιώσιμων λύσεων για τη διατροπική διανομή εμπορευμάτων σε αστικές περιοχές, καθώς και στη διαχείριση μεταφορών μεγάλων αποστάσεων και του τελευταίου μιλίου.

3.20. SMARTFUSION

Το SMARTFUSION (2012-2015) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το FP7-TRANSPORT και είχε ως στόχο την ανάπτυξη και εφαρμογή καινοτόμων λύσεων στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές. Το έργο επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση της σκοπιμότητας ενσωμάτωσης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας, συνδυάζοντας τεχνολογίες οχημάτων με έξυπνα συστήματα για τη δημιουργία κέντρων αστικής διανομής και τηλεματικών δικτύων. Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα «Έξυπνο Εργαλείο Σχεδιασμού Αστικών Περιοχών», που επιτρέπει σε πόλεις και εταιρείες να αξιολογούν το κόστος και τα οφέλη των τεχνολογιών έξυπνης εφοδιαστικής (Smart Urban Freight Solutions, 2015).

3.20.1. Αποτελέσματα

Το SMARTFUSION συνέβαλε στη μείωση των εκπομπών ρύπων και της κυκλοφοριακής συμφόρησης που σχετίζονται με τις εμπορευματικές μεταφορές. Στόχος του έργου ήταν η προώθηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα, μέσω της ανάπτυξης έξυπνων συστημάτων σχεδιασμού διανομών. Με τρεις πιλοτικές εφαρμογές στο Βερολίνο, τη Λομβαρδία και το Newcastle, το SMARTFUSION κατάφερε να ενσωματώσει βιώσιμες τεχνολογίες σε αστικά περιβάλλοντα. Περιλάμβανε τη χρήση λογισμικού σχεδιασμού διαδρομών ειδικά προσαρμοσμένου για ηλεκτρικά οχήματα. Το έργο ανέπτυξε επίσης μια νέα αρχιτεκτονική συστήματος για logistics χαμηλών εκπομπών άνθρακα, καθώς και ένα νέο μοντέλο υβριδικών φορτηγών και λεωφορείων. Οι τεχνολογίες και τα συστήματα που αναπτύχθηκαν δοκιμάστηκαν και αποδείχθηκαν τόσο τεχνικά όσο και εμπορικά βιώσιμα.

3.21. OPTICITIES

Το OPTICITIES (2013-2016) ήταν ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το FP7-TRANSPORT και είχε ως στόχο την ενίσχυση της συνδεσιμότητας των δικτύων μεταφορών μέσω της συνεργασίας δημόσιου και ιδιωτικού τομέα για την ανάπτυξη προηγμένων ITS. Το έργο

ανέπτυξε εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων με επίκεντρο τη διαχείριση δεδομένων, διευκολύνοντας την κινητικότητα και επιτρέποντας στους φορείς εκμετάλλευσης στόλων να βελτιστοποιούν τις παραδόσεις τους στις πόλεις. Παράλληλα, το έργο εισήγαγε ένα νέο μοντέλο διακυβέρνησης, ενισχύοντας τη συνεργασία μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων για την αποτελεσματικότερη λειτουργία των αστικών συγκοινωνιών (Alfonso et al., 2016).

3.21.1. Αποτελέσματα

Το OPTICITIES ανέπτυξε και δοκίμασε μια σειρά αστικών λύσεων ITS σε έξι ευρωπαϊκές πόλεις: Grand Lyon Métropole, Μπέρμιγχαμ, Γκέτεμποργκ, Μαδρίτη, Τορίνο και Βρότσλαβ. Μεταξύ των βασικών επιτευγμάτων του ήταν η ανάπτυξη μιας διεπαφής που επέτρεπε σε εφαρμογές πολυτροπικών μεταφορών να συνδέονται με τα συστήματα πλοήγησης των οχημάτων, η δημιουργία μιας ανοιχτής αρχιτεκτονικής ITS και η εισαγωγή ενός συστήματος παρακολούθησης αστικών πολυτροπικών δεδομένων. Επιπλέον, οι εταίροι του OPTICITIES ανέπτυξαν υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο για carpooling, διαχείριση οδικών έργων και βελτιστοποιημένη πλοήγηση στις πόλεις.

3.22. BUSUP

Το BUSUP (2017-2018) είναι ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από το H2020, με στόχο να δώσει στους επιβάτες τη δυνατότητα να κάνουν κράτηση για λεωφορεία κατά παραγγελία μέσω μιας πλατφόρμας κοινής χρήσης. Στο πλαίσιο του έργου, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή και μια διαδικτυακή πλατφόρμα, που επιτρέπουν στους χρήστες να σχεδιάζουν τις δικές τους διαδρομές είτε για λόγους αναψυχής είτε για καθημερινές μετακινήσεις. Το BUSUP παρέχει μια εναλλακτική λύση σε περιοχές με περιορισμένες δημόσιες συγκοινωνίες, προσφέροντας έναν πιο βιώσιμο και οικονομικά αποδοτικό τρόπο μετακίνησης σε σύγκριση με τα συμβατικά ιδιωτικά οχήματα. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης (AI) για να προσφέρει τις βέλτιστες διαδρομές στους επιβάτες (BusUp: Multi-platform On-demand Crowdsourced Bus Transportation for Smart City Mobility, 2018).

3.22.1. Αποτελέσματα

Μετά από δοκιμές με εταιρείες μεταφορών και επιβάτες στη Βαρκελώνη, το BUSUP επέκτεινε τη δραστηριότητά του, προσφέροντας εξατομικευμένα δρομολόγια. Μέσω της εφαρμογής BUSUP, οι χρήστες μπορούν να σχεδιάσουν τη διαδρομή τους, να λάβουν προσφορές και να νοικιάσουν λεωφορεία για να ολοκληρώσουν το ταξίδι τους. Η εφαρμογή επιτρέπει επίσης την κατανομή του κόστους μεταξύ των επιβατών, διευκολύνοντας την οικονομική διαχείριση της μετακίνησης.

Επιπλέον, η υπηρεσία υποστηρίζει κοινά δρομολόγια λεωφορείων για οργανισμούς, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να υιοθετήσουν πιο βιώσιμες λύσεις μετακίνησης. Αυτή η λειτουργία περιλαμβάνει τη διαχείριση διαδρομών και την ευέλικτη χρέωση. Μέχρι στιγμής, η εφαρμογή έχει προσελκύσει πάνω από 90 εταιρείες, συμβάλλοντας σε περισσότερα από 3.880 ταξίδια και μειώνοντας τις εκπομπές και ακαδημαϊκές μελέτες.

4. Κατηγοριοποίηση και Ανάλυση Λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας

Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στην ανάλυση και σύγκριση διαφόρων λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας, οι οποίες βασίζονται σε σύγχρονες τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data), τα Δίκτυα Επικοινωνιών 5G, καθώς και οι τεχνολογίες Συνεργατικών Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών (C-ITS).

Στο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας που περιλαμβάνει 22 διαφορετικές λύσεις Έξυπνης Κινητικότητας, κατηγοριοποιημένες με βάση την περιγραφή, τις τεχνολογίες που αξιοποιούν και τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Η ανάλυση αυτή αποσκοπεί στην παροχή μιας συνολικής εικόνας των τάσεων στον τομέα των έξυπνων μεταφορών, επισημαίνοντας τις κύριες λειτουργίες κάθε λύσης και τον τρόπο με τον οποίο συνεισφέρει στη βελτίωση της κινητικότητας στις σύγχρονες πόλεις.

Με τη σύγκριση των λύσεων αυτών, επιδιώκεται η αναγνώριση των δυνατών και αδύναμων σημείων των διαφορετικών τεχνολογικών προσεγγίσεων, καθώς και η κατανόηση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες πόλεις στην υιοθέτησή τους. Η παρουσίαση και αξιολόγηση αυτών των λύσεων αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για φορείς χάραξης πολιτικής, ερευνητές και επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα της έξυπνης κινητικότητας, επιτρέποντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων τεχνολογιών.

Η ανάλυση των λύσεων έξυπνης κινητικότητας βασίζεται σε συγκεκριμένα κριτήρια αξιολόγησης, όπως η χρήση τεχνολογιών IoT και AI, η εφαρμογή σε πραγματικά σενάρια και η αποτελεσματικότητά τους στη διαχείριση της κυκλοφορίας. Ο συγκεντρωτικός πίνακας που ακολουθεί περιλαμβάνει τις σημαντικότερες λύσεις, συνοψίζοντας τα βασικά τους χαρακτηριστικά και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν.

Πίνακας 2. Συγκεντρωτικός πίνακας λύσεων με περιγραφή, τεχνολογίες και βασικά χαρακτηριστικά.

Όνομα	Περιγραφή	Τεχνολογία	Βασικά Χαρακτηριστικά
Exelerate Smart Traffic	Έξυπνο σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας που χρησιμοποιεί AI και αισθητήρες	AI, IoT, αισθητήρες κυκλοφορίας	Βελτιστοποίηση φωτεινών σηματοδοτών, προσαρμοστική διαχείριση κυκλοφορίας
Noise Radar	Σύστημα μέτρησης και ανάλυσης ηχορύπανσης από την κυκλοφορία	Ηχητικοί αισθητήρες, AI	Εντοπισμός θορυβωδών οχημάτων, μείωση ηχορύπανσης
Rail Crossing Prediction	Σύστημα πρόβλεψης κίνησης τρένων για αποφυγή καθυστερήσεων	Αισθητήρες ανίχνευσης τρένων, AI	Πρόβλεψη μπλοκαρίσματος διάβασης, ενημέρωση οδηγών
Paradox Engineering Smart Parking Solution	Έξυπνη στάθμευση για βαρέα οχήματα	Αισθητήρες στάθμευσης, IoT	Παρακολούθηση πληρότητας, καθοδήγηση οδηγών
Smart Digital Parking	Ψηφιακό σύστημα διαχείρισης στάθμευσης	IoT, αισθητήρες θέσεων	Διαχείριση θέσεων στάθμευσης, ηλεκτρονική πληρωμή
PwC Mobility Platform	Πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων κινητικότητας	Big Data, AI, IoT	Ανάλυση μετακινήσεων, βελτιστοποίηση δημόσιων συγκοινωνιών
Smart Public Transport	Έξυπνο σύστημα διαχείρισης δημόσιων συγκοινωνιών	GPS, AI, IoT	Πληροφόρηση επιβατών, διαχείριση δρομολογίων
COMPASS4D	Σύστημα συνεργατικών ευφυών μεταφορών	V2V, V2I, AI	Ασφάλεια διασταυρώσεων, βελτιστοποίηση κυκλοφορίας
Road Surface Monitoring with Connected Vehicle Data	Παρακολούθηση κατάστασης οδοστρώματος μέσω δεδομένων από οχήματα	Αισθητήρες οχημάτων, AI	Πρόβλεψη συντήρησης, βελτίωση οδικής ασφάλειας
SocialCar	Πλατφόρμα κοινής χρήσης οχημάτων	Ψηφιακή πλατφόρμα, AI	Διαμοιρασμός διαδρομών, μείωση συμφόρησης

Όνομα	Περιγραφή	Τεχνολογία	Βασικά Χαρακτηριστικά
EMPOWER	Σύστημα προώθησης εναλλακτικών μετακινήσεων	Big Data, IoT	Ενημέρωση πολιτών, κίνητρα για βιώσιμη κινητικότητα
FLOW	Σύστημα ανάλυσης κυκλοφοριακής συμφόρησης	Big Data, AI	Αξιολόγηση επιπτώσεων, μείωση συμφόρησης
VRUITS	Σύστημα υποστήριξης μετακινήσεων ευάλωτων χρηστών	IoT, AI	Ασφάλεια πεζών και ποδηλατών, βελτίωση μετακινήσεων
2MOVE2	Πλατφόρμα βελτίωσης δημόσιων μεταφορών	Big Data, AI	Ανάλυση δρομολογίων, εξοικονόμηση κόστους
InDeV	Σύστημα παρακολούθησης οδικής ασφάλειας	IoT, αισθητήρες	Ανάλυση ατυχημάτων, βελτίωση υποδομών
XCYCLE	Σύστημα υποστήριξης ποδηλατικής μετακίνησης	IoT, AI	Βελτίωση συνθηκών για ποδηλάτες, ασφάλεια
VitalNodes	Πλατφόρμα διαχείρισης δικτύων μεταφορών	Big Data, IoT	Ανάλυση κινητικότητας, βελτίωση δικτύων
SMARTFUSION	Έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα μεταφορών	IoT, AI, Big Data	Βελτίωση αποδοτικότητας logistics, μείωση εκπομπών
OPTICITIES	Έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας σε πόλεις	AI, IoT	Προβλέψεις κυκλοφορίας, μείωση συμφόρησης
BUSUP	Πλατφόρμα διαμοιρασμένης μετακίνησης με λεωφορεία	Ψηφιακή πλατφόρμα, AI	Ευέλικτες διαδρομές, κοινή χρήση δρομολογίων
Virtual Traffic Management	Ψηφιακό σύστημα ελέγχου κυκλοφορίας	Big Data, AI	Προσομοίωση και διαχείριση ροής οχημάτων
Adaptive Traffic Control	Αυτόματη ρύθμιση φωτεινών σηματοδοτών	IoT, AI	Μείωση συμφόρησης, βελτίωση ροής

Από την ανάλυση του πίνακα προκύπτει ότι οι περισσότερες λύσεις βασίζονται σε συνδυασμό τεχνολογιών IoT, AI και Big Data. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές στην εστίαση κάθε λύσης: ορισμένες στοχεύουν στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, ενώ άλλες στη βελτίωση της στάθμευσης ή στην ενίσχυση της οδικής ασφάλειας. Οι μελλοντικές εξελίξεις αναμένεται να βελτιώσουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ αυτών των συστημάτων, αυξάνοντας την αποδοτικότητα των έξυπνων μεταφορών.

4.1. Κατηγοριοποίηση Λύσεων

Οι λύσεις που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής βασικές κατηγορίες εφαρμογών Έξυπνης Κινητικότητας:

Πίνακας 3. Συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας

Συστήματα Διαχείρισης Κυκλοφορίας
Exelerate Smart Traffic
Noise Radar
Rail Crossing Prediction
Virtual Traffic Management
Adaptive Traffic Control

Πίνακας 4. Συστήματα διαχείρισης στάθμευσης

Έξυπνη Στάθμευση
Paradox Engineering Smart Parking Solution
Smart Digital Parking

Πίνακας 5. Διαχείριση κυκλοφοριακών συνθηκών

Διαχείριση και Πρόβλεψη Κυκλοφοριακών Συνθηκών
PwC Mobility Platform
Smart Public Transport
COMPASS4D
OPTICITIES

Πίνακας 6. Συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης του οδοστρώματος

Συστήματα Ανάλυσης Οδοστρώματος και Συντήρησης
Road Surface Monitoring with Connected Vehicle Data

Πίνακας 7. Λύσεις κοινής χρήσης πόρων

Λύσεις Βιώσιμης Κινητικότητας και Κοινής Χρήσης
SocialCar
EMPOWER
FLOW
VRUITS
2MOVE2
InDeV
XCYCLE
VitalNodes
SMARTFUSION
BUSUP

Με βάση αυτήν την κατηγοριοποίηση, ακολουθεί η ανάλυση των λύσεων σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης: Ανάλυση λειτουργικών χαρακτηριστικών, Οικονομική ανάλυση, και Ανάλυση βιωσιμότητας.

4.2. Ανάλυση λειτουργικών χαρακτηριστικών

Η Ανάλυση λειτουργικών χαρακτηριστικών επικεντρώνεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά των λύσεων, τη λειτουργικότητα και τη διαλειτουργικότητά τους. Οι βασικοί δείκτες αξιολόγησης είναι:

Τύπος αισθητήρων: Οι περισσότερες λύσεις χρησιμοποιούν IoT αισθητήρες για συλλογή δεδομένων. Π.χ., το Road Surface Monitoring χρησιμοποιεί αισθητήρες εγκατεστημένους σε συνδεδεμένα οχήματα.

Ακρίβεια δεδομένων: Υψηλή ακρίβεια δεδομένων παρατηρείται σε λύσεις όπως το PwC Mobility Platform και το Exelerate Smart Traffic, που βασίζονται σε δεδομένα πραγματικού χρόνου.

Ταχύτητα απόκρισης: Ταχύτερη απόκριση έχουν οι λύσεις που χρησιμοποιούν AI και real-time data processing, όπως το Noise Radar.

Συμβατότητα με άλλα συστήματα: Οι περισσότερες λύσεις λειτουργούν με υπάρχοντα δίκτυα μεταφορών, π.χ., το Smart Public Transport συνδέεται με υπάρχοντα συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών.

Πίνακας 8. Βαθμονόμηση των λύσεων ανά δείκτη Ανάλυσης λειτουργικών χαρακτηριστικών

Λύση	Τύπος Αισθητήρων	Ακρίβεια Δεδομένων	Ταχύτητα Απόκρισης	Συμβατότητα με άλλα Συστήματα	Δείκτες Μέτρησης
Road surface monitoring with connected vehicle data	Αισθητήρες οχημάτων	Υψηλή	Μέση	Υψηλή	Δόνηση (Hz, g), ανωμαλίες επιφάνειας, γεωεντοπισμός (συντεταγμένες)
PwC Mobility Platform	Κινητά τηλέφωνα	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Τοποθεσία (Συντεταγμένες - Γεωγραφικό πλάτος/μήκος) μέσω GPS, Ταχύτητα Κίνησης χρηστών (km/h), Χρόνος Διαδρομής (min), Πυκνότητα Κίνησης (Χρήστες/m ² ή Οχήματα/ώρα)
Paradox Engineering Smart Parking	Υπόγειοι αισθητήρες	Υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Απόσταση (m), Γεωεντοπισμός (Συντεταγμένες - πλάτος/μήκος), Χρόνος Κατάληψης Θέσης (min)
Exelerate Smart Traffic	Κάμερες και αισθητήρες	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Κυκλοφοριακή Ροή (οχήματα/ώρα ή οχήματα/λεπτό), Ταχύτητα Οχημάτων (km/h), Χρόνος Αναμονής στα Φανάρια (sec), Πληρότητα Διασταυρώσεων (% κατειλημμένου χώρου), Ρυθμός Επιτάχυνσης/Επιβράδυνσης (m/s ²)
Noise Radar	Ηχητικοί αισθητήρες	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Επίπεδα ήχου (dB), γεωεντοπισμός πηγών ήχου (συντεταγμένες)
Smart Digital Parking	Αισθητήρες θέσεων	Μέτρια	Μέση	Υψηλή	Ανίχνευση ελεύθερων θέσεων στάθμευσης (cm/m)
Smart Public Transport	GPS και αισθητήρες επιβατών	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Τοποθεσία (συντεταγμένες), πληρότητα μέσων μεταφοράς (αριθμός επιβατών)

Λύση	Τύπος Αισθητήρων	Ακρίβεια Δεδομένων	Ταχύτητα Απόκρισης	Συμβατότητα με άλλα Συστήματα	Δείκτες Μέτρησης
SocialCar	Ψηφιακές πλατφόρμες	Μέτρια	Μέση	Υψηλή	Τοποθεσία Χρηστών (Γεωγραφικό πλάτος/μήκος - GPS), Απόσταση Διαδρομής (m/km), Πληρότητα Οχημάτων (% κατειλημμένων θέσεων), Χρόνος Διαδρομής (min)
EMPOWER	Ψηφιακές πλατφόρμες	Μέτρια	Μέση	Υψηλή	Τοποθεσία (Συντεταγμένες - Γεωγραφικό πλάτος/μήκος μέσω GPS), Απόσταση Μετακίνησης (km), Χρόνος Διαδρομής (min), Συχνότητα Μετακινήσεων (μετακινήσεις/χρήστη/ημέρα)
Rail Crossing Prediction	Αισθητήρες ανίχνευσης τρένων	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Ταχύτητα τρένων (km/h), απόσταση (m), γεωεντοπισμός (συντεταγμένες)
Paradox Engineering Smart Parking Solution for Heavy-Good Vehicle (HGV) and Coach Detection	Υπόγειοι αισθητήρες	Υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Απόσταση (cm/m), Γεωεντοπισμός (Συντεταγμένες - πλάτος/μήκος), Χρόνος Κατάληψης Θέσης (min)
Εφαρμογές έξυπνης κινητικότητας στη Νέα Υόρκη	Διάφοροι αισθητήρες	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Κυκλοφοριακή Ροή (οχήματα/ώρα), Χρόνος Αναμονής στα Φανάρια (sec), Αριθμός Επιβατών ανά Μέσο Μεταφοράς (επιβάτες/λεωφορείο, επιβάτες/τρένο, επιβάτες/ταξί), Μέσος Χρόνος Μετακίνησης (min), Χωρητικότητα Διασταυρώσεων (% πληρότητας ανά χρονική περίοδο), Γεωεντοπισμός
Ευφυές Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης	GPS, Big Data	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Κυκλοφοριακή Ροή (οχήματα/ώρα), Χρόνος Αναμονής σε Διασταυρώσεις

Λύση	Τύπος Αισθητήρων	Ακρίβεια Δεδομένων	Ταχύτητα Απόκρισης	Συμβατότητα με άλλα Συστήματα	Δείκτες Μέτρησης
					(sec), Αριθμός Επιβατών σε Δημόσιες Συγκοινωνίες (επιβάτες/λεωφορείο), Επίπεδα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ppm CO ₂ , NO _x , PM2.5)
Compass4D	V2V, V2I, AI	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Γεωεντοπισμός οχημάτων, υπολογισμός απόστασης μεταξύ τους (m)
VRUITS	IoT, AI	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Απόσταση από όχημα (m), Ταχύτητα Οχημάτων σε Διαβάσεις (km/h), Αριθμός Παρολίγων Συγκρούσεων (καταγεγραμμένα περιστατικά/ημέρα)
2MOVE2	Big Data, AI	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Κυκλοφοριακή Ροή (οχήματα/ώρα), Χρόνος Μετακίνησης (min), Μέση Ταχύτητα Οχημάτων (km/h), Εκπομπές CO ₂ (kg CO ₂ /χλμ)
InDeV	IoT, αισθητήρες	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Αριθμός Περιστατικών Παρολίγων Σύγκρουσης (καταγεγραμμένα περιστατικά/ημέρα), Απόσταση από Όχημα (m), Ταχύτητα Οχημάτων σε Περιοχές Υψηλού Κινδύνου (km/h), Αριθμός Ευπαθών Χρηστών ανά Τοποθεσία (πεζοί/ποδηλάτες ανά ώρα)
XCYCLE	IoT, AI	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Γεωεντοπισμός, μέτρηση απόστασης (m)
FLOW	Big Data, AI	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Κυκλοφοριακή Ροή Πεζών και Ποδηλάτων (άτομα/ώρα, ποδήλατα/ώρα), Ταχύτητα Κίνησης Πεζών και Ποδηλάτων (km/h), Χρόνος

Λύση	Τύπος Αισθητήρων	Ακρίβεια Δεδομένων	Ταχύτητα Απόκρισης	Συμβατότητα με άλλα Συστήματα	Δείκτες Μέτρησης
					Διάσχισης Διαβάσεων (sec), Διαθεσιμότητα και Αξιοποίηση Ποδηλατοδρόμων (% χρήσης ποδηλατοδρόμων), Ποσοστό Πεζών που Χρησιμοποιούν Διαβάσεις, Επίπεδα Ρύπανσης σε Περιοχές Υψηλής Κίνησης (ppm CO ₂ , NO _x , PM2.5)
VitalNodes	Big Data, IoT	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Γεωεντοπισμός
SMARTFUSION	IoT, AI, Big Data	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Εκπομπές CO ₂ (ppm), γεωεντοπισμός
OPTICITIES	AI, IoT	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Κυκλοφοριακή ανάλυση (οχήματα/h), γεωεντοπισμός
BUSUP	Ψηφιακή πλατφόρμα, AI	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Γεωεντοπισμός

4.3. Οικονομική ανάλυση

Η οικονομική ανάλυση εξετάζει το κόστος υλοποίησης και λειτουργίας καθώς και την οικονομική αποδοτικότητα των λύσεων. Οι δείκτες αξιολόγησης περιλαμβάνουν:

Κόστος ανά χιλιόμετρο/όχημα: Λύσεις όπως το Road Surface Monitoring έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος, καθώς χρησιμοποιούν δεδομένα από ήδη κινούμενα οχήματα.

Κόστος εγκατάστασης ανά μονάδα: Υψηλό σε λύσεις όπως το Paradox Engineering Smart Parking λόγω αισθητήρων υπεδάφους.

Εξοικονόμηση πόρων: Το Smart Digital Parking μειώνει τη σπατάλη χρόνου αναζήτησης στάθμευσης, προσφέροντας οικονομικά οφέλη.

Χρόνος απόσβεσης επένδυσης (ROI): Οι λύσεις που βασίζονται σε ψηφιακές πλατφόρμες, όπως το PwC Mobility Platform, έχουν μικρό χρόνο απόσβεσης λόγω χαμηλού κόστους υλοποίησης.

Πίνακας 9. Βαθμονόμηση των λύσεων ανά δείκτη Οικονομικής ανάλυσης

Λύση	Κόστος ανά χλμ/όχημα	Κόστος εγκατάστασης	Εξοικονόμηση πόρων	Χρόνος απόσβεσης (ROI)
Road Surface Monitoring with Connected Vehicle Data	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή	Σύντομος
PwC Mobility Platform	Μέτριο	Χαμηλό	Μέτρια	Σύντομος
Paradox Engineering Smart Parking	Υψηλό	Υψηλό	Μέτρια	Μακροχρόνιος
Exelerate Smart Traffic	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος
Noise Radar	Μέτριο	Μέτριο	Μέτρια	Μέτριος
Smart Digital Parking	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή	Σύντομος
Smart Public Transport	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλή	Σύντομος
SocialCar	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή	Σύντομος
EMPOWER	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή	Σύντομος
Rail Crossing Prediction	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος
Paradox Engineering Smart Parking Solution for Heavy-Good Vehicle (HGV) and Coach Detection	Υψηλό	Υψηλό	Μέτρια	Μέτριος
Εφαρμογές έξυπνης κινητικότητας στη Νέα Υόρκη	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλή	Μακροχρόνιος
Ευφυές Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος
Compass4D	Υψηλό	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος
VRUITS	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλή	Σύντομος
2MOVE2	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος

Λύση	Κόστος ανά χλμ/όχημα	Κόστος εγκατάστασης	Εξοικονόμηση πόρων	Χρόνος απόσβεσης (ROI)
InDeV	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος
XCycle	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή	Σύντομος
Flow	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή	Σύντομος
VitalNodes	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος
SmartFusion	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλή	Μακροχρόνιος
Opticities	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλή	Μακροχρόνιος
Busup	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλή	Μέτριος

4.4. Ανάλυση βιωσιμότητας

Η ανάλυση βιωσιμότητας αξιολογεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την ενεργειακή κατανάλωση των λύσεων. Οι δείκτες περιλαμβάνουν:

Μείωση εκπομπών CO₂: Το Smart Public Transport και το SocialCar συμβάλλουν στη μείωση εκπομπών λόγω μείωσης της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων.

Εξοικονόμηση ενέργειας: Το Exelerate Smart Traffic μειώνει τη σπατάλη καυσίμων μέσω βελτιστοποίησης των σηματοδοτών.

Ανακυκλωσιμότητα υλικών: Το Road Surface Monitoring δεν απαιτεί νέες υποδομές, βελτιώνοντας τη βιωσιμότητα.

Αντοχή στο χρόνο (lifecycle analysis): Τα συστήματα στάθμευσης (Paradox Engineering Smart Parking) έχουν υψηλή αντοχή λόγω μακροχρόνιας λειτουργίας αισθητήρων.

Πίνακας 10. Βαθμονόμηση των λύσεων ανά δείκτη Ανάλυσης βιωσιμότητας

	Μείωση CO2	Εξοικονόμηση Ενέργειας	Ανακυκλωσιμότητα Υλικών	Αντοχή στο Χρόνο
Road Surface Monitoring with Connected Vehicle Data	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή
PwC Mobility Platform	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια
Paradox Engineering Smart Parking	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
Exelerate Smart Traffic	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Noise Radar	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Smart Digital Parking	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Smart Public Transport	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια
SocialCar	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
EMPOWER	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια
Rail Crossing Prediction	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή
Paradox Engineering Smart Parking Solution for Heavy-Good Vehicle (HGV) and Coach Detection	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Εφαρμογές έξυπνης κινητικότητας στη Νέα Υόρκη	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Ευφυές Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Compass4D	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
VRUITS	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
2MOVE2	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή

	Μείωση CO2	Εξοικονόμηση Ενέργειας	Ανακυκλωσιμότητα Υλικών	Αντοχή στο Χρόνο
InDeV	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
XCycle	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Flow	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
VitalNodes	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
SmartFusion	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Opticities	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Busup	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή

4.5. Ανάλυση των Βασικών Τεχνολογιών και Τύπων Αισθητήρων στην Έξυπνη Κινητικότητα

Η έξυπνη κινητικότητα αποτελεί βασικό πυλώνα του σύγχρονου αστικού περιβάλλοντος, επιτρέποντας τη βελτίωση της διαχείρισης των μεταφορών μέσω της χρήσης προηγμένων τεχνολογιών. Στην καρδιά αυτής της επανάστασης βρίσκονται το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (Big Data), η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και οι δικτυακές επικοινωνίες, οι οποίες επιτρέπουν τη συλλογή και αξιοποίηση κρίσιμων πληροφοριών για την κυκλοφορία, τη στάθμευση και τη συντήρηση των υποδομών.

Η τεχνολογία IoT προσφέρει τη δυνατότητα σύνδεσης και επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων, υποδομών και χρηστών μεταφορών, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός πλήρως διασυνδεδεμένου δικτύου. Παράλληλα, τα Big Data και οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναλύουν τις πληροφορίες που συλλέγονται από αισθητήρες και συσκευές, επιτρέποντας την πρόβλεψη και τη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας. Οι τεχνολογίες 5G διαδραματίζουν επίσης κρίσιμο ρόλο, προσφέροντας υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, ενώ το blockchain εξασφαλίζει διαφάνεια στις συναλλαγές και ανταλλαγές δεδομένων, ιδιαίτερα σε υπηρεσίες ridesharing και MaaS (Mobility as a Service).

Σημαντική είναι και η συμβολή των υποδομών cloud και edge computing, που επιτρέπουν την άμεση επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνοντας τη λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και των δημόσιων συγκοινωνιών. Την ίδια στιγμή, η ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων και προηγμένων συστημάτων υποβοήθησης οδηγού (ADAS) στηρίζεται σε εξελιγμένες τεχνολογίες αισθητήρων, καθιστώντας τα οχήματα πιο ασφαλή και αποδοτικά.

Η αποτελεσματικότητα των έξυπνων μεταφορών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση αισθητήρων, οι οποίοι καταγράφουν και μεταδίδουν πολύτιμες πληροφορίες για την κυκλοφορία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την κατάσταση του οδοστρώματος. Οι αισθητήρες LiDAR, που χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα οχήματα, επιτρέπουν την τρισδιάστατη χαρτογράφηση του περιβάλλοντος και την ακριβή αναγνώριση αντικειμένων. Οι κάμερες ορατού φάσματος και υπερύθρων συμβάλλουν στον εντοπισμό πεζών, φωτεινών σηματοδοτών και πινακίδων κυκλοφορίας, ενώ οι αισθητήρες radar ανιχνεύουν αποστάσεις και ταχύτητες άλλων οχημάτων. Τα συστήματα GPS και GNSS παρέχουν δεδομένα γεωεντοπισμού με μεγάλη ακρίβεια, ενώ οι αισθητήρες αδράνειας (IMU) βοηθούν στον έλεγχο της σταθερότητας και της κίνησης των οχημάτων.

Στον τομέα της κυκλοφορίας, οι επαγγελματικοί αισθητήρες τοποθετούνται εντός του οδοστρώματος και ανιχνεύουν την παρουσία οχημάτων, επιτρέποντας τη ρύθμιση των φωτεινών σηματοδοτών. Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες καταγράφουν το βάρος και την ταχύτητα των οχημάτων, συμβάλλοντας στη διαχείριση των διοδίων και των σταθμών ελέγχου φορτίων. Παράλληλα, οι αισθητήρες παρακολούθησης του οδοστρώματος ανιχνεύουν ρωγμές και λακκούβες, επιτρέποντας την άμεση συντήρηση των δρόμων και τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

Ιδιαίτερη σημασία έχει και η χρήση αισθητήρων περιβαλλοντικής παρακολούθησης, οι οποίοι μετρούν την ατμοσφαιρική ρύπανση και την ηχορύπανση. Οι αισθητήρες ποιότητας αέρα ανιχνεύουν ρύπους όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και τα οξείδια του αζώτου

(NOx), βοηθώντας τις πόλεις να εφαρμόσουν στρατηγικές για τη μείωση των εκπομπών. Αντίστοιχα, οι αισθητήρες θορύβου, όπως το Noise Radar, εντοπίζουν τις πηγές ηχορύπανσης και συμβάλλουν στον έλεγχο των θορυβωδών οχημάτων και των μηχανών.

Στον τομέα της στάθμευσης και της διαχείρισης μεταφορών, οι αισθητήρες υπερήχων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ελεύθερων θέσεων στάθμευσης, ενώ οι τεχνολογίες RFID και Bluetooth/Wi-Fi επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και υποδομών για την καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας.

Η ανάλυση των σύγχρονων τεχνολογιών και αισθητήρων στην έξυπνη κινητικότητα αποδεικνύει ότι η διασύνδεση των συστημάτων και η αξιοποίηση των δεδομένων οδηγούν σε βελτιώσεις στην αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα των μεταφορών. Η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών μειώνει το κυκλοφοριακό πρόβλημα, ελαχιστοποιεί τη σπατάλη καυσίμων και συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, για να υιοθετηθούν ευρέως, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός και στρατηγική ενσωμάτωσης στις υπάρχουσες υποδομές των πόλεων.

Οι αισθητήρες και τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να δημιουργήσουν έναν πιο αποδοτικό και βιώσιμο τρόπο μετακινήσεων, μειώνοντας τις καθυστερήσεις και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των πολιτών. Καθώς οι πόλεις επενδύουν σε λύσεις έξυπνης κινητικότητας, το μέλλον των μεταφορών διαμορφώνεται με γνώμονα την τεχνολογία και την καινοτομία. Η μετάβαση σε ένα ολοκληρωμένο και διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφορών αποτελεί την επόμενη πρόκληση για τις έξυπνες πόλεις, προσφέροντας λύσεις που εξυπηρετούν τόσο τους πολίτες όσο και το περιβάλλον.

4.5.1. Κατηγορίες τεχνολογιών στον τομέα της έξυπνης κινητικότητας

1. Internet of Things (IoT)

- Χρήση συνδεδεμένων συσκευών για συλλογή και ανάλυση δεδομένων από οχήματα, υποδομές και χρήστες μεταφορών.
- Εφαρμογές: Έξυπνη στάθμευση, διαχείριση κυκλοφορίας, συντήρηση οδοστρώματος.

2. Big Data & Analytics

- Ανάλυση τεράστιων όγκων δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες και έξυπνες συσκευές για τη βελτιστοποίηση των μεταφορών.
- Εφαρμογές: Βελτίωση της διαχείρισης κυκλοφορίας, πρόβλεψη συμφόρησης.

3. Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και Μηχανική Μάθηση (ML)

- Χρησιμοποιούνται για την ανάλυση κυκλοφοριακών δεδομένων, την πρόβλεψη συνθηκών κυκλοφορίας και τη διαχείριση οχημάτων αυτόνομης οδήγησης.
- Εφαρμογές: Προσαρμοστικοί φωτεινοί σηματοδότες, αναγνώριση προτύπων κυκλοφορίας.

4. 5G και Δίκτυα Επικοινωνιών

- Υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων και χαμηλή καθυστέρηση για real-time επικοινωνία μεταξύ οχημάτων (V2V) και υποδομών (V2I).
- Εφαρμογές: Αυτόνομα οχήματα, διασυνδεδεμένα δίκτυα μεταφορών.

5. Blockchain

- Διασφάλιση διαφάνειας και ασφάλειας στα συστήματα πληρωμών και στην ανταλλαγή δεδομένων.
- Εφαρμογές: MaaS (Mobility as a Service), ασφαλείς συναλλαγές ridesharing.

6. Τεχνολογία Cloud και Edge Computing

- Επιτρέπει την αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις.
- Εφαρμογές: Real-time δεδομένα για οδηγούς και χρήστες δημόσιων συγκοινωνιών.

7. Αυτόνομα Οχήματα & Συστήματα ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)

- Τεχνολογίες αυτόνομης οδήγησης που βασίζονται σε αισθητήρες και AI για την υποστήριξη της οδήγησης ή την πλήρη αυτονομία.
- Εφαρμογές: Αυτόνομα λεωφορεία, συνδεδεμένα στόλοι οχημάτων.

4.5.2. Κύριοι Τύποι Αισθητήρων στην Έξυπνη Κινητικότητα

Οι αισθητήρες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην έξυπνη κινητικότητα, επιτρέποντας την παρακολούθηση και τον έλεγχο των υποδομών και των μεταφορών. Οι βασικοί τύποι αισθητήρων που αναφέρονται στην εργασία περιλαμβάνουν:

Αισθητήρες οχημάτων

1. LIDAR (Light Detection and Ranging)

- Χρησιμοποιείται για τρισδιάστατη χαρτογράφηση και αναγνώριση αντικειμένων.
- Εφαρμογές: Αυτόνομα οχήματα, ανίχνευση πεζών και εμποδίων.

2. Κάμερες Ορατού Φάσματος & Υπέρυθρες Κάμερες

- Εντοπίζουν οχήματα, πεζούς, φωτεινά σήματα και πινακίδες κυκλοφορίας.
- Εφαρμογές: ADAS, αναγνώριση πινακίδων, παρακολούθηση κυκλοφορίας.

3. Radar (Radio Detection and Ranging)

- Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό αποστάσεων και ταχυτήτων αντικειμένων.
- Εφαρμογές: Προειδοποίηση σύγκρουσης, Adaptive Cruise Control.

4. Αισθητήρες GPS & GNSS (Global Navigation Satellite System)

- Παρέχουν ακριβή δεδομένα τοποθεσίας.
- Εφαρμογές: Πλοήγηση, παρακολούθηση στόλων.

5. Αισθητήρες Inertial Measurement Unit (IMU)

- Μετράνε την επιτάχυνση και την περιστροφή ενός οχήματος.
- Εφαρμογές: Έλεγχος σταθερότητας οχημάτων, έξυπνα φρένα.

Αισθητήρες Κυκλοφορίας και Οδοστρώματος

1. Αισθητήρες Inductive Loop

- Ενσωματωμένοι στους δρόμους για ανίχνευση διερχόμενων οχημάτων.
- Εφαρμογές: Συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, φωτεινοί σηματοδότες.

2. Piezoelectric Sensors

- Ανιχνεύουν βάρος και ταχύτητα οχημάτων.
- Εφαρμογές: Σταθμοί διοδίων, ζύγιση σε κίνηση (Weigh-in-Motion).

3. Αισθητήρες Οδοστρώματος (Road Surface Monitoring Sensors)

- Ανιχνεύουν την κατάσταση του οδοστρώματος μέσω κραδασμών και θερμοκρασίας.
- Εφαρμογές: Πρόβλεψη συνθηκών δρόμου, ανίχνευση λακκουβών.

Αισθητήρες Περιβάλλοντος και Ασφάλειας

1. Αισθητήρες Ποιότητας Αέρα

- Μετρούν την ατμοσφαιρική ρύπανση και τους ρύπους CO₂, NO_x, PM.
- Εφαρμογές: Περιβαλλοντική παρακολούθηση, Low Emission Zones.

2. Αισθητήρες Θορύβου (Noise Radar)

- Μετρούν και εντοπίζουν τις πηγές ηχορύπανσης.
- Εφαρμογές: Έλεγχος ηχορύπανσης σε αστικά περιβάλλοντα.

Αισθητήρες Στάθμευσης και Διαχείρισης Μεταφορών

1. Αισθητήρες Υπερήχων (Ultrasonic Sensors)

- Ανιχνεύουν την παρουσία οχημάτων σε θέσεις στάθμευσης.
- Εφαρμογές: Έξυπνα συστήματα στάθμευσης, καθοδήγηση οδηγών.

2. RFID (Radio Frequency Identification) Sensors

- Χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση και επικοινωνία οχημάτων.
- Εφαρμογές: Ηλεκτρονικά διόδια, συστήματα πληρωμών στάθμευσης.

3. Bluetooth & Wi-Fi Sensors

- Ανιχνεύουν την κίνηση συσκευών κινητής τηλεφωνίας για παρακολούθηση κυκλοφορίας.
- Εφαρμογές: Real-time ενημέρωση κυκλοφορίας, έξυπνη διαχείριση μεταφορών.

4.6. Σύνοψη

Η ανάλυση των τεχνολογιών και των αισθητήρων που εφαρμόζονται στις λύσεις έξυπνης κινητικότητας αναδεικνύει ορισμένα κρίσιμα συμπεράσματα που καθορίζουν την εξέλιξη του τομέα. Ο συνδυασμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), των Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) και της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα για τη βελτιστοποίηση των σύγχρονων μεταφορών. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες ενσωματωμένους σε οχήματα, υποδομές και αστικά δίκτυα επιτρέπουν την αποτελεσματικότερη διαχείριση της κυκλοφορίας και των δημόσιων συγκοινωνιών, μειώνοντας τις καθυστερήσεις και βελτιώνοντας τη ροή των οχημάτων. Παράλληλα, η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στην ανάλυση αυτών των δεδομένων, προσφέροντας ακριβείς προβλέψεις για τις συνθήκες της κυκλοφορίας και διευκολύνοντας τον προγραμματισμό των μετακινήσεων.

Η χρήση αισθητήρων αναδεικνύεται ως αναπόσπαστο στοιχείο για τη λειτουργία των έξυπνων πόλεων. Τεχνολογίες όπως οι αισθητήρες LIDAR, οι κάμερες ορατού φάσματος, τα ραντάρ και οι IoT συσκευές επιτρέπουν τον συνεχή έλεγχο και τη βελτιστοποίηση των συνθηκών μετακίνησης, ενισχύοντας την ασφάλεια των πολιτών και την αποδοτικότητα των μεταφορικών μέσων. Η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων από αυτούς τους αισθητήρες μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης, δημιουργώντας συνθήκες που βελτιώνουν αισθητά την ποιότητα ζωής στις αστικές περιοχές.

Εκτός από τη βελτίωση της απόδοσης των μεταφορών, οι έξυπνες λύσεις συνεισφέρουν στη μείωση του κόστους και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Η αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει την αποφυγή της σπατάλης καυσίμων και την αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού προβλήματος με πιο αποδοτικό τρόπο. Παράλληλα, τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης και οι διασυνδεδεμένες μεταφορές περιορίζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μειώνοντας τη συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση των αστικών κέντρων.

Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, η ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων μεταφορών που βασίζονται σε προηγμένους αισθητήρες και τεχνητή νοημοσύνη αναμένεται να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στη διαμόρφωση των πόλεων του μέλλοντος. Οι λύσεις αυτές όχι μόνο βελτιώνουν την αποδοτικότητα και την ασφάλεια των μεταφορών αλλά συμβάλλουν και στη δημιουργία βιώσιμων και ανθρώπινων πόλεων, όπου η τεχνολογία αξιοποιείται για την εξυπηρέτηση των πολιτών και την προστασία του περιβάλλοντος.

5. Επισκόπηση της εξέλιξης της έξυπνης κινητικότητας σε παγκόσμιο επίπεδο

Η έξυπνη κινητικότητα, που υποστηρίζεται από τις τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), έχει αναδειχθεί ως μια καινοτόμος λύση για την αντιμετώπιση των προκλήσεων των αστικών μεταφορών. Αξιοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες, οι πόλεις στοχεύουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της ασφάλειας και της βιωσιμότητας των μετακινήσεων. Ωστόσο, η υιοθέτηση των λύσεων IoT διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, επηρεαζόμενη από ποικίλους παράγοντες. Το παρόν κείμενο εξετάζει την παγκόσμια εφαρμογή της έξυπνης κινητικότητας, τα βασικά εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι πόλεις και τις μεγαλύτερες προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν για την επιτυχημένη εφαρμογή της.

Σύμφωνα με την ανάλυση της MRFR, το μέγεθος της αγοράς έξυπνης κινητικότητας (Smart Mobility) αποτιμήθηκε στα 138,65 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2022. Ο συγκεκριμένος κλάδος αναμένεται να αυξηθεί από 149,76 δισεκατομμύρια δολάρια το 2023 σε 300 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2032, με προβλεπόμενο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 8,02% κατά την περίοδο 2024-2032.

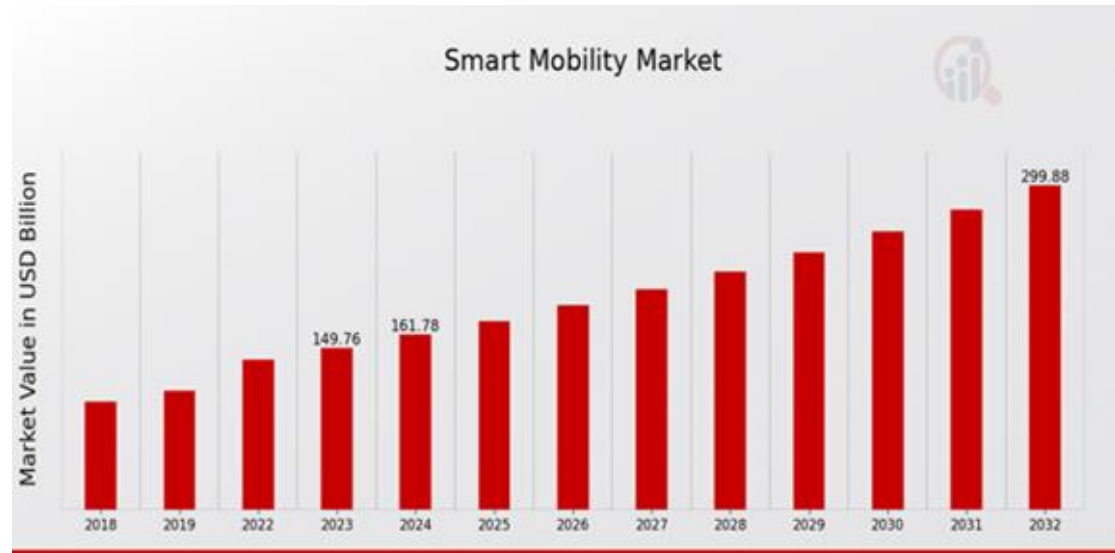
5.1. Βασικές Τάσεις στην Αγορά Έξυπνης Κινητικότητας

Η παγκόσμια αγορά έξυπνης κινητικότητας γνωρίζει σημαντική επέκταση, καθώς η ανάγκη για αποτελεσματικές και φιλικές προς το περιβάλλον μεταφορές αυξάνεται. Ο εξορθολογισμός των συγκοινωνιακών υποδομών καθίσταται αναγκαίος λόγω της αυξανόμενης παγκοσμιοποίησης και της συγκέντρωσης πληθυσμού στις αστικές περιοχές. Αυτά τα φαινόμενα συμβάλλουν στην υιοθέτηση έξυπνων λύσεων κινητικότητας, οι οποίες βοηθούν στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών ρύπων. Παράλληλα, η ανάπτυξη συνδεδεμένων και ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και η αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογιών ανάλυσης δεδομένων, αναβαθμίζουν την ποιότητα και την αποδοτικότητα των μετακινήσεων.

Η εξάπλωση των κοινών υπηρεσιών κινητικότητας, όπως οι υπηρεσίες κοινής χρήσης οχημάτων (car-sharing) και μετακινήσεων κατ' απαίτηση (ride-sharing), καθιστά δυνατή τη μείωση της ανάγκης για ιδιωτικά οχήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κυκλοφορίας στους δρόμους, τη βελτίωση της προσβασιμότητας και τη διευκόλυνση των μετακινήσεων στις αστικές περιοχές.

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας επιτρέπει την άμεση προσαρμογή των διαδρομών, βελτιστοποιώντας τη ροή των οχημάτων και μειώνοντας τις καθυστερήσεις. Παράλληλα, η ανάπτυξη υποδομών για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων ενισχύει την υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης, ενώ οι εξελίξεις στην τεχνολογία των αυτόνομων οχημάτων δημιουργούν νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες και μορφές μετακίνησης.

Η ζήτηση για πολυτροπικές και συνδυαστικές λύσεις μεταφορών προωθεί τη συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, επιτρέποντας τη δημιουργία ολοκληρωμένων και αποδοτικών συγκοινωνιακών δικτύων. Επιπλέον, η αυξημένη έμφαση στη βιωσιμότητα ενθαρρύνει την υιοθέτηση πιο πράσινων επιλογών κινητικότητας, όπως η χρήση κοινόχρηστων ποδηλάτων και ηλεκτρικών μέσων μαζικής μεταφοράς.



Διάγραμμα 1. Η τάση της παγκόσμιας αγοράς έξυπνης κινητικότητας
Πηγή: MRFR Database and Analyst Review

Η πανδημία COVID-19 επιτάχυνε τη στροφή προς τις ψηφιακές πλατφόρμες κινητικότητας, καθώς οι καταναλωτές αναζητούν ανέπαφες και ασφαλέστερες λύσεις μετακίνησης. Οι διαχειριστές στόλων και πάροχοι υπηρεσιών κινητικότητας επενδύουν σε καινοτόμες τεχνολογίες που βελτιώνουν την αποδοτικότητα των μεταφορών και μειώνουν το λειτουργικό κόστος. Η αυξανόμενη απαίτηση για βελτιωμένες εμπειρίες χρήστη και απρόσκοπτη κινητικότητα επηρεάζει τις στρατηγικές που υιοθετούν οι πόλεις, καθοδηγώντας την ανάπτυξη του τομέα της έξυπνης κινητικότητας.

5.2. Αυξημένη Αστικοποίηση και Πληθυσμιακή Αύξηση

Η ταχεία αστικοποίηση και η συνεχής αύξηση του πληθυσμού αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες που διαμορφώνουν την ανάπτυξη της αγοράς έξυπνης κινητικότητας. Οι πόλεις επεκτείνονται με πρωτοφανείς ρυθμούς, δημιουργώντας αυξανόμενες απαιτήσεις για σύγχρονα και αποδοτικά συστήματα μεταφορών, ικανά να εξυπηρετήσουν τον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό. Καθώς περισσότεροι άνθρωποι μετακινούνται προς τα αστικά κέντρα, οι υπάρχουσες υποδομές μεταφορών δέχονται σημαντική πίεση, με αποτέλεσμα τη συχνή κυκλοφοριακή συμφόρηση, την επιμήκυνση των χρόνων μετακίνησης και την ανάγκη εύρεσης πιο βιώσιμων λύσεων κινητικότητας.

Η αστική μετάβαση αυτή αναγκάζει τους πολεοδόμους και τις κυβερνήσεις να επαναπροσδιορίσουν τις στρατηγικές τους στον τομέα των μεταφορών. Δίνεται πλέον προτεραιότητα σε έξυπνες λύσεις που αξιοποιούν την ψηφιακή τεχνολογία, την ανάλυση

δεδομένων και καινοτόμες μορφές κινητικότητας, όπως τα κοινόχρηστα και τα ηλεκτρικά οχήματα. Παράλληλα, τα δημόσια συστήματα μεταφορών εξελίσσονται, υιοθετώντας διασυνδεδεμένες και φιλικές προς τον χρήστη τεχνολογίες, όπως εφαρμογές κινητικότητας και έξυπνα συστήματα έκδοσης εισιτηρίων. Παράλληλα, προωθούνται εναλλακτικοί τρόποι μετακίνησης, όπως η ποδηλασία και η πεζή μετακίνηση, με σκοπό τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Οι προκλήσεις που απορρέουν από την αυξανόμενη αστικοποίηση δημιουργούν πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη της αγοράς έξυπνης κινητικότητας. Η υιοθέτηση καινοτόμων λύσεων όχι μόνο βελτιώνει την εμπειρία μετακίνησης, αλλά συμβάλλει και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ευθυγραμμίζοντας τις μεταφορές με τους γενικότερους στόχους βιωσιμότητας. Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να αναπτύσσονται, η ζήτηση για έξυπνες λύσεις κινητικότητας αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά, καθιστώντας αυτόν τον τομέα έναν από τους βασικούς μοχλούς ανάπτυξης των μελλοντικών αστικών μεταφορών.

5.3. Τεχνολογικές Εξελίξεις

Ο κλάδος της έξυπνης κινητικότητας βρίσκεται σε μία φάση ριζικού μετασχηματισμού, καθοδηγούμενος από τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις. Οι καινοτομίες στον τομέα της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) επιταχύνουν την ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων μεταφορών, επιτρέποντας τη βελτίωση της λειτουργικότητας και της αποδοτικότητας των συγκοινωνιακών δικτύων. Μέσω της εφαρμογής τεχνολογιών όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων, οι μεταφορικές υποδομές αποκτούν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα και ευφυΐα.

Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών επιτρέπει την αποτελεσματικότερη διαχείριση της κυκλοφορίας, την αύξηση της ασφάλειας των μεταφορών και τη βελτίωση της συνολικής εμπειρίας των χρηστών. Με τη σταδιακή υιοθέτηση έξυπνων οχημάτων, η αγορά στρέφεται προς πιο εξελιγμένες μορφές κινητικότητας, όπως η αυτόνομη οδήγηση και η ανάπτυξη συνδεδεμένων αυτοκινήτων. Αυτές οι τεχνολογίες ενισχύουν τη λειτουργική απόδοση των συστημάτων μεταφορών, μειώνουν τα λειτουργικά κόστη και συμβάλλουν στην ευρύτερη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο και ευέλικτο μοντέλο κινητικότητας. Παράλληλα, οι επιχειρήσεις του κλάδου αξιοποιούν αυτές τις εξελίξεις για να προσφέρουν εξατομικευμένες λύσεις μετακίνησης που ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών.

5.4. Κυβερνητικές Πρωτοβουλίες και Πολιτικές

Οι κυβερνήσεις διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην προώθηση της έξυπνης κινητικότητας μέσω πολιτικών και στρατηγικών που αποσκοπούν στη βιώσιμη ανάπτυξη των μεταφορών. Σε πολλές χώρες, έχει αναγνωριστεί η ανάγκη μείωσης των εκπομπών άνθρακα και ενίσχυσης των συστημάτων δημόσιων συγκοινωνιών, γεγονός που έχει οδηγήσει στην εφαρμογή διαφόρων κινήτρων και ρυθμιστικών πλαισίων υπέρ της υιοθέτησης καινοτόμων λύσεων κινητικότητας.

Οι πολιτικές αυτές περιλαμβάνουν επιχορηγήσεις για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, επιδοτήσεις για τον εκσυγχρονισμό των δημόσιων συγκοινωνιών και

επενδύσεις σε πρωτοβουλίες αστικών συγκοινωνιών που αξιοποιούν έξυπνες τεχνολογίες. Επιπλέον, η χάραξη πολιτικής επικεντρώνεται στη διαμόρφωση συνεργασιών μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, προάγοντας ένα συνεργατικό μοντέλο ανάπτυξης των μεταφορών. Αυτές οι συνέργειες ενισχύουν τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα των μετακινήσεων, διασφαλίζοντας την ομαλή ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και επιχειρηματικών μοντέλων στο οικοσύστημα των μεταφορών.

Η συντονισμένη προσπάθεια μεταξύ κυβερνήσεων, τοπικών αρχών και ιδιωτικών φορέων αποτελεί καταλυτικό παράγοντα για την ανάπτυξη της έξυπνης κινητικότητας, διαμορφώνοντας ένα πιο λειτουργικό, βιώσιμο και τεχνολογικά εξελιγμένο περιβάλλον μεταφορών.

5.5. Τεχνολογικές Λύσεις στην Αγορά Έξυπνης Κινητικότητας

Η αγορά έξυπνης κινητικότητας βρίσκεται σε φάση ραγδαίας εξέλιξης, με μια πληθώρα λύσεων που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες μεταφοράς. Η διαφοροποίηση των λύσεων επιτρέπει τη βελτίωση της συνδεσιμότητας, της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας των αστικών μετακινήσεων, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος κινητικότητας.

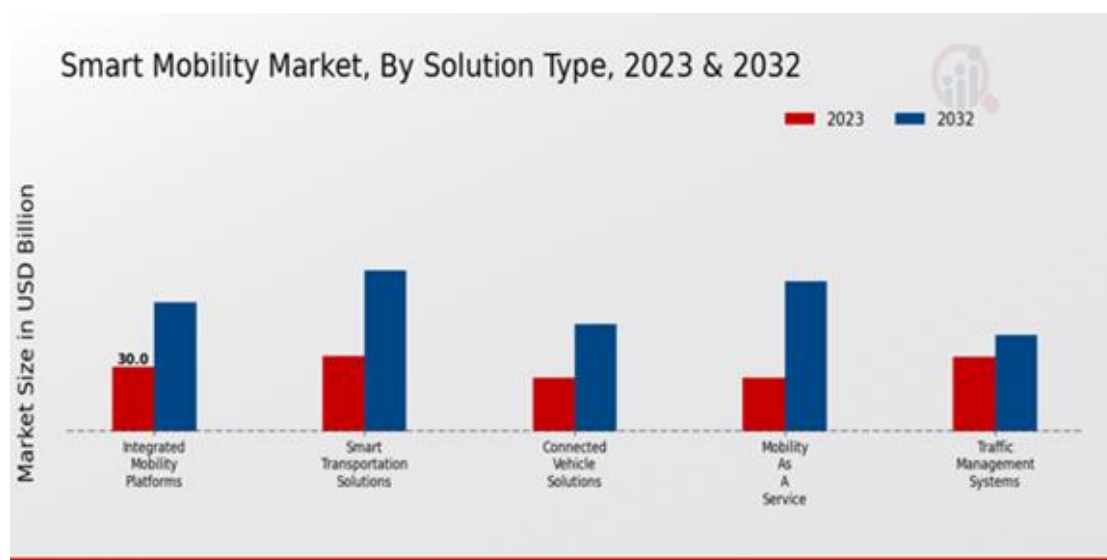
Το 2023, οι ολοκληρωμένες πλατφόρμες κινητικότητας (*Integrated Mobility Platforms*) αποτιμήθηκαν στα 30 δισεκατομμύρια δολάρια, υπογραμμίζοντας τον σημαντικό τους ρόλο στη διασύνδεση διαφορετικών μορφών μεταφοράς. Αυτές οι πλατφόρμες βελτιώνουν την εμπειρία των χρηστών, διευκολύνοντας τη μετάβαση από ένα μέσο μεταφοράς σε άλλο και μειώνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Παράλληλα, οι λύσεις έξυπνων μεταφορών, που αποτιμώνται στα 35 δισεκατομμύρια δολάρια, επικεντρώνονται στη βελτιστοποίηση των μετακινήσεων μέσω προηγμένων τεχνολογιών, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας το κόστος για τους χρήστες.

Ένας ακόμη σημαντικός τομέας είναι οι λύσεις συνδεδεμένων οχημάτων (*Connected Vehicles*), οι οποίες αποτιμώνται στα 25 δισεκατομμύρια δολάρια. Αυτές οι τεχνολογίες βελτιώνουν την επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και της οδικής υποδομής, ενισχύοντας την ασφάλεια και διασφαλίζοντας μια πιο αρμονική ροή της κυκλοφορίας. Η ανάπτυξη του *Mobility as a Service (MaaS)*, με αποτίμηση επίσης 25 δισεκατομμυρίων δολαρίων, προωθεί ένα νέο μοντέλο κινητικότητας, όπου οι μετακινήσεις δεν βασίζονται στην ιδιοκτησία οχημάτων, αλλά σε ευέλικτες και προσαρμόσιμες λύσεις μεταφοράς κατ' απαίτηση. Αυτό συμβάλλει στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και στη μείωση της κυκλοφοριακής επιβάρυνσης στις αστικές περιοχές.

Τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας αποτελούν έναν κρίσιμο παράγοντα στην έξυπνη κινητικότητα, με την αξία τους να φτάνει τα 34,76 δισεκατομμύρια δολάρια το 2023. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας τις καθυστερήσεις και βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση των αστικών μεταφορών. Τα δεδομένα δείχνουν ότι η ολοκληρωμένη κινητικότητα και οι προηγμένες λύσεις μεταφορών κυριαρχούν στον κλάδο, καθώς έχουν τη δυνατότητα να ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες και να επικεντρώνονται στις ανάγκες των χρηστών.

Η ποικιλία των λύσεων στην αγορά έξυπνης κινητικότητας ανταποκρίνεται τόσο στις εξελισσόμενες ανάγκες των πολιτών όσο και στις στρατηγικές των σύγχρονων έξυπνων

πόλεων. Αυτή η δυναμική ανάπτυξη τονίζει την ανάγκη για καινοτόμες προσεγγίσεις που αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις της αστικοποίησης, της βιωσιμότητας και της αποδοτικότητας των μεταφορών. Καθώς οι πόλεις γίνονται πιο έξυπνες, η ζήτηση για συνδεδεμένα οχήματα και προηγμένες λύσεις έξυπνης κινητικότητας αναμένεται να αυξηθεί, ενισχύοντας περαιτέρω τις επενδύσεις και την τεχνολογική εξέλιξη στον κλάδο. Η αναπτυξιακή πορεία των λύσεων αυτών υπογραμμίζει τον κρίσιμο ρόλο που θα διαδραματίσουν στο μέλλον των μεταφορών, διαμορφώνοντας ένα πιο αποδοτικό και βιώσιμο σύστημα αστικών μετακινήσεων.



Διάγραμμα 2. Η εξέλιξη της αγοράς έξυπνης κινητικότητας ανά κατηγορία λύσεων.

Πηγή: MRFR Database and Analyst Review

5.6. Εφαρμογές της Έξυπνης Κινητικότητας στις Μεταφορές

Η αγορά έξυπνης κινητικότητας, όσον αφορά τις εφαρμογές στις μεταφορές, παρουσιάζει έντονη αναπτυξιακή δυναμική, αντικατοπτρίζοντας τη διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για καινοτόμες και αποδοτικές λύσεις μετακίνησης. Η αγορά περιλαμβάνει διάφορους τομείς μεταφορών, όπως τα μέσα μαζικής μεταφοράς, οι ιδιωτικές μεταφορές, η κοινή κινητικότητα, τα ηλεκτρικά οχήματα και οι σιδηροδρομικές μεταφορές, καθένας από τους οποίους συμβάλλει με μοναδικό τρόπο στη συνολική ανάπτυξη του κλάδου.

Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν καθιερωθεί ως βασικός μοχλός βιώσιμων μεταφορών, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές άνθρακα και περιορίζοντας την αστική ατμοσφαιρική ρύπανση. Η αυξημένη αποδοχή τους τόσο από τους καταναλωτές όσο και από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής επιταχύνει τη μετάβαση προς ένα πιο πράσινο μοντέλο κινητικότητας. Παράλληλα, οι δημόσιες συγκοινωνίες εξακολουθούν να αποτελούν τον θεμέλιο λίθο της αστικής κινητικότητας, εξυπηρετώντας μεγάλες πληθυσμιακές ομάδες και προωθώντας οικονομικά και περιβαλλοντικά αποδοτικές λύσεις. Η κοινή κινητικότητα (*Shared Mobility*) συνεχίζει να κερδίζει έδαφος, προσφέροντας ευέλικτες και οικονομικά προσιτές εναλλακτικές που μειώνουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Οι σιδηροδρομικές μεταφορές διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων, όπου η αποδοτικότητα και η βιωσιμότητα είναι καθοριστικοί παράγοντες. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η ζήτηση για αυτούς τους τρόπους μεταφοράς θα συνεχίσει να αυξάνεται, καθώς οι πόλεις και τα κράτη επικεντρώνονται στην ανάπτυξη λύσεων έξυπνης κινητικότητας που ανταποκρίνονται στις ανάγκες τόσο της βιωσιμότητας όσο και της άνεσης των χρηστών. Παράγοντες όπως η τεχνολογική πρόοδος, η αύξηση των επενδύσεων σε υποδομές και η αλλαγή των προτιμήσεων των καταναλωτών προς πιο ευέλικτες και φιλικές προς το περιβάλλον επιλογές μετακίνησης, δημιουργούν νέες ευκαιρίες ανάπτυξης για τον κλάδο.

5.7. Προφίλ Τελικών Χρηστών της Έξυπνης Κινητικότητας

Η ανάπτυξη της έξυπνης κινητικότητας συνδέεται άμεσα με την ποικιλομορφία των χρηστών της, οι οποίοι διαμορφώνουν την αγορά με βάση τις ανάγκες και τις προτιμήσεις τους. Ανάμεσα στις κύριες κατηγορίες χρηστών συγκαταλέγονται οι κυβερνητικοί φορείς, οι πάροχοι υπηρεσιών μεταφορών, οι διαχειριστές στόλων, οι επιχειρήσεις και οι ιδιώτες.

Οι κυβερνητικοί φορείς διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση της έξυπνης κινητικότητας, προωθώντας πρωτοβουλίες που στοχεύουν στη βελτίωση των συστημάτων αστικών μεταφορών. Η δημιουργία βιώσιμων συγκοινωνιακών δικτύων μέσω κρατικών πολιτικών και επενδύσεων συμβάλλει στην ανάπτυξη του κλάδου και στην ενίσχυση της προσβασιμότητας των δημόσιων συγκοινωνιών. Παράλληλα, οι πάροχοι υπηρεσιών μεταφορών εξελίσσουν τις προτάσεις τους, ευθυγραμμίζοντάς τις με την αυξανόμενη ζήτηση για καινοτόμες και περιβαλλοντικά φιλικές λύσεις μεταφορών.

Οι διαχειριστές στόλων επικεντρώνονται στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων της έξυπνης κινητικότητας για τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων και τη μείωση του λειτουργικού κόστους. Η χρήση ψηφιακών εργαλείων και προηγμένων αναλύσεων δεδομένων επιτρέπει τον πιο αποδοτικό συντονισμό των μεταφορών και τη βελτίωση της συνολικής εμπειρίας των χρηστών. Επιπλέον, οι επιχειρήσεις υιοθετούν έξυπνες λύσεις κινητικότητας για τη διευκόλυνση των μετακινήσεων των εργαζομένων τους, αναγνωρίζοντας τη θετική επίδραση της κινητικότητας στην παραγωγικότητα.

Οι ιδιώτες χρήστες αντιλαμβάνονται ολοένα και περισσότερο τα πλεονεκτήματα της έξυπνης κινητικότητας, καθώς προσφέρει μεγαλύτερη ευκολία, μειωμένα έξοδα μεταφοράς και καλύτερη πρόσβαση σε ποικίλες επιλογές μετακίνησης. Η αυξανόμενη υιοθέτηση έξυπνων λύσεων κινητικότητας από διαφορετικές ομάδες χρηστών διαμορφώνει ένα δυναμικό και πολυδιάστατο τοπίο αγοράς, όπου η κατανόηση των αναγκών τους καθίσταται ζωτικής σημασίας για τη μεγιστοποίηση των ευκαιριών και την αντιμετώπιση των προκλήσεων του κλάδου.

5.8. Τεχνολογικές Καινοτομίες στην Έξυπνη Κινητικότητα

Η αγορά έξυπνης κινητικότητας εξελίσσεται με ταχύ ρυθμό, οδηγούμενη από τις τεχνολογικές εξελίξεις που επαναπροσδιορίζουν τον τρόπο λειτουργίας των μεταφορών. Κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος της κινητικότητας διαδραματίζουν καινοτομίες όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (*Big Data Analytics*), που βελτιώνουν τη συνδεσιμότητα

μεταξύ οχημάτων και αστικών υποδομών, δημιουργώντας μια πιο αποδοτική και ενοποιημένη εμπειρία μετακίνησης.

Η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει την προγνωστική ανάλυση των συστημάτων μεταφορών, βελτιστοποιώντας τη διαχείριση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, η τεχνολογία blockchain αποκτά αυξανόμενη σημασία, διασφαλίζοντας ασφαλείς και διαφανείς συναλλαγές, τόσο στις πληρωμές όσο και στη διαχείριση των δεδομένων κινητικότητας. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων συμβάλλει στην κατανόηση της συμπεριφοράς των χρηστών, βελτιώνοντας τις παρεχόμενες υπηρεσίες, ενώ το *Cloud Computing* υποστηρίζει την απαιτούμενη υποδομή για τη συλλογή και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων.

Οι τεχνολογίες αυτές διευκολύνουν την υιοθέτηση ολοκληρωμένων λύσεων έξυπνης κινητικότητας, αντιμετωπίζοντας τις προκλήσεις της αστικοποίησης και ενισχύοντας τη συνολική αποδοτικότητα και βιωσιμότητα των μεταφορών. Η ραγδαία πρόοδος στον κλάδο της έξυπνης κινητικότητας υποδηλώνει ένα πολλά υποσχόμενο μέλλον, με νέες ευκαιρίες ανάπτυξης να προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των τεχνολογικών εξελίξεων και των αναγκών των αστικών κέντρων.

Στη συνέχεια παρατίθεται η μελέτη περίπτωσης χρήσης blockchain σε πραγματικό περιβάλλον στην πόλη του Dubai.

5.8.1. Μελέτη Περίπτωσης: Dubai Blockchain Mobility Initiative (DBMI)

Η πόλη του Dubai, στο πλαίσιο της στρατηγικής "Dubai Blockchain Strategy", στοχεύει στην πλήρη ψηφιοποίηση των υπηρεσιών της, με ιδιαίτερη έμφαση στις μεταφορές. Η έξυπνη κινητικότητα της πόλης αντιμετώπιζε προκλήσεις που σχετίζονταν με την έλλειψη διαφάνειας και ασφάλειας στις συναλλαγές ride-sharing, την εξάρτηση από τρίτους παρόχους και την πολυπλοκότητα στη διαχείριση στόλου λόγω της μη βέλτιστης αξιοποίησης των δεδομένων μετακίνησης (Hendon, 2021).

Το Dubai Blockchain Mobility Initiative (DBMI) σχεδιάστηκε για να ενσωματώσει την τεχνολογία blockchain στην αστική κινητικότητα, προσφέροντας διαφανείς και αποκεντρωμένες συναλλαγές μεταξύ επιβατών και οδηγών χωρίς την ανάγκη μεσαζόντων. Παράλληλα, στόχευε στη δημιουργία ενός αξιόπιστου και ασφαλούς συστήματος διαχείρισης δεδομένων μετακίνησης, αξιοποιώντας ένα κατανεμημένο καθολικό (distributed ledger). Η πρωτοβουλία αυτή εισήγαγε την αυτοματοποίηση μέσω έξυπνων συμβολαίων, καθιστώντας τις πληρωμές, τις κρατήσεις και την ασφάλιση των υπηρεσιών άμεσες και αδιάβλητες. Επιπλέον, η DBMI προώθησε την έννοια του Mobility-as-a-Service (MaaS), δίνοντας στους πολίτες τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν μια ενοποιημένη εφαρμογή για ride-sharing, car-sharing, bike-sharing και αυτόνομα οχήματα, συμβάλλοντας στη μείωση του κόστους και στη βελτίωση της αποδοτικότητας του συστήματος μεταφορών.

Από τεχνικής άποψης, η DBMI βασίζεται σε ένα "permissioned" blockchain, όπου η πρόσβαση στο δίκτυο επιτρέπεται μόνο σε εξουσιοδοτημένους φορείς. Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας περιλαμβάνει το Hyperledger Fabric για τη λειτουργία του blockchain, το IPFS (InterPlanetary File System) για την αποθήκευση δεδομένων και τα Ethereum Smart Contracts για τη διεκπεραίωση των συναλλαγών, χρησιμοποιώντας ως κρυπτονόμισμα το

DubaiCoin (DBIX). Η υποδομή της βασίζεται σε AWS Blockchain Templates και Kubernetes για την ασφαλή και επεκτάσιμη λειτουργία της, ενώ αξιοποιεί Zero-Knowledge Proofs (ZKP) για την προστασία της ιδιωτικότητας των χρηστών.

Ένα από τα πιο καινοτόμα στοιχεία της DBMI είναι η υλοποίηση έξυπνων συμβολαίων για τη διαχείριση διαφόρων πτυχών των μετακινήσεων. Η σύμβαση ride-sharing επιτρέπει τη δυναμική τιμολόγηση βάσει της ζήτησης και των κυκλοφοριακών συνθηκών, διασφαλίζοντας παράλληλα την αυτόματη εκκαθάριση των πληρωμών μέσω του blockchain. Αντίστοιχα, η σύμβαση ασφάλισης μεταφοράς προσφέρει στους χρήστες τη δυνατότητα απόκτησης ασφαλιστικής κάλυψης σε πραγματικό χρόνο, ενώ η σύμβαση διαχείρισης στόλου επιτρέπει την προσαρμογή των δρομολογίων βάσει δεδομένων κίνησης, μειώνοντας έτσι την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τα λειτουργικά κόστη.

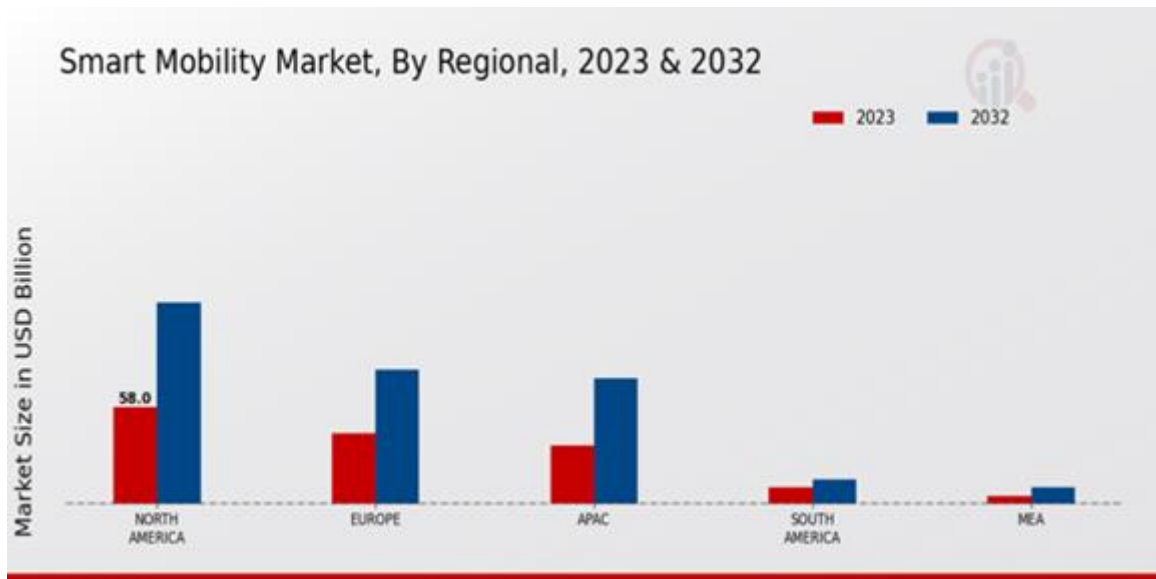
Η αποκεντρωμένη φύση του συστήματος διαχείρισης δεδομένων επιτρέπει την καταγραφή όλων των μετακινήσεων σε μη μεταβλητά (immutable) blocks, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των πληροφοριών. Η χρήση blockchain IDs για κάθε επιβάτη και οδηγό αντικαθιστά τα παραδοσιακά συστήματα ταυτοποίησης, ενισχύοντας την προστασία της ιδιωτικότητας και μειώνοντας τον κίνδυνο διαρροής προσωπικών δεδομένων. Παράλληλα, οι πληρωμές και οι κρατήσεις γίνονται μέσω peer-to-peer smart contracts, καταργώντας την ανάγκη για διαμεσολαβητές και μειώνοντας σημαντικά το κόστος συναλλαγών.

Τα πρώτα αποτελέσματα από την εφαρμογή της DBMI δείχνουν σαφή βελτίωση στην αποδοτικότητα του συστήματος κινητικότητας. Οι συναλλαγές ride-sharing έχουν γίνει πιο διαφανείς, με το σύστημα να καταγράφει κάθε πληρωμή σε πραγματικό χρόνο και να εξαλείφει τις κρυφές χρεώσεις. Η εξάλειψη των μεσαζόντων έχει οδηγήσει σε μείωση του κόστους συναλλαγών κατά 30%, ενώ η χρήση δεδομένων blockchain για τη διαχείριση του στόλου έχει μειώσει τα λειτουργικά κόστη έως 25%. Επιπλέον, η βελτιστοποίηση των δρομολογίων έχει συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 15%, καθιστώντας την πρωτοβουλία σημαντικό παράγοντα στη στρατηγική βιώσιμης ανάπτυξης του Ντουμπάι.

Η DBMI, με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών blockchain και έξυπνων συμβολαίων, θέτει νέα πρότυπα στην έξυπνη κινητικότητα, προσφέροντας ασφαλείς, αποδοτικές και βιώσιμες λύσεις μεταφορών. Η επιτυχημένη της εφαρμογή στο Ντουμπάι ανοίγει τον δρόμο για τη μελλοντική υιοθέτηση παρόμοιων συστημάτων και σε άλλες πόλεις, που επιδιώκουν να βελτιώσουν τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα των αστικών μεταφορών τους.

5.9. Συμβολή της Έξυπνης Κινητικότητας στην Περιφερειακή Οικονομική Ανάπτυξη

Η αγορά έξυπνης κινητικότητας σε ολόκληρη την υδρόγειο. Η Βόρεια Αμερική κατέχει ηγετική θέση στον κλάδο, με την αξία της αγοράς να φτάνει τα 58 δισεκατομμύρια δολάρια, ενώ προβλέπεται να φτάσει τα 120 δισεκατομμύρια έως το 2032, ενισχύοντας τη δυναμική των έξυπνων λύσεων μεταφορών και εστιάζοντας στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Στην περιοχή Ασίας-Ειρηνικού, η αγορά εκτιμάται στα 35 δισεκατομμύρια δολάρια το 2023, με προβλέψεις για άνοδο στα 75 δισεκατομμύρια δολάρια, κυρίως λόγω της αυξημένης αστικοποίησης και της ταχείας τεχνολογικής προόδου.



Διάγραμμα 3. Η εξέλιξη της αγοράς έξυπνης κινητικότητας ανά ήπειρο.

Πηγή: MRFR Database and Analyst Review

Στη Νότια Αμερική, η αξία της αγοράς έξυπνης κινητικότητας εκτιμάται στα 10 δισεκατομμύρια δολάρια, με σταδιακή ανάπτυξη στα 15 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2032, γεγονός που υποδηλώνει νέες επενδυτικές ευκαιρίες. Τέλος, η Μέση Ανατολή και η Αφρική (MEA) αντιπροσωπεύουν μια μικρότερη αλλά αναπτυσσόμενη αγορά, με εκτιμώμενη αξία 4,76 δισεκατομμυρίων δολαρίων, η οποία αναμένεται να φτάσει τα 10 δισεκατομμύρια δολάρια, αντικατοπτρίζοντας το αυξανόμενο ενδιαφέρον για λύσεις έξυπνης κινητικότητας στις αναδυόμενες αγορές. Αυτή η περιφερειακή διαφοροποίηση αναδεικνύει τις διαφορετικές προκλήσεις και τις ευκαιρίες ανάπτυξης που προκύπτουν σε κάθε γεωγραφική ζώνη, με τη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη να παραμένουν πρωτοπόρες στην ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών στις μεταφορές.

5.10. Ανταγωνισμός και Κύριοι Συντελεστές της Αγοράς

Ο κλάδος της έξυπνης κινητικότητας χαρακτηρίζεται από έντονο ανταγωνισμό, με εταιρείες να επενδύουν σε καινοτόμες λύσεις που βελτιώνουν την απόδοση των συστημάτων μεταφορών, ενώ παράλληλα προωθούν τη βιωσιμότητα, την προσβασιμότητα και την αποδοτικότητα των συγκοινωνιών. Οι τεχνολογικές εξελίξεις και η αυξανόμενη εξάρτηση από έξυπνες υποδομές δημιουργούν ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, στο οποίο δραστηριοποιούνται τόσο νεοφυείς εταιρείες όσο και μεγάλοι παγκόσμιοι παίκτες.

Η **Intel Corporation** κατέχει ηγετική θέση στον κλάδο, εστιάζοντας στην ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων υποστήριξης οδηγού, τεχνολογιών αυτόνομης οδήγησης και αναλύσεων δεδομένων που βελτιώνουν τη συνδεσιμότητα και τη διαχείριση της κυκλοφορίας. Οι συνεργασίες της με μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες και εταιρείες τεχνολογίας ενισχύουν την παρουσία της στην αγορά, ενώ η εστίασή της στην ασφάλεια και την επεκτασιμότητα την καθιστά βασικό παράγοντα στην ανάπτυξη έξυπνων μεταφορών.

Η **Cisco Systems** διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο, αξιοποιώντας την εμπειρία της στη δικτύωση και την κυβερνοασφάλεια για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων έξυπνων συστημάτων μεταφορών. Η εταιρεία επικεντρώνεται στην ενίσχυση της συνδεσιμότητας μεταξύ οχημάτων, αστικών υποδομών και δημόσιων συγκοινωνιών, επιτρέποντας τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων για τη βελτιστοποίηση των μεταφορών και τη διαχείριση της κυκλοφορίας. Επιπλέον, η Cisco παρέχει προηγμένες λύσεις κυβερνοασφάλειας, διασφαλίζοντας την προστασία των δεδομένων που συλλέγονται από τα συστήματα κινητικότητας.

Άλλοι μεγάλοι συντελεστές του κλάδου, όπως η **Waymo**, η **Daimler AG**, η **General Motors** και η **Tesla**, πρωτοπορούν στην ανάπτυξη ηλεκτρικών και αυτόνομων οχημάτων, επηρεάζοντας τη δυναμική της αγοράς. Η **Tesla**, συγκεκριμένα, παραμένει ένας από τους ισχυρότερους παράγοντες στην εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης, ενώ εταιρείες όπως η **Hyundai** και η **Uber** επενδύουν σε νέες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων των εναέριων μέσων μετακίνησης.

Η αγορά έξυπνης κινητικότητας αναμένεται να συνεχίσει την ανοδική της πορεία, καθοδηγούμενη από τις τεχνολογικές καινοτομίες και τις επενδύσεις σε βιώσιμες μεταφορικές λύσεις. Ο συνδυασμός κυβερνητικών πολιτικών, επιχειρηματικών στρατηγικών και εξελιγμένων τεχνολογιών δημιουργεί ένα δυναμικό και ανταγωνιστικό περιβάλλον, στο οποίο οι μεταφορές μετασχηματίζονται ριζικά, οδηγώντας σε ένα πιο αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα κινητικότητας.

5.11. Εξελίξεις στον Κλάδο της Έξυπνης Κινητικότητας

Η αγορά της έξυπνης κινητικότητας γνωρίζει σημαντικές εξελίξεις, καθώς οι τεχνολογικές καινοτομίες και οι στρατηγικές επενδύσεις των μεγάλων εταιρειών επαναπροσδιορίζουν το μέλλον των μεταφορών. Εταιρείες όπως η **Waymo** και η **Nuro** πρωτοστατούν στην ανάπτυξη τεχνολογιών αυτόνομης οδήγησης, υποδεικνύοντας ένα μέλλον όπου τα αυτόνομα οχήματα θα μπορούσαν να καταστούν ο κανόνας στις μετακινήσεις. Παράλληλα, η **Daimler AG** και η **General Motors** επενδύουν δυναμικά σε λύσεις ηλεκτροκίνησης, με στόχο τη μείωση των εκπομπών ρύπων και τη διαμόρφωση ενός καθαρότερου αστικού περιβάλλοντος.

Η **Volkswagen AG** έχει ανακοινώσει συνεργασίες που εστιάζουν σε βιώσιμες λύσεις κινητικότητας, ενώ η **Toyota Motor Corporation** προχωρά σε καινοτόμα έργα έξυπνων πόλεων που στοχεύουν στη βελτίωση των συστημάτων αστικών μεταφορών. Οι στρατηγικές αυτές ενισχύουν την ανάπτυξη των υποδομών έξυπνης κινητικότητας και την προώθηση τεχνολογιών που επιτρέπουν την ενοποίηση διαφόρων μέσων μεταφοράς.

Μια ιδιαίτερα φουτουριστική εξέλιξη αφορά τη συνεργασία της **Hyundai Motor Company** με την **Uber Technologies** στον τομέα των ιπτάμενων αυτοκινήτων, ανοίγοντας τον δρόμο για την ανάπτυξη εναέριας κινητικότητας και μεταμορφώνοντας τη δομή των αστικών μεταφορών. Ταυτόχρονα, η **Tesla** συνεχίζει να ηγείται της ηλεκτροκίνησης, με τη μετοχική της αξία να αυξάνεται συνεχώς, επιβεβαιώνοντας τη θέση της ως κορυφαίου παράγοντα στην εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων.

Η αγορά έξυπνης κινητικότητας χαρακτηρίζεται επίσης από έντονη δραστηριότητα στον τομέα των συγχωνεύσεων και εξαγορών. Εταιρείες όπως η **BMW AG** και η **Ford Motor**

Company επιδιώκουν στρατηγικές συνεργασίες για την ενίσχυση των πρωτοβουλιών τους στον χώρο της έξυπνης κινητικότητας, αυξάνοντας την ανταγωνιστική τους θέση. Το τοπίο της αγοράς εξελίσσεται ραγδαία, καθοδηγούμενο από τεχνολογικές προόδους, πρωτοβουλίες βιωσιμότητας και αυξημένες επενδύσεις σε λύσεις προηγμένων μεταφορών.

Σημαντικοί τεχνολογικοί κολοσσοί, όπως η **Intel Corporation** και η **Cisco Systems**, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της αγοράς, προσφέροντας λύσεις τεχνολογικής συνδεσιμότητας και κυβερνοασφάλειας, οι οποίες είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική υλοποίηση των συστημάτων έξυπνης κινητικότητας. Οι αυξημένες επενδύσεις σε καινοτόμες τεχνολογίες, σε συνδυασμό με τη διαρκή έμφαση στη βιωσιμότητα, υποδηλώνουν ότι η αγορά της έξυπνης κινητικότητας θα συνεχίσει να αναπτύσσεται δυναμικά, επηρεάζοντας το μέλλον των μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει τις πληροφορίες που παρατέθηκαν στο κεφάλαιο αυτό.

Πίνακας 11. Σύνοψη των κυριότερων δεδομένων σχετικά με την αγορά έξυπνης κινητικότητας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Μέγεθος αγοράς 2022	138.65 (USD Billion)
Μέγεθος αγοράς 2023	149.76 (USD Billion)
Μέγεθος αγοράς 2032	300.0 (USD Billion)
Ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης	8.02% (2024 - 2032)
Έτος βάσης	2023
Περίοδος πρόβλεψης	2024 - 2032
Ιστορικά δεδομένα της μελέτης	2019 - 2022
Νομισματική μονάδα	USD Billion
Εταιρείες που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα	Intel Corporation, Cisco Systems, Nuro, Waymo, Daimler AG, General Motors, Volkswagen AG, Toyota Motor Corporation, Hyundai Motor Company, Uber Technologies, BMW AG, Ford Motor Company, Nissan Motor Corporation, Tesla, Baidu
Κύριες προοπτικές	Αύξηση χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων, εξέλιξη της τεχνολογίας αυτόνομων οχημάτων, έξυπνες λύσεις δημόσιων μεταφορών, πρωτοβουλίες βιώσιμης αστικής κινητικότητας, ανάπτυξη Mobility-as-a-Service (MaaS)
Περιφέρειες που μελετήθηκαν	Βόρεια Αμερική, Ευρώπη, Ασία-Ειρηνικός, Νότια Αμερική, Μέσα Ανατολή, Αφρική

5.12. Υιοθέτηση Λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας μέσω IoT σε Παγκόσμιο Επίπεδο

Η ενσωμάτωση του IoT στα αστικά συστήματα μεταφορών έχει αποκτήσει μεγάλη δυναμική τα τελευταία χρόνια. Οι πόλεις σε όλο τον κόσμο εφαρμόζουν τεχνολογίες IoT για τη διαχείριση της κυκλοφορίας, τη βελτίωση των δημόσιων συγκοινωνιών και την προώθηση βιώσιμων επιλογών μετακίνησης.

Για παράδειγμα, τα έξυπνα φανάρια με αισθητήρες IoT προσαρμόζουν τη λειτουργία τους σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες, μειώνοντας τη συμφόρηση και τις εκπομπές ρύπων. Επιπλέον, τα συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών χρησιμοποιούν το IoT για την παρακολούθηση δρομολογίων, παρέχοντας στους επιβάτες ακριβείς πληροφορίες άφιξης και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των υπηρεσιών.

5.12.1. Ενδεικτικά παραδείγματα υιοθέτησης:

Ευρώπη: Το Άμστερνταμ και η Βαρκελώνη πρωτοπορούν στις έξυπνες μεταφορές. Το Άμστερνταμ αξιοποιεί το IoT για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και της στάθμευσης, ενώ η Βαρκελώνη χρησιμοποιεί αισθητήρες για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της αστικής κινητικότητας. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το 70% των ευρωπαϊκών πόλεων έχουν υιοθετήσει κάποια μορφή έξυπνων μεταφορικών συστημάτων.

Ασία: Η Σιγκαπούρη, μέσω του προγράμματος Smart Mobility 2030, έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα μεταφορών με IoT, συμπεριλαμβανομένων έξυπνων συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας και ηλεκτρονικής τιμολόγησης των δρόμων. Η Κίνα έχει επενδύσει πάνω από 1 δισεκατομμύριο δολάρια στην έρευνα και ανάπτυξη έξυπνων υποδομών μεταφορών.

Βόρεια Αμερική: Το Κολόμπους στο Οχάιο, μέσω της πρωτοβουλίας Smart Columbus, έχει αναπτύξει συνδεδεμένα οχήματα και έξυπνους κόμβους κινητικότητας για βελτίωση της αποτελεσματικότητας των μετακινήσεων. Στις ΗΠΑ, το 45% των μεγάλων πόλεων χρησιμοποιούν κάποια μορφή IoT-based mobility solution. Παρόλο που οι τεχνολογίες έξυπνης κινητικότητας σημειώνουν πρόοδο, η εφαρμογή τους διαφέρει μεταξύ των πόλεων λόγω οικονομικών περιορισμών, τεχνολογικής υποδομής και ρυθμιστικών πλαισίων.

5.13. Εμπόδια στην Εφαρμογή των Λύσεων Έξυπνης Κινητικότητας

Η υιοθέτηση λύσεων IoT στην έξυπνη κινητικότητα αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις:

Τεχνικές Δυσκολίες: Η πολυπλοκότητα στην ενσωμάτωση διαφόρων τεχνολογιών IoT αποτελεί σοβαρό εμπόδιο. Η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων είναι ζωτικής σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία.

Οικονομικοί Περιορισμοί: Η εφαρμογή έξυπνων συστημάτων μεταφορών απαιτεί σημαντικές επενδύσεις, κάτι που αποτελεί πρόκληση, ιδιαίτερα για τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Διαλειτουργικότητα: Η έλλειψη κοινών προτύπων δημιουργεί δυσκολίες στη διασύνδεση διαφορετικών τεχνολογικών συστημάτων, οδηγώντας σε κατακερματισμένες υλοποιήσεις.

Διαχείριση και Λειτουργία: Οι πόλεις συχνά στερούνται της απαραίτητης τεχνογνωσίας για τη διαχείριση των έξυπνων μεταφορών, γεγονός που επηρεάζει την αποτελεσματικότητά τους.

Ανησυχίες για την Ιδιωτικότητα και την Ασφάλεια: Η συλλογή και αποθήκευση δεδομένων από συσκευές IoT ενδέχεται να εγείρει ζητήματα απορρήτου και κυβερνοασφάλειας.

5.14. Κύριες Προκλήσεις της Έξυπνης Κινητικότητας

Εκτός από τα εμπόδια στην εφαρμογή, οι λύσεις έξυπνης κινητικότητας αντιμετωπίζουν εγγενείς προκλήσεις που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητά τους:

Διαχείριση Δεδομένων: Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που παράγεται από IoT συσκευές απαιτεί προηγμένα συστήματα ανάλυσης για την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών.

Επεκτασιμότητα: Οι λύσεις πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν μελλοντικές αυξήσεις στον αστικό πληθυσμό και στις μεταφορικές απαιτήσεις.

Αποδοχή από τους χρήστες: Η επιτυχία των συστημάτων εξαρτάται από την εμπιστοσύνη και την προθυμία των πολιτών να τα χρησιμοποιήσουν.

Ρυθμιστικά και Νομοθετικά Ζητήματα: Απαιτούνται σαφή νομοθετικά πλαίσια για τη ρύθμιση της χρήσης των δεδομένων και τη διασφάλιση της ασφάλειας των συστημάτων.

Βιωσιμότητα: Οι λύσεις πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την περιβαλλοντική τους επίδραση και τη δίκαιη πρόσβαση όλων των πολιτών στα συστήματα μεταφορών.

5.15. Συμπέρασμα

Η έξυπνη κινητικότητα μέσω IoT προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για τη βελτίωση των μετακινήσεων, τη βιωσιμότητα και τη συνολική ποιότητα ζωής στις πόλεις. Ωστόσο, η επιτυχής υλοποίηση αυτών των λύσεων προϋποθέτει την αντιμετώπιση σημαντικών προκλήσεων, από την τεχνική διαλειτουργικότητα έως τις οικονομικές και νομοθετικές δυσκολίες. Μια συνεργατική προσέγγιση μεταξύ φορέων χάραξης πολιτικής, τεχνολογικών παρόχων και πολιτών θα είναι καθοριστική για τη διαμόρφωση αποτελεσματικών και βιώσιμων λύσεων έξυπνης κινητικότητας στο μέλλον.

6. Προκλήσεις και Εμπόδια στην Ευρεία Εφαρμογή της Ευφυούς Κινητικότητας

Η Ευφυής Κινητικότητα (Smart Mobility) υπόσχεται να μεταμορφώσει τις μεταφορές μέσω προηγμένων τεχνολογιών, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα ευφυή συστήματα μεταφορών (ITS), η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τα αυτόνομα οχήματα. Παρόλο που πολλές λύσεις έχουν ήδη υλοποιηθεί, η γενικευμένη εφαρμογή τους αντιμετωπίζει σημαντικά εμπόδια. Σε αυτό το κεφάλαιο, αναλύονται οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ευρεία διάδοση της ευφυούς κινητικότητας, καθώς και οι προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν για την αποτελεσματική ενσωμάτωσή της.

6.1. Τεχνολογικές Προκλήσεις

6.1.1. Διαλειτουργικότητα και Ενσωμάτωση Υφιστάμενων Συστημάτων

Τα υφιστάμενα συστήματα μεταφορών και υποδομών δεν έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν διασυνδεδεμένες λύσεις. Η ενοποίηση διαφορετικών πλατφορμών, αισθητήρων και δεδομένων σε ένα συνεκτικό σύστημα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τεχνικά εμπόδια (Gonzalez et al., 2021).

6.1.2. Ασφάλεια και Προστασία Δεδομένων

Η συγκέντρωση μεγάλου όγκου δεδομένων από οχήματα, αισθητήρες και εφαρμογές κινητικότητας δημιουργεί προκλήσεις ασφάλειας. Τα ζητήματα κυβερνοασφάλειας και η συμμόρφωση με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR) στην Ευρώπη περιορίζουν την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων (Smith & Brown, 2020).

6.1.3. Κόστος Υλοποίησης και Υποδομές

Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών απαιτεί εκτεταμένες επενδύσεις σε υποδομές, αισθητήρες και δίκτυα επικοινωνίας. Οι πόλεις που δεν διαθέτουν τα απαραίτητα κεφάλαια δυσκολεύονται να υλοποιήσουν λύσεις έξυπνης κινητικότητας σε μεγάλη κλίμακα (Jones et al., 2019).

6.2. Οικονομικοί και Θεσμικοί Περιορισμοί

6.2.1. Έλλειψη Χρηματοδότησης

Παρά την αύξηση των επενδύσεων στις τεχνολογίες ευφυούς κινητικότητας, η υλοποίηση τέτοιων λύσεων παραμένει δαπανηρή. Οι δήμοι και οι κυβερνήσεις συχνά αντιμετωπίζουν δημοσιονομικούς περιορισμούς, γεγονός που καθυστερεί την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών (Miller et al., 2018).

6.2.2. Ρυθμιστικά Εμπόδια και Νομοθεσία

Η νομοθεσία σχετικά με την αυτόνομη οδήγηση, τα δικαιώματα των χρηστών και τη διαχείριση των δεδομένων παραμένει ασαφής ή ανεπαρκής σε πολλές χώρες. Η ανάπτυξη

ενός κοινού κανονιστικού πλαισίου είναι κρίσιμη για τη διευκόλυνση της εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών (Anderson & White, 2021).

6.2.3. Επιχειρηματικά Μοντέλα και Βιωσιμότητα

Πολλά επιχειρηματικά μοντέλα δεν έχουν ακόμη αποδείξει τη βιωσιμότητά τους. Οι υπηρεσίες κοινής κινητικότητας, όπως τα car-sharing και τα micro-mobility solutions, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στη διατήρηση οικονομικής βιωσιμότητας λόγω χαμηλής κερδοφορίας (Chen & Li, 2020).

6.3. Κοινωνικές και Περιβαλλοντικές Προκλήσεις

6.3.1. Αντίσταση των Πολιτών στην Αλλαγή

Η ευρεία αποδοχή των λύσεων ευφυούς κινητικότητας εξαρτάται από την αλλαγή των συνθηκών των πολιτών. Η προσκόλληση στα ιδιωτικά οχήματα και η έλλειψη εμπιστοσύνης στις νέες τεχνολογίες περιορίζουν την υιοθέτηση καινοτόμων λύσεων (Davis, 2019).

6.3.2. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Παραγωγής Τεχνολογιών

Η ανάπτυξη και παραγωγή έξυπνων συστημάτων μεταφορών απαιτεί σπάνιες γαίες και μεγάλα αποθέματα ενέργειας, γεγονός που ενδέχεται να αντισταθμίσει τα περιβαλλοντικά οφέλη της έξυπνης κινητικότητας. Επιπλέον, η απόρριψη ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελεί ένα αυξανόμενο πρόβλημα (Taylor et al., 2022).

6.3.3. Αστικές και Χωροταξικές Ανισότητες

Οι λύσεις ευφυούς κινητικότητας συχνά εστιάζουν στις μεγάλες αστικές περιοχές, αφήνοντας τις αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές εκτός των ωφελειών. Αυτό οδηγεί σε περαιτέρω ανισότητες στην πρόσβαση σε υπηρεσίες μεταφορών (Green et al., 2021).

6.4. Προοπτικές και Μελλοντικές Κατευθύνσεις

6.4.1. Συνεργασία Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα

Η ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ κυβερνήσεων, εταιρειών τεχνολογίας και ερευνητικών ιδρυμάτων μπορεί να επιταχύνει την ανάπτυξη και εφαρμογή ευφύων συστημάτων μεταφορών (Williams & Clark, 2020).

6.4.2. Ανάπτυξη Ρυθμιστικών Πλαισίων

Η υιοθέτηση ενιαίων ρυθμιστικών πλαισίων για τη χρήση αυτόνομων οχημάτων, τη διαχείριση δεδομένων και τη βιωσιμότητα των επιχειρηματικών μοντέλων μπορεί να διευκολύνει τη μετάβαση προς την έξυπνη κινητικότητα (Roberts, 2022).

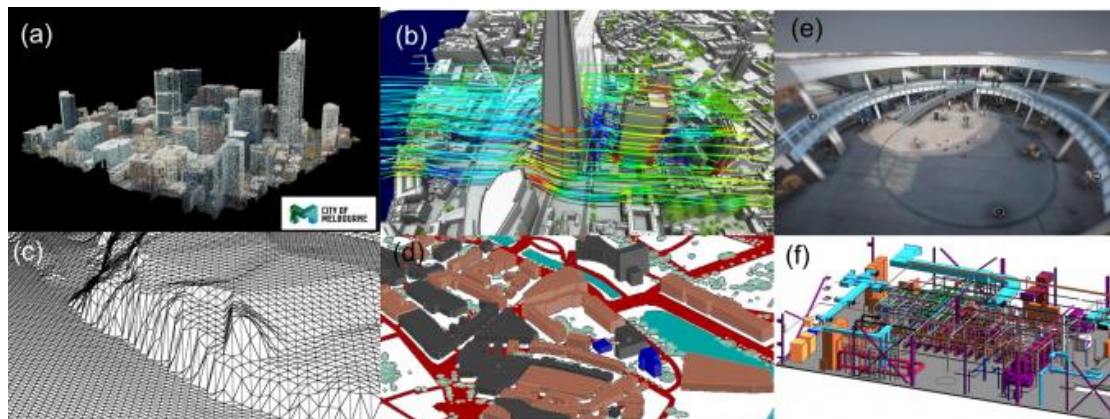
6.4.3. Έμφαση στην Εκπαίδευση και Ευαισθητοποίηση

Η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τα οφέλη και τις επιπτώσεις της ευφυούς κινητικότητας μπορεί να αυξήσει την αποδοχή των νέων τεχνολογιών (Harrison et al., 2019).

Παρά την πρόοδο στις τεχνολογίες ευφυούς κινητικότητας, η ευρεία εφαρμογή τους εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικά εμπόδια. Η τεχνολογική καινοτομία, η χρηματοδότηση, η νομοθεσία και η κοινωνική αποδοχή είναι κρίσιμοι παράγοντες για την επιτυχία αυτών των λύσεων. Με τη σωστή στρατηγική και συνεργασία, η έξυπνη κινητικότητα μπορεί να αποτελέσει βασικό παράγοντα για τη βελτίωση των μεταφορών και της βιωσιμότητας των πόλεων.

6.5. City smart twins και έξυπνη κινητικότητα

Η έννοια του "ψηφιακού διδύμου πόλης" (city digital twin) αναφέρεται στη δημιουργία ενός ψηφιακού αντιγράφου μιας αστικής περιοχής, το οποίο ενσωματώνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από διάφορες πηγές, όπως αισθητήρες, συστήματα μεταφορών και περιβαλλοντικούς δείκτες. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την προσομοίωση, την ανάλυση και την πρόβλεψη διαφόρων αστικών φαινομένων, συμβάλλοντας σημαντικά στην ανάπτυξη και την εξάπλωση λύσεων έξυπνης κινητικότητας.



Εικόνα 1. Διαφορετικά μοντέλα (digital twins) πόλεων

Πηγές: (a) City of Melbourne, CC4.0, (b) AccuCities (c) City of Helsinki Lidar data, CC4.0 (d) Lehtola, V. V., Koeva, M., Elberink, S. O., Raposo, P., Virtanen, J. P., Vahdatikhaki, F., & Borsci, S. (e) Jaalama et al, (f) Bimcolab)

Μία από τις κύριες επιδράσεις των ψηφιακών διδύμων στην έξυπνη κινητικότητα είναι η δυνατότητα βελτιστοποίησης των συστημάτων μεταφορών μέσω της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων. Σύμφωνα με τους Xu et al. (2020), η ενσωμάτωση ψηφιακών διδύμων με τεχνολογίες cloud επιτρέπει την επίγνωση της κατάστασης σε πραγματικό χρόνο και τον κυβερνο-φυσικό έλεγχο της κυκλοφορίας, οδηγώντας σε πιο αποδοτική διαχείριση των αστικών μεταφορών.

Επιπλέον, τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη προσομοιώσεων που βοηθούν στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση νέων υποδομών μεταφορών. Για παράδειγμα, το έργο "Virtual Singapore" δημιούργησε ένα τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο της πόλης, το οποίο χρησιμοποιείται για την προσομοίωση και τη

βελτιστοποίηση συστημάτων μεταφορών, όπως η ανάλυση της ροής της κυκλοφορίας και η δοκιμή διαφορετικών στρατηγικών δημόσιων συγκοινωνιών (Botín-Sanabria et al., 2022).

Η χρήση ψηφιακών διδύμων επιτρέπει επίσης την πρόβλεψη και τη διαχείριση της ζήτησης για μεταφορές. Μέσω της ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οι πόλεις μπορούν να προβλέψουν τις ανάγκες των πολιτών και να προσαρμόσουν ανάλογα τις υπηρεσίες μεταφορών, μειώνοντας τη συμφόρηση και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα. Σύμφωνα με τους Fan et al. (2022), η πρόβλεψη των μελλοντικών κινήσεων των πολιτών σε μητροπολιτικό επίπεδο μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη συστημάτων έξυπνης κινητικότητας που ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών.

Επιπλέον, τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση της ασφάλειας στις μεταφορές. Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης και ανάλυσης δεδομένων, είναι δυνατή η ανίχνευση επικίνδυνων καταστάσεων και η λήψη προληπτικών μέτρων για την αποτροπή ατυχημάτων. Η μελέτη των Li et al. (2024) προτείνει ένα σύστημα ανάλυσης έξυπνης κινητικότητας βασισμένο σε ψηφιακό δίδυμο, το οποίο ενσωματώνει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για την πρόβλεψη κινδύνων και τη βελτίωση της ασφάλειας στις αστικές μεταφορές.

Η εφαρμογή των ψηφιακών διδύμων δεν περιορίζεται μόνο στη διαχείριση της κυκλοφορίας, αλλά επεκτείνεται και στη βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών. Μέσω της ανάλυσης δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως εφαρμογές κινητών τηλεφώνων και συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών, οι πόλεις μπορούν να παρέχουν προσωποποιημένες υπηρεσίες στους πολίτες, όπως προτάσεις για τις βέλτιστες διαδρομές ή ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο για τις συνθήκες της κυκλοφορίας. Η μελέτη των White et al. (2021) αναφέρει τη δημιουργία ενός ψηφιακού διδύμου πόλης που επιτρέπει την αλληλεπίδραση με τους πολίτες, συλλέγοντας ανατροφοδότηση και βελτιώνοντας τις υπηρεσίες μεταφορών.

Παρά τα πλεονεκτήματα, η υιοθέτηση των ψηφιακών διδύμων στις λύσεις έξυπνης κινητικότητας αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως η ανάγκη για διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, η προστασία των προσωπικών δεδομένων και η εξασφάλιση της ακρίβειας των δεδομένων. Η μελέτη των Faliagka et al. (2020) εξετάζει τις τάσεις στις αρχιτεκτονικές πλαισίων ψηφιακών διδύμων για έξυπνες πόλεις, με έμφαση στην έξυπνη κινητικότητα, και προτείνει λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων.

Συνοψίζοντας, τα ψηφιακά δίδυμα πόλεων αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για την προώθηση των λύσεων έξυπνης κινητικότητας, προσφέροντας δυνατότητες για βελτιστοποίηση των συστημάτων μεταφορών, πρόβλεψη της ζήτησης, ενίσχυση της ασφάλειας και βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών. Με την κατάλληλη αντιμετώπιση των προκλήσεων, η ενσωμάτωση των ψηφιακών διδύμων μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία πιο αποδοτικών, ασφαλών και βιώσιμων αστικών μεταφορών.

6.5.1. Η Χρήση Open Data για την Εκπαίδευση Μοντέλων σε Smart City Digital Twins

Για να είναι αποτελεσματικά τα ψηφιακά δίδυμα πρέπει να τροφοδοτούνται με ακριβή και δυναμικά δεδομένα, ώστε να εκπαιδεύουν μοντέλα που μπορούν να προβλέψουν και να προτείνουν λύσεις σε προβλήματα αστικής κινητικότητας, διαχείρισης ενέργειας, περιβαλλοντικής παρακολούθησης και άλλων κρίσιμων τομέων.

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για να βελτιωθεί η εκπαίδευση αυτών των μοντέλων είναι η αξιοποίηση Open Data. Τα ανοιχτά δεδομένα, που δημοσιεύονται από κυβερνητικούς φορείς, πανεπιστήμια και οργανισμούς, παρέχουν πρόσβαση σε μεγάλες ποσότητες πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη και εκπαίδευση αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) και Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) (Jeong, Kim, & Kim, 2020).

Τα ανοιχτά δεδομένα που αξιοποιούνται για την εκπαίδευση των Smart City Digital Twins μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές πηγές και κατηγορίες. Ορισμένες βασικές κατηγορίες περιλαμβάνουν:

1. Δεδομένα Κυκλοφορίας και Μεταφορών

- API δημόσιων συγκοινωνιών (π.χ. GTFS feeds για δρομολόγια λεωφορείων, μετρό, τρένων)
- Δεδομένα GPS και κινητικότητας από διασυνδεδεμένα οχήματα και συσκευές IoT
- OpenStreetMap και άλλες γεωχωρικές βάσεις δεδομένων
- Συστήματα διαχείρισης φωτεινών σηματοδοτών και αισθητήρες κυκλοφορίας

2. Δεδομένα Περιβάλλοντος και Ενέργειας

- Ανοιχτές βάσεις δεδομένων για την ατμοσφαιρική ρύπανση (π.χ. European Environment Agency, NASA)
- Μετεωρολογικά δεδομένα από δορυφόρους και αισθητήρες IoT
- Κατανάλωση ενέργειας από κτήρια και δημόσιες υποδομές (smart grids)

3. Δεδομένα Στάθμευσης και Διαχείρισης Χώρων

- Open data σχετικά με τη διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης
- Αισθητήρες πληρότητας χώρων στάθμευσης και συστήματα κρατήσεων

4. Δημογραφικά και Οικονομικά Δεδομένα

- Open Data από απογραφές πληθυσμού και οικονομικές αναλύσεις
- Δείκτες κοινωνικοοικονομικής δραστηριότητας σε διάφορες περιοχές της πόλης

5. Δεδομένα Κινητικότητας Πεζών και Ποδηλατών

- Μετρήσεις πεζών μέσω αισθητήρων και καμερών υπολογιστικής όρασης
- Δεδομένα από εφαρμογές κοινής χρήσης ποδηλάτων

6.5.2. Εκπαίδευση Μοντέλων μέσω Open Data

Τα μοντέλα που χρησιμοποιούν τα Smart City Digital Twins βασίζονται σε Μηχανική Μάθηση και Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics) για να προσομοιώνουν και να προβλέψουν συμπεριφορές της πόλης. Η χρήση Open Data επιτρέπει:

- **Ανάπτυξη προγνωστικών μοντέλων** για την πρόβλεψη κυκλοφοριακής συμφόρησης και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών.
- **Εκπαίδευση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης** για τον εντοπισμό προτύπων κινητικότητας, βασισμένων σε ιστορικά και real-time δεδομένα.
- **Βελτιστοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης** σε κτίρια και δημόσιες υποδομές μέσω AI-driven συστημάτων ανάλυσης.
- **Πρόβλεψη ρύπανσης και κλιματικών επιπτώσεων**, ώστε οι δημοτικές αρχές να λαμβάνουν πιο στοχευμένα μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και τη μείωση των εκπομπών CO₂.
- **Δημιουργία προσαρμοσμένων σεναρίων αστικής ανάπτυξης**, που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα χρήσης γης και πληθυσμιακής κινητικότητας.

Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιούνται τεχνικές όπως Supervised και Unsupervised Learning, Neural Networks, Decision Trees, καθώς και Deep Reinforcement Learning για μοντέλα πρόβλεψης αστικής κινητικότητας.

6.5.3. Παραδείγματα Εφαρμογής Open Data σε Smart City Digital Twins

Η χρήση Open Data έχει ήδη υιοθετηθεί σε διάφορες πρωτοβουλίες Smart City Digital Twins παγκοσμίως. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πόλη της Σιγκαπούρης, η οποία χρησιμοποιεί δεδομένα από αισθητήρες κυκλοφορίας, δορυφορικά δεδομένα και ανοιχτές πλατφόρμες πληροφορικής για τη βελτίωση των δημόσιων μεταφορών και τη διαχείριση του αστικού χώρου (Johnson, 2022).

Αντίστοιχα, το “Virtual London” Project χρησιμοποιεί ανοιχτά δεδομένα για τη δημιουργία ενός λεπτομερούς ψηφιακού διδύμου της πόλης, βοηθώντας στον πολεοδομικό σχεδιασμό, την πρόβλεψη κυκλοφορίας και την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων (Jeong, Kim, & Kim, 2020).

Άλλη μελέτη περίπτωσης αποτελεί το “Smart Dublin”, το οποίο αξιοποιεί ανοιχτά δεδομένα για τη διαχείριση της στάθμευσης, την ανάλυση των μοτίβων κυκλοφορίας και τη βελτίωση των διαδρομών δημόσιων συγκοινωνιών.

Η χρήση Open Data για την εκπαίδευση μοντέλων Smart City Digital Twins επιτρέπει τη δημιουργία πιο ακριβών και αποτελεσματικών προσομοιώσεων, ενισχύοντας την έξυπνη κινητικότητα και τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων. Τα ανοιχτά δεδομένα παρέχουν μια οικονομικά αποδοτική λύση για τη συλλογή μεγάλων ποσοτήτων πληροφορίας, ενώ παράλληλα ενισχύουν τη διαφάνεια και τη συνεργασία μεταξύ των δημοτικών αρχών, των επιχειρήσεων και της ερευνητικής κοινότητας.

Η ενσωμάτωσή τους στα μοντέλα Μηχανικής Μάθησης και Τεχνητής Νοημοσύνης επιτρέπει τη δημιουργία πιο βιώσιμων, έξυπνων και ανθεκτικών πόλεων, όπου η ανάλυση και η

πρόβλεψη αστικών φαινομένων γίνεται με επιστημονική ακρίβεια. Με τη συνεχή ανάπτυξη των τεχνολογιών IoT, AI και Big Data, η αξιοποίηση Open Data θα συνεχίσει να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην εξέλιξη των Smart City Digital Twins, προσφέροντας νέες δυνατότητες για την καινοτομία και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών.

7. Συμπεράσματα

Η έξυπνη κινητικότητα αποτελεί μία από τις σημαντικότερες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των μεταφορών, καθώς προσφέρει λύσεις που βελτιώνουν την αποδοτικότητα, μειώνουν τη συμφόρηση και ενισχύουν τη βιωσιμότητα των μετακινήσεων. Η παρούσα εργασία ανέλυσε τις κυριότερες τεχνολογίες, εφαρμογές και προκλήσεις που σχετίζονται με τις λύσεις έξυπνης κινητικότητας, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην αξιοποίηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και των Μεγάλων Δεδομένων (Big Data).

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε τον καθοριστικό ρόλο της τεχνολογίας στην εξέλιξη των μεταφορών και ανέλυσε τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή λύσεων έξυπνης κινητικότητας. Πόλεις σε όλο τον κόσμο επενδύουν σε ψηφιακές καινοτομίες που επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας, τη μείωση των εκπομπών ρύπων και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Ωστόσο, η ανάπτυξη και υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών δεν είναι ομοιόμορφη, καθώς εξαρτάται από παράγοντες όπως η οικονομική δυνατότητα, η υποδομή, οι ρυθμιστικοί περιορισμοί και η αποδοχή των πολιτών.

Η ανάλυση των βασικών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στις λύσεις έξυπνης κινητικότητας κατέδειξε ότι το IoT διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο, καθώς επιτρέπει τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από οχήματα, υποδομές και περιβαλλοντικούς αισθητήρες. Η χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης συμβάλλει στην ανάλυση αυτών των δεδομένων, επιτρέποντας την πρόβλεψη κυκλοφοριακών συνθηκών, τη βελτίωση της ροής των οχημάτων και την προσαρμοστική διαχείριση της κυκλοφορίας. Παράλληλα, τα Μεγάλα Δεδομένα χρησιμοποιούνται για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων από τις αρχές μεταφορών, ενώ οι τεχνολογίες επικοινωνίας V2V (Vehicle-to-Vehicle) και V2I (Vehicle-to-Infrastructure) επιτρέπουν την άμεση ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ οχημάτων και υποδομών.

Η εργασία παρουσίασε επίσης ένα συγκεντρωτικό πίνακα των κυριότερων λύσεων έξυπνης κινητικότητας, κατηγοριοποιώντας τις με βάση την τεχνολογία και τα βασικά χαρακτηριστικά τους. Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι οι περισσότερες λύσεις στοχεύουν στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, την ενίσχυση της οδικής ασφάλειας και τη βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών. Έξυπνα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, αυτόνομη οδήγηση, έξυπνη στάθμευση και συνεργατικά ευφυή συστήματα μεταφορών (C-ITS) αναδεικνύονται ως οι βασικοί πυλώνες της επόμενης γενιάς αστικών μεταφορών.

Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των λύσεων δεν είναι απαλλαγμένη από προκλήσεις. Οι βασικοί περιορισμοί που εντοπίστηκαν περιλαμβάνουν τεχνικά ζητήματα, όπως η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών τεχνολογικών συστημάτων και η ανάγκη ύπαρξης αξιόπιστων και ασφαλών επικοινωνιών. Επιπλέον, το υψηλό κόστος υλοποίησης και συντήρησης των λύσεων αυτών καθιστά δύσκολη την υιοθέτησή τους από πόλεις με περιορισμένους οικονομικούς πόρους. Παράλληλα, ζητήματα που αφορούν την προστασία προσωπικών δεδομένων και την ασφάλεια των δικτύων πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου να διασφαλιστεί η εμπιστοσύνη των χρηστών.

Ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της ανάλυσης ήταν ότι η επιτυχία των λύσεων έξυπνης κινητικότητας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ενσωμάτωσή τους στις υπάρχουσες αστικές υποδομές και τη συνεργασία μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων. Η ανάπτυξη έξυπνων πόλεων απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που θα συνδυάζει τεχνολογική καινοτομία, επενδύσεις σε υποδομές και προσαρμοσμένα ρυθμιστικά πλαίσια που θα επιτρέπουν την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία αυτών των συστημάτων.

Η ανάλυση βιωσιμότητας ανέδειξε ότι οι έξυπνες λύσεις κινητικότητας μπορούν να μειώσουν δραστικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μεταφορών, ενθαρρύνοντας τη χρήση πιο φιλικών προς το περιβάλλον μεταφορικών μέσων και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η προώθηση της ηλεκτροκίνησης, η βελτιστοποίηση των διαδρομών και η ανάπτυξη κοινόχρηστων μεταφορών συμβάλλουν σε μια πιο βιώσιμη αστική κινητικότητα. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω δράσεις για την ευαισθητοποίηση του κοινού και την προσαρμογή των πολιτικών μεταφορών στις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις.

Συνολικά, η εργασία ανέδειξε ότι οι λύσεις έξυπνης κινητικότητας προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο σε επίπεδο αποδοτικότητας όσο και σε επίπεδο βιωσιμότητας. Παρόλα αυτά, η επιτυχής εφαρμογή τους απαιτεί στοχευμένες επενδύσεις, στρατηγικό σχεδιασμό και τη συνεργασία δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Οι μελλοντικές εξελίξεις στον τομέα της έξυπνης κινητικότητας αναμένεται να επικεντρωθούν στη βελτίωση της διαλειτουργικότητας των συστημάτων, την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως η τεχνολογία blockchain και η κβαντική κρυπτογράφηση, καθώς και στη δημιουργία προσαρμοσμένων ρυθμιστικών πλαισίων που θα επιτρέψουν την ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία αυτών των τεχνολογιών.

Η εξάπλωση των λύσεων έξυπνης κινητικότητας θα εξαρτηθεί από την ικανότητα των πόλεων να υιοθετήσουν και να προσαρμόσουν τις νέες τεχνολογίες στις πραγματικές τους ανάγκες. Σε αυτό το πλαίσιο, η συνεργασία μεταξύ κυβερνήσεων, πανεπιστημιακών ιδρυμάτων και ιδιωτικών φορέων είναι ζωτικής σημασίας για τη διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου και βιώσιμου συστήματος μεταφορών που θα ανταποκρίνεται στις προκλήσεις του μέλλοντος.

Βιβλιογραφία

- ACOEM GmbH. (2022). *Noise Radar - Reduce noise pollution by targeting emergencies linked to inappropriate behavior - Bee Smart Cities*. Ανάκτηση από <https://platform.beesmart.city/solutions/noise-radar-reduce-noise-pollution-by-targeting-emergencies-linked-to-inappropriate-behavior>
- Advanced measures to reduce cyclists' fatalities and increase comfort in the interaction with motorised vehicles*. (2018). Ανάκτηση από CORDIS - EU research results: <https://cordis.europa.eu/project/id/635975/reporting>
- Alfonso, J., Duquesne, C., Sánchez, N., Menéndez, J. M., Blanco, N., & Melero, T. (2016). Urban Mobility Data Management - The OPTICITIES Project and the Madrid Standardization Proposal. *Transportation Research Procedia*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.198>
- Alsafery, W., Alturki, B., Reiff-Marganiec, S., & Jambi, K. (2018). Smart Car Parking System Solution for the Internet of Things in Smart Cities. *1st International Conference on Computer Applications and Information Security, ICCAIS 2018*. <https://doi.org/10.1109/CAIS.2018.8442004>
- Botín-Sanabria, D. M., Mihaita, S., Peimbert-García, R. E., Ramírez-Moreno, M. A., Ramírez-Mendoza, R. A., & Lozoya-Santos, J. de J. (2022). Digital Twin Technology Challenges and Applications: A Comprehensive Review. In *Remote Sensing* (Vol. 14, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/rs14061335>
- BusUp: Multi-platform On-demand Crowdsourced Bus Transportation for Smart City Mobility*. (2018). Ανάκτηση από CORDIS - EU research results: <https://cordis.europa.eu/project/id/757004/results>
- Chen, Y., Ardila-Gomez, A., & Frame, G. (2017). Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.008>
- CIVITAS - Sustainable and smart mobility for all. (2018). Ανάκτηση από FLOW: <https://civitas.eu/projects/flow>
- CORDIS. (2024, July). *CORDIS - EU research results*. Ανάκτηση από Open social transport network for urban approach to carpooling: <https://cordis.europa.eu/project/id/636427/reporting>
- EMPOWERING a reduction in use of conventionally fueled vehicles using Positive Policy Measures*. (2018). Ανάκτηση από CORDIS - EU research results: <https://cordis.europa.eu/project/id/636249/reporting>
- Exelerate. (2023). *Exelerate - A wide range of solutions - Falcon complete system*. Ανάκτηση από <https://exelerate.com/our-solutions/>

- Finckh, J., & Blatz, L. (2023). *Smart Urban Mobility Innovations*. Karlsruhe: Karlsruhe Institute of Technology.
- Hendon, M. (2021). The Mobility Open Blockchain Initiative: Identity, Members, Technologies, and Future Trends. In L. M. Powell, & J. Schwartz, *Revolutionary Applications of Blockchain-Enabled Privacy and Access Control* (pp. 99-118). Hershey, PA: IGI Global Scientific Publishing.
- Garau, C., Masala, F., & Pinna, F. (2016). Cagliari and smart urban mobility: Analysis and comparison. *Cities*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.02.012>
- Hajjaji, Y., Boulila, W., Farah, I. R., Romdhani, I., & Hussain, A. (2021). Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review. In *Computer Science Review* (Vol. 39). <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100318>
- InDeV: In-Depth understanding of accident causation for Vulnerable road users*. (2018). Ανάκτηση από CORDIS - EU research results:
- Jeong, S., Kim, S., & Kim, J. (2020). City Data Hub: Implementation of Standard-Based Smart City Data Platform for Interoperability. *Sensors*, 20(23), 6869
- Johnson, L. (2022, September 12). Singapore's Digital Twin of Entire Country. *MSDN Channel 9*. <https://channel9.msdn.com/Shows/Internet-of-Things-Show/Singapores-Digital-Twin-of-Entire-Country>
- Kans, M., Campos, J., & Håkansson, L. (2020). Condition Monitoring of Gravel Roads—Current Methods and Future Directions. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 166. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57745-2_38
- Koman, G., Toman, D., Jankal, R., & Krúpová, S. (2024). Public Transport Infrastructure with Electromobility Elements at the Smart City Level to Support Sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/su16031091>
- Lin, T., Rivano, H., & Le Mouel, F. (2017). A Survey of Smart Parking Solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(12). <https://doi.org/10.1109/TITS.2017.2685143>
- Longo, A., Zappatore, M., & Navathe, S. B. (2019). The unified chart of mobility services: Towards a systemic approach to analyze service quality in smart mobility ecosystem. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2018.12.009>
- Lyons, G. (2018). Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.12.001>
- McCollister, G. M., & Pflaum, C. C. (2007). A model to predict the probability of highway rail crossing accidents. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 221(3). <https://doi.org/10.1243/09544097JRRRT84>

- Müller-Eie, D., & Kosmidis, I. (2023). Sustainable mobility in smart cities: a document study of mobility initiatives of mid-sized Nordic smart cities. *European Transport Research Review*.
- New forms of sustainable urban transport and mobility*. (2016). Ανάκτηση από CORDIS - EU research results: <https://cordis.europa.eu/project/id/296036>
- Noy, K., & Givoni, M. (2018). Is “smart mobility” sustainable? Examining the views and beliefs of transport’s technological entrepreneurs. *Sustainability (Switzerland)*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/su10020422>
- POLIS. (2016). *POLIS - Cities and Regions for Transport Innovation*. Ανάκτηση από VRUITS: <https://www.polisnetwork.eu/project/vruits/>
- PriceWaterhouseCoopers GmbH (PwC). (2021). *PwC Mobility Platform - Bee Smart City*. Ανάκτηση 2024, από <https://platform.beesmart.city/solutions/pwc-mobility-platform>
- Smart Urban Freight SoluTIONs*. (2015). Ανάκτηση από CORDIS - EU research results: <https://cordis.europa.eu/project/id/285195>
- Syed, A. S., Sierra-Sosa, D., Kumar, A., & Elmaghraby, A. (2021). IoT in smart cities: A survey of technologies, practices and challenges. *Smart Cities*, 4(2). <https://doi.org/10.3390/smartcities4020024>
- Vecchio, P. Del, Secundo, G., Maruccia, Y., & Passiante, G. (2021). Corrigendum to <A system dynamic approach for the smart mobility of people: Implications in the age of big data>. *Technological Forecasting and Social Change*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120850>
- VITAL NODES. (2019). Ανάκτηση από POLIS - Cities and Regions for Transport Innovation: <https://www.polisnetwork.eu/project/vital-nodes/>
- Vreeswijk, J., Vernet, G., Huebner, Y., & Jetic, Z. (2014). Compass4D: Cooperative Mobility Pilot on Safety and Sustainability Services for Deployment. *10th European Congress on Intelligent Transportation Systems*. Helsinki.
- Yigitcanlar, T., Wilson, M., & Kamruzzaman, M. (2019). Disruptive impacts of automated driving systems on the built environment and land use: An urban planner’s perspective. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 5(2). <https://doi.org/10.3390/joitmc5020024>
- Δήμος Θεσσαλονίκης. (2024). *Ευφυής πόλη / Δήμος Θεσσαλονίκης*. Ανάκτηση από [https://thessaloniki.gr/Θέλω από τον Δήμο/Ο-Δήμος/Διευθύνσεις-υπαγόμενες-απευθείας-στ\(ο\)/Αυτοτελές-Τμήμα-Επιχειρησιακού-Σχεδ\(ιασμού\)/eGov](https://thessaloniki.gr/Θέλω από τον Δήμο/Ο-Δήμος/Διευθύνσεις-υπαγόμενες-απευθείας-στ(ο)/Αυτοτελές-Τμήμα-Επιχειρησιακού-Σχεδ(ιασμού)/eGov)