

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Ακαδημαϊκό έτος 2022 – 23

Πτυχιακή Εργασία «Σχεδιασμός και Ανάπτυξη
Διαδραστικής Πλατφόρμας για Οπτικοποίηση της
Ανθρώπινης Κινητικότητας και Προσβασιμότητας σε
Έξυπνες Πόλεις»

Απόστολος Σκουλουδάκης

A.M.: inf.dig2110

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Χριστοπούλου Ελένη

Σεπτέμβριος 2023

Πτυχιακή Εργασία «Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Διαδραστικής
Πλατφόρμας για Οπτικοποίηση της Ανθρώπινης Κινητικότητας και
Προσβασιμότητας σε Έξυπνες Πόλεις»

Απόστολος Σκουλουδάκης

A.M.: inf.dig2110

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Ελένη Χριστοπούλου, ΕΔΙΠ Ι.Π.

Συν – Επιβλέπων Καθηγητής
Θεόδωρος Ανδρόνικος,
Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Πληροφορικής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Τμήμα Πληροφορικής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Συν – Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτρης Ρίγγας, ΕΔΙΠ Ι.Π.

Τμήμα Πληροφορικής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, οι έξυπνες πόλεις στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών ενσωματώνοντας τεχνολογία υλικού, συστήματα λογισμικού και δικτυακές υποδομές που παρέχουν σε συστήματα Πληροφορικής (IT) επίγνωση του πραγματικού κόσμου. Αυτό που κάνει μια «έξυπνη πόλη» λειτουργική είναι η συνδυασμένη χρήση προηγμένων τεχνολογιών υποδομής για την παροχή των βασικών υπηρεσιών της στο κοινό με εξαιρετικά αποτελεσματικό τρόπο. Η κατανόηση της κίνησης των ανθρώπων σε επίπεδο πόλης είναι ζωτικής σημασίας για τον αστικό σχεδιασμό και την εμπορική ανάπτυξη. Σε αυτό την εργασία, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας διαδραστικής πλατφόρμας που απεικονίζει τα πρότυπα ανθρώπινης κινητικότητας και την προσβασιμότητα σε έξυπνες πόλεις. Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί δεδομένα από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων, κινητών συσκευών και δημόσιων βάσεων δεδομένων, για να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων. Οπτικοποιώντας την ανθρώπινη κινητικότητα και την προσβασιμότητα, η πλατφόρμα στοχεύει στην παροχή της δυνατότητας στους αξιωματούχους της πόλης, τους σχεδιαστές και τους πολίτες να κάνουν ενημερωμένες επιλογές και να δημιουργούν πιο περιεκτικά και αποτελεσματικά αστικά περιβάλλοντα.

Λέξεις Κλειδιά

Έξυπνη Πόλη, Έξυπνες υπηρεσίες, Ανοιχτά Δεδομένα, Κινητικότητα, Προσβασιμότητα, Διαδίκτυο των Πραγμάτων.

Abstract

In recent years, smart cities have aimed to improve citizens' quality of life by integrating hardware technology, software systems, and network infrastructures that provide real-world awareness of Information Technology (IT) systems. What makes a "smart city" work is the combined use of advanced infrastructure technologies to deliver its core services to the public in a highly efficient manner. Understanding the movement of people at the city level is crucial for urban planning and commercial development. In this paper, we present the design and development of an interactive platform that visualizes human mobility patterns and accessibility in smart cities. The platform uses data from various sources, including sensors, mobile devices, and public databases, to provide valuable insights for urban planning and decision-making. By visualizing human mobility and accessibility, the platform aims to empower city officials, planners, and citizens to make informed choices and create more inclusive and efficient urban environments.

Keywords

Smart City, Smart Services, Open Data, Mobility, Accessibility, Internet of Things.

Περιεχόμενα

Περύληψη	1
Abstract	2
1. Εισαγωγή	7
1.1 Ιστορικό	8
1.2 Ερευνητικοί Στόχοι	9
1.3 Μεθοδολογία	10
2. Ανθρώπινη κινητικότητα και προσβασιμότητα σε έξυπνες πόλεις	13
2.1 Σημασία της ανθρώπινης κινητικότητας	13
2.2 Βελτίωση της προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις	15
2.3 Ο ρόλος της τεχνολογίας στην κινητικότητα και την προσβασιμότητα	17
3. Συλλογή και ενοποίηση δεδομένων	20
3.1 Δίκτυα αισθητήρων και συσκευές IoT	20
3.1.1 Δίκτυα αισθητήρων	20
3.1.2 IoT Συσκευές	21
3.2 Τύποι δεδομένων	25
3.2.1 Δεδομένα βάσει τοποθεσίας	25
3.2.2 Δεδομένα χρήσης εφαρμογών για κινητά	26
3.2.3 Δεδομένα από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων	27
3.3 Απόρρητο και ηθικά ζητήματα	27
3.4 Ενοποίηση και ανάλυση δεδομένων	28
4. Σχεδιασμός της Διαδραστικής Πλατφόρμας	30
4.1 Σχεδιασμός διεπαφής χρήστη και εμπειρίας χρήστη	31
4.1.1 Προσέγγιση με επίκεντρο τον χρήστη	31
4.1.2 Διαισθητική πλοήγηση	32
4.1.3 Σχεδιασμός και Οπτικοποίηση Δεδομένων	32
4.1.4 Επαναληπτικός σχεδιασμός και συνεχής βελτίωση	33
4.2 Τεχνικές Οπτικοποίησης Δεδομένων	33
4.2.1 Χάρτες	34
4.2.2 Γραφήματα και Διαγράμματα	34
4.2.3 Χάρτες θερμότητας	34
4.2.4 Απεικονίσεις Διαδραστικές και Animated	35
5. Ανάπτυξη της Διαδραστικής Πλατφόρμας	36
5.1 Αρχιτεκτονική λογισμικού	37
5.1.1 Αρθρωτή και κλιμακούμενη σχεδίαση	37

5.1.2	Αρχιτεκτονική πελάτη-διακομιστή.....	37
5.1.3	Αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων	38
5.1.4	Ενσωμάτωση API.....	39
5.1.5	Τεκμηρίωση και συντήρηση	39
5.2	Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων.....	40
5.2.1	Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων	40
5.2.2	Ενοποίηση δεδομένων	41
5.3	Ανάπτυξη από την πλευρά του διακομιστή	41
5.3.1	Επιλογή Πλαισίου από την πλευρά του διακομιστή.....	41
5.3.2	Πλαίσια και Βιβλιοθήκες από την πλευρά του διακομιστή	42
5.4	Ανάπτυξη από την πλευρά του χρήστη	45
5.4.1	Σχεδιασμός διεπαφής χρήστη.....	45
5.4.2	HTML, CSS, and JavaScript.....	51
5.4.3	Βιβλιοθήκες από την πλευρά του χρήστη.....	52
6.	Μελέτη περίπτωσης: Εφαρμογή και αξιολόγηση	55
6.1	Πρωτοβουλία έξυπνης πόλης του Άμστερνταμ: Ένα μοντέλο αστικής καινοτομίας	56
6.2	Συλλογή και ενοποίηση δεδομένων	57
6.3	Ανάπτυξη πλατφόρμας	59
7.	Αποτελέσματα και συζήτηση.....	79
7.1	Οπτικοποίηση μοτίβων ανθρώπινης κινητικότητας	79
7.2	Αξιολόγηση της προσβασιμότητας και της συμμετοχικότητας	79
7.3	Επιπτώσεις στον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων	80
8.	Συμπεράσματα - Μελλοντικές κατευθύνσεις	81
8.1	Συμπεράσματα	81
8.2	Μελλοντικές κατευθύνσεις.....	82
	Βιβλιογραφία	84
	Παράρτημα Κώδικα	93
	Δομή Κώδικα	93
	Κείμενο Κώδικα	94
	python code	94
	Templates	109
	Static	130
	js.....	130

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1 Αρχιτεκτονική Εφαρμογής.....	38
Εικόνα 2 Μοντέλο Μίας Σελίδας.....	46
Εικόνα 3 Αναλυτικό Μοντέλο	46
Εικόνα 4 Μοντέλο Γραμμών - Σητλών (Grid).....	47
Εικόνα 5 Μοντέλο Μενού	47
Εικόνα 6 Μοντέλο Φίλτρων.....	48
Εικόνα 7 Πλατφόρμα Δήμου Αλεξανδρούπολης Μοντέλου Grid.....	48
Εικόνα 8 Πλατφόρμα Δήμου Αλεξανδρούπολης Μοντέλου Φίλτρων	49
Εικόνα 9 Μοντέλο Φίλτρων σε Χάρτη για την Οπτικοποίηση Έργων	49
Εικόνα 10 Μοντέλο Φίλτρων σε Χάρτη για την Οπτικοποίηση Έργων Ελεύθερης Πρόσβασης σε Wi-Fi.....	50
Εικόνα 11 Δομή Διαδραστικής Πλατφόρμας	50
Εικόνα 12 Γράφημα με Χρήση της Βιβλιοθήκης Chart.js.....	53
Εικόνα 13 Γράφημα με Χρήση της Βιβλιοθήκης D3.js	54
Εικόνα 14 Κατανομή πληθυσμού ανά τάξη μεγέθους οικισμού και περιοχή, 2018 και 2030	55
Εικόνα 15 Υλοποιημένο Μοντέλο Διαδραστικής Πλατφόρμας για τη Κινητικότητα και Προσβασιμότητα	65
Εικόνα 16 Κεντρική Σελίδα Οπτικοποίησης της Διαδραστικής Πλατφόρμας	66
Εικόνα 17 Οπτικοποίηση του Μέσου Όρου της Συγκέντρωσης Πλήθους ανά Ώρα ...	67
Εικόνα 18 Οπτικοποίηση Πληροφορίας μέσω της Ενεργοποίησης και Απενεργοποίησης Περιοχών	68
Εικόνα 19 Οπτικοποίηση Συγκέντρωσης Πλήθους με Χρήση της Βιβλιοθήκης D3.js	68
Εικόνα 20 Σημειογραφία Μετακίνησης Πλήθους Τρέχοντος Έτους	69
Εικόνα 21 Οπτικοποίηση Ξενοδοχείων και Υπηρεσιών Μαζικής Εστίασης σε Χάρτη	70
Εικόνα 22 Οπτικοποίηση Ορίων της Περιοχής Αναφοράς Κυκλικού Δείκτη	71
Εικόνα 23 Εμφάνιση Στοιχείων Δείκτη Σημείου Ενδιαφέροντος.....	71
Εικόνα 24 Οπτικοποίηση με Χρήση Κινούμενων Αναπαραστάσεων (Animations)....	72
Εικόνα 25 Εκδοχή Οπτικοποίησης με Παραλληλόγραμμα ανά Τοποθεσία	73

Εικόνα 26 Οπτικοποίηση Συγκέντρωσης Πλήθους ανά Περιοχή	76
Εικόνα 27 Οπτικοποίηση Συγκέντρωσης Πλήθους ανά Περιοχή - Light Mode	76
Εικόνα 28 Αποτύπωση Μέτρηση Πλήθους ανά Έτος και Περιοχή	77
Εικόνα 29 Εμφάνιση Πληροφορίας σε Επιλεγμένη Ημερομηνία για Ορισμένο Πλήθος	77
Εικόνα 30 Γενική Εικόνα για την Μετακίνηση των Ατόμων ανά Εβδομάδα Έτους ...	78
Εικόνα 31 Εικόνα για την Μετακίνηση των Ατόμων ανά Εβδομάδα Έτους σε Ορισμένη Περιοχή.....	78

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία παρέχει μια επισκόπηση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης μιας διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις. Εισάγει τη σημασία της ανθρώπινης κινητικότητας και της προσβασιμότητας σε αστικά περιβάλλοντα και υπογραμμίζει τον ρόλο της τεχνολογίας στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Το κεφάλαιο περιγράφει τους στόχους της έρευνας, τη μεθοδολογία και τη σημασία της μελέτης.

Συζητείται η ανάγκη για αποτελεσματική συλλογή και ενσωμάτωση δεδομένων για την απόκτηση ακριβών και ολοκληρωμένων γνώσεων σχετικά με τα πρότυπα ανθρώπινης κινητικότητας. Ιδιαίτερα επισημαίνεται η σημασία της ενοποίησης των δικτύων αισθητήρων και των συσκευών του διαδικτύου των Πραγμάτων - IoT, των δεδομένων κινητών συσκευών και των δημόσιων βάσεων δεδομένων, μαζί με ζητήματα για το απόρρητο και την ηθική των δεδομένων.

Στην εισαγωγή τονίζεται η σημασία της ενίσχυσης της προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις, εστιάζοντας σε αρχές σχεδιασμού χωρίς αποκλεισμούς και τεχνολογικές λύσεις που μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής για όλα τα άτομα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με αναπηρίες.

Επιπλέον, υπερθεματίζεται ο ρόλος της τεχνολογίας στη διευκόλυνση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας, συζητώντας τη χρήση εφαρμογών για κινητές συσκευές, έξυπνων συστημάτων μεταφοράς και υποστηρικτικών τεχνολογιών. Ιδιαίτερα τονίζεται, η σημασία του σχεδιασμού εφαρμογών που θα έχουν ως επίκεντρο τον χρήστη και την εμπειρία του, με σκοπό τη διασφάλιση μιας λειτουργικής και ελκυστικής πλατφόρμας η οποία θα προάγει, την οπτικοποίηση στοιχείων σχετικών με την κινητικότητα και την προσβασιμότητα στις πόλεις.

Για το σκοπό αυτό περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης, της υλοποίησης από την πλευρά του χρήστη και του διακομιστή, της αρχιτεκτονικής λογισμικού, της επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων και της ενσωμάτωσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενώ τονίζεται η αναγκαιότητα της συνεχούς συντήρησης, για τη διασφάλιση της ποιότητας, της λειτουργικότητας, και της χρηστικότητας της πλατφόρμας.

Με αυτό τον τρόπο παρέχεται μια ολοκληρωμένη εισαγωγή στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη της διαδραστικής πλατφόρμας, θέτοντας το υπόβαθρο για τα επόμενα κεφάλαια που εμβαθύνουν σε συγκεκριμένες πτυχές της δημιουργίας και της υλοποίησης της πλατφόρμας.

1.1 Ιστορικό

Οι έξυπνες πόλεις είναι αστικά περιβάλλοντα που αξιοποιούν την τεχνολογία και τα δεδομένα για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Αυτές οι πόλεις χρησιμοποιούν διάφορες ψηφιακές λύσεις, όπως συσκευές Internet of Things (IoT), αισθητήρες και αναλύσεις δεδομένων, για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης πόρων, τη βελτίωση της βιωσιμότητας και την προώθηση αποτελεσματικών αστικών υπηρεσιών. Ένας βασικός τομέας εστίασης στην ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων είναι η ανθρώπινη κινητικότητα και προσβασιμότητα [1].

Η ανθρώπινη κινητικότητα αναφέρεται στη μετακίνηση ανθρώπων μέσα σε μια πόλη ή μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών. Η κατανόηση και η ανάλυση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας είναι ζωτικής σημασίας για τους πολεοδόμους και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, καθώς βοηθά στο σχεδιασμό αποτελεσματικών συστημάτων μεταφορών, στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και στη βελτίωση της δημόσιας ασφάλειας [2]. Επιπλέον, η προσβασιμότητα διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη διασφάλιση ότι, οι πόλεις, χωρίς αποκλεισμούς θα προσφέρουν ίσες ευκαιρίες για όλους τους πολίτες, συμπεριλαμβανομένων των ατόμων με αναπηρία ή των ατόμων περιορισμένης κινητικότητας [3].

Παραδοσιακά, η συλλογή δεδομένων για την ανθρώπινη κινητικότητα και η ανεμπόδιστη χρήση υπηρεσιών ήταν μια πρόκληση. Ωστόσο, με τον πολλαπλασιασμό των κινητών συσκευών, τις τεχνολογίες IoT και τη διαθεσιμότητα δημόσιων συνόλων δεδομένων, έχει καταστεί εφικτή η συλλογή και ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με τα πρότυπα κίνησης των ανθρώπων και τις ανάγκες προσβασιμότητας. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για τον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων [4].

Για να αξιοποιηθεί αυτός ο πλούτος δεδομένων και να γίνει πράξη, υπάρχει ανάγκη για μια διαδραστική πλατφόρμα που μπορεί να απεικονίσει και να αναλύσει την ελεύθερη και εύκολη μετακίνηση και προσβασιμότητα σε έξυπνες πόλεις. Μια τέτοια

πλατφόρμα θα επιτρέψει στους ενδιαφερόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένων των αξιωματούχων της πόλης, των πολεοδόμων και των πολιτών, να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση των προτύπων μετακίνησης και να εντοπίσουν τομείς προς βελτίωση [5].

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και της απρόσκοπτης χρήσης υπηρεσιών σε έξυπνες πόλεις, απαιτεί την ενσωμάτωση διαφόρων πηγών δεδομένων, την εφαρμογή αποτελεσματικών τεχνικών οπτικοποίησης δεδομένων και την εξέταση των χαρακτηριστικών προσβασιμότητας για τη διασφάλιση της ενσωμάτωσής τους. Επιπλέον, η πλατφόρμα θα πρέπει να είναι φιλική προς το χρήστη, παρέχοντας μια διαισθητική διεπαφή και μία ελκυστική εμπειρία στους χρήστες [6].

Συνοπτικά, αυτή η εργασία στοχεύει να αντιμετωπίσει τις προαναφερόμενες προκλήσεις, παρουσιάζοντας το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας διαδραστικής πλατφόρμας που επιτρέπει την οπτικοποίηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας και της προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις. Η πλατφόρμα τροφοδοτεί τους ενδιαφερόμενους φορείς με πολύτιμες γνώσεις για την υποστήριξη της τεκμηριωμένης λήψης αποφάσεων, την προώθηση βιώσιμων μεταφορών και τη δημιουργία αστικών περιβαλλόντων χωρίς αποκλεισμούς.

1.2 Ερευνητικοί Στόχοι

Ο σχεδιασμός μιας διαδραστικής πλατφόρμας που οπτικοποιεί τα πρότυπα ανθρώπινης κινητικότητας σε έξυπνες πόλεις, στοχεύει στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής, που μπορεί να ενσωματώνει δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως αισθητήρες, κινητές συσκευές και δημόσιες βάσεις δεδομένων, για την ανάλυση και την οπτικοποίηση προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας. Η πλατφόρμα θα πρέπει να παρέχει ολοκληρωμένες και αν είναι δυνατό σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες, όπως του τρόπου με τον οποίο μετακινούνται οι άνθρωποι εντός της πόλης, συμπεριλαμβανομένων των μοτίβων μετακίνησης, των δημοφιλών διαδρομών και των τρόπων μεταφοράς που χρησιμοποιούνται [7].

Από την άλλη πλευρά, η πλατφόρμα θα πρέπει να ενσωματώνει δεδομένα που θα διευκολύνουν την οπτικοποίηση μετρήσεων προσβασιμότητας, όπως για παράδειγμα, η εγγύτητα στα μέσα μαζικής μεταφοράς, η διαθεσιμότητα προσβάσιμης υποδομής

και υπηρεσίες για άτομα με αναπηρία κ.α.. Οπτικοποιώντας τις πληροφορίες προσβασιμότητας, μπορεί να εντοπιστούν περιοχές όπου χρειάζονται βελτιώσεις και να ενισχυθεί ο σχεδιασμός για πιο περιεκτικούς και προσβάσιμους αστικούς χώρους [8].

Οι διαδραστικές πλατφόρμες γενικά έχουν πολλούς αποδέκτες. Έκτος της αλληλεπίδρασης με τους πολίτες ή τους στοχευμένους ενδιαφερόμενους, σημαντικό είναι να διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων με γνώμονα τα δεδομένα, παρέχοντας αξιόπιστες πληροφορίες, για παράδειγμα σε πολεοδόμους, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής ή και τα στελέχη μίας πόλης. Η πληροφορία θα πρέπει να παρουσιάζεται τα με φιλικό και διαισθητικό τρόπο, επιτρέποντας στους χρήστες να εξερευνούν διαφορετικά σενάρια, να αξιολογούν τον αντίκτυπο των πιθανών αλλαγών και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τις αστικές υποδομές, τα συστήματα μεταφορών και την ανάπτυξη πολιτικής [7].

Η μελέτη των προαναφερόμενων, δίνει τη δυνατότητα της ανάπτυξης ενός εργαλείου που επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους, να οπτικοποιήσουν τα πρότυπα ανθρώπινης κινητικότητας, να αξιολογήσουν την προσβασιμότητα και να λάβουν αποφάσεις που θα συμβάλουν στην πρόοδο και την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων δημιουργώντας βιώσιμες, αποτελεσματικές και προσβάσιμες αστικές υπηρεσίες.

1.3 Μεθοδολογία

Η διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης της διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις εκτελέστηκε μέσα από μια συστηματική προσέγγιση.

Αρχικά, διεξήχθη μια περιεκτική βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη συλλογή γνώσεων από υπάρχουσα βιβλιογραφία, ερευνητικά άρθρα και σχετικές περιπτώσιολογικές μελέτες που σχετίζονται με έξυπνες πόλεις, την ανθρώπινη κινητικότητα, την προσβασιμότητα, τις τεχνικές οπτικοποίησης δεδομένων και το σχεδιασμό διαδραστικής πλατφόρμας. Αυτή η ανασκόπηση παρείχε μια σταθερή βάση για την κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης του τομέα και τον εντοπισμό των βέλτιστων πρακτικών.

Στη συνέχεια, εντοπίστηκαν και συλλέχθηκαν σχετικές πηγές δεδομένων για την υποστήριξη της οπτικοποίησης των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας και της

προσβασιμότητας. Έγινε πρόσβαση σε δημόσια σύνολα δεδομένων, που αξιοποιούν συσκευές και αισθητήρες IoT τα οποία εξασφάλιζαν την εμπιστευτικότητα και την ανωνυμία των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί.

Τα συλλεχθέντα δεδομένα, υποβλήθηκαν, ανά περίπτωση, σε ενοποίηση και επεξεργασία για να διασφαλιστεί η συνέπεια, η ποιότητα και η συμβατότητα. Αυτό περιελάμβανε καθαρισμό, κανονικοποίηση και μετατροπή των δεδομένων για τη δημιουργία ενός ενοποιημένου συνόλου δεδομένων κατάλληλου για ανάλυση και οπτικοποίηση.

Με βάση τους ερευνητικούς στόχους και τις απαιτήσεις των χρηστών, σχεδιάστηκε η αρχιτεκτονική, η διεπαφή χρήστη και η εμπειρία χρήστη της διαδραστικής πλατφόρμας. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ελήφθησαν υπόψη η χρηστικότητα, η προσβασιμότητα και η επεκτασιμότητα.

Για την αποτελεσματική αναπαράσταση προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας και μετρήσεων προσβασιμότητας, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλες τεχνικές οπτικοποίησης δεδομένων. Διερευνήθηκαν διάφορες μέθοδοι όπως χάρτες, γραφήματα, γραφήματα και διαδραστικές εικόνες για την παρουσίαση των δεδομένων με ουσιαστικό και φιλικό προς τον χρήστη τρόπο. Χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικά εργαλεία και αλγόριθμοι για την εξαγωγή πληροφοριών από τα δεδομένα.

Η σχεδιασμένη πλατφόρμα στη συνέχεια υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας κατάλληλες γλώσσες προγραμματισμού, πλαίσια και εργαλεία. Τα στοιχεία υποστήριξης και διεπαφής αναπτύχθηκαν για να διασφαλιστεί η ομαλή ροή δεδομένων, η αποτελεσματική επεξεργασία και η ανταπόκριση. Ενσωματώθηκαν διαδραστικές λειτουργίες, επιτρέποντας στους χρήστες να εξερευνήσουν, να φιλτράρουν και να χειριστούν τα οπτικοποιημένα δεδομένα.

Για την υλοποίηση της μελέτης περίπτωσης, έγινε έρευνα στην διάθεση δεδομένων τόσο στην Ελλάδα όσο και σε Ευρωπαϊκές πόλεις. Αφού διαπιστώθηκε ότι στη χώρα μας η αναζήτηση δεδομένων από αισθητήρες, κινητές συσκευές ήταν μία ιδιαίτερα δύσκολη και κυρίως χρονοβόρα διαδικασία επιλέχθηκε μια η πόλη του Άμστερνταμ για την εφαρμογή και την ανάπτυξη της διαδραστικής πλατφόρμας.

Τέλος, ολόκληρη η διαδικασία σχεδιασμού, ανάπτυξης και αξιολόγησης της διαδραστικής πλατφόρμας τεκμηριώθηκε διεξοδικά. Τα ευρήματα, οι γνώσεις και τα

διδάγματα που αντλήθηκαν από την εφαρμογή της μελέτης περίπτωσης συνοψίστηκαν και τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν με σαφή και συνοπτικό τρόπο.

Ακολουθώντας αυτή τη συστηματική μεθοδολογία, σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και αξιολογήθηκε με επιτυχία μια διαδραστική πλατφόρμα για την οπτικοποίηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας και της προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις. Στόχος, εκτός των άλλων, η πλατφόρμα να επιτρέπει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και να συμβάλλει στη δημιουργία και την ανάδειξη έξυπνων πόλεων.

2. Ανθρώπινη κινητικότητα και προσβασιμότητα σε έξυπνες πόλεις

Η κατανόηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας είναι υψίστης σημασίας για την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων. Αναλύοντας και οπτικοποιώντας δεδομένα ανθρώπινης κινητικότητας, οι πόλεις μπορούν να βελτιστοποιήσουν τα συστήματα μεταφορών, να βελτιώσουν τον αστικό σχεδιασμό, να προωθήσουν τη βιωσιμότητα, να ενισχύσουν την κοινωνική ένταξη και να προωθήσουν την οικονομική ανάπτυξη. Η πλήρης κατανόηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας δίνει τη δυνατότητα στις πόλεις να δημιουργούν πιο αποτελεσματικά, προσβάσιμα και βιώσιμα αστικά περιβάλλοντα για τους κατοίκους τους [9], [10].

2.1 Σημασία της ανθρώπινης κινητικότητας

Η ανθρώπινη κινητικότητα είναι μια κρίσιμη πτυχή της αστικής ζωής που επηρεάζει άμεσα την ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα των έξυπνων πόλεων. Για να αντιμετωπιστούν τα πολύπλοκα ζητήματα και οι προκλήσεις που σχετίζονται με τα πρότυπα ανθρώπινης κινητικότητας, απαιτείται μια ολοκληρωμένη προσέγγιση [11].

Η κατανόηση και η βελτιστοποίηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των μεταφορών εντός των πόλεων. Αναλύοντας αυτά τα μοτίβα, οι πόλεις μπορούν να εντοπίσουν τους χρόνους αιχμής ταξιδιού, τις περιοχές με κυκλοφοριακή συμφόρηση και τα σημεία συμφόρησης στις μεταφορές. Αυτές οι πληροφορίες τους δίνουν τη δυνατότητα να βελτιστοποιούν τις υποδομές, να σχεδιάζουν αποτελεσματικές διαδρομές δημόσιων μεταφορών και να εφαρμόζουν έξυπνα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας, μειώνοντας τελικά τη συμφόρηση, ελαχιστοποιώντας το χρόνο ταξιδιού και βελτιώνοντας τη συνολική κινητικότητα [10].

Κατά μία άλλη προσέγγιση, η ανθρώπινη κινητικότητα επηρεάζει σημαντικά το περιβάλλον, συμβάλλοντας στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στην κατανάλωση ενέργειας. Μελετώντας τα πρότυπα κινητικότητας, οι πόλεις μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες για την προώθηση βιώσιμων επιλογών μεταφοράς. Αυτό περιλαμβάνει την εφαρμογή συστημάτων δημόσιας συγκοινωνίας, την ανάπτυξη ποδηλατοδρόμων και τη δημιουργία υποδομών φιλικών προς τους πεζούς. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι μετακινούνται μέσα σε μια πόλη επιτρέπει την εφαρμογή φιλικών προς το περιβάλλον

στρατηγικών μεταφορών που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και προωθούν ένα πιο πράσινο αστικό περιβάλλον [12].

Επιπλέον, τα πρότυπα ανθρώπινης κινητικότητας παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για τον αστικό σχεδιασμό και την ανάπτυξη υποδομών. Αναλύοντας δεδομένα κινητικότητας, οι πολεοδόμοι αποκτούν πληροφορίες σχετικά με τη ζήτηση για υποδομές μεταφορών, τις δημόσιες ανέσεις και την κατανομή της χρήσης γης. Αυτή η γνώση τους επιτρέπει να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την ανάπτυξη της πρόσβασης στις μεταφορές, τις εγκαταστάσεις στάθμευσης και την κατανομή των πόρων. Βελτιστοποιώντας την κινητικότητα και τη χρήση γης, οι πόλεις μπορούν να βελτιώσουν τις διαδικασίες πολεοδομικού σχεδιασμού και να βελτιώσουν τη συνολική λειτουργικότητα και αποτελεσματικότητα των υποδομών τους [13].

Η δίκαιη πρόσβαση στις μεταφορές είναι μια άλλη σημαντική πτυχή που μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της κατανόησης των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας. Η πρόσβαση στα μέσα μεταφοράς είναι ζωτικής σημασίας για την πρόσβαση των ατόμων στην εκπαίδευση, την απασχόληση, την υγειονομική περίθαλψη και άλλες βασικές υπηρεσίες. Μελετώντας τα πρότυπα κινητικότητας, οι πόλεις μπορούν να εντοπίσουν υποεξυπηρετούμενες περιοχές ή πληθυσμούς με περιορισμένη πρόσβαση σε επιλογές μεταφοράς. Αυτές οι πληροφορίες εξουσιοδοτούν τις πόλεις να εφαρμόσουν μέτρα που διασφαλίζουν δίκαιη πρόσβαση σε υπηρεσίες κινητικότητας, ενισχύουν τη συνδεσιμότητα και προωθούν την κοινωνική ένταξη για όλους τους κατοίκους, ανεξάρτητα από την κοινωνικοοικονομική τους κατάσταση ή τις φυσικές τους ικανότητες [14].

Επιπλέον, η κατανόηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας είναι ζωτικής σημασίας για τον σχεδιασμό αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και τις πρωτοβουλίες δημόσιας ασφάλειας. Αναλύοντας δεδομένα κινητικότητας, οι πόλεις μπορούν να εντοπίσουν περιοχές υψηλής κυκλοφορίας, επιρρεπείς σε ατυχήματα ζώνες και περιοχές με ανεπαρκή κάλυψη από υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Αυτή η γνώση επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των διαδρομών αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τη στρατηγική τοποθέτηση εγκαταστάσεων έκτακτης ανάγκης και την εφαρμογή έξυπνων συστημάτων για τη βελτίωση της δημόσιας ασφάλειας σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή φυσικές καταστροφές [15].

Τέλος, τα πρότυπα ανθρώπινης κινητικότητας έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις τοπικές οικονομίες. Τα αποτελεσματικά συστήματα μεταφορών και η εύκολη προσβασιμότητα προσελκύουν επιχειρήσεις, τουρισμό και επενδύσεις. Αναλύοντας δεδομένα κινητικότητας, οι πόλεις μπορούν να εντοπίσουν περιοχές με υψηλή οικονομική δραστηριότητα και εμπορικούς κόμβους. Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με την ανάπτυξη της υποδομής μεταφορών για τη στήριξη της οικονομικής ανάπτυξης και τη βελτίωση της συνολικής ευημερίας της πόλης [16].

Υιοθετώντας μια ολιστική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τις διάφορες πτυχές της ανθρώπινης κινητικότητας, οι πόλεις μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τις προκλήσεις των μεταφορών, να προωθήσουν τη βιωσιμότητα, να ενισχύσουν τις διαδικασίες αστικού σχεδιασμού, να προάγουν την κοινωνική ισότητα και την ένταξη, να εξασφαλίσουν τη δημόσια ασφάλεια και να οδηγήσουν την οικονομική ανάπτυξη.

2.2 Βελτίωση της προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις

Η ενίσχυση της ελευθερίας στην πρόσβαση στις έξυπνες πόλεις, είναι θεμελιώδης πτυχή στην οικοδόμηση δίκαιων έξυπνων πόλεων, χωρίς αποκλεισμούς. Η προσβασιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα των ατόμων, συμπεριλαμβανομένων των ατόμων με αναπηρία ή περιορισμένης κινητικότητας, να έχουν πρόσβαση και να περιηγούνται σε αστικά περιβάλλοντα, υπηρεσίες και εγκαταστάσεις χωρίς αποκλεισμούς [17]. Δίνοντας προτεραιότητα στην προσβασιμότητα, οι έξυπνες πόλεις μπορούν να δημιουργήσουν περιβάλλοντα που διασφαλίζουν την πρόσβαση χωρίς εμπόδια σε δημόσιους χώρους [17], συστήματα μεταφορών, συστήματα χρήσεων γης, [18], ευκαιρίες απασχόλησης [19] και ψηφιακές υπηρεσίες [20]. Ένα αστικό περιβάλλον χωρίς αποκλεισμούς προάγει τις ίσες ευκαιρίες, την ανεξαρτησία και την κοινωνική συμμετοχή και σε άτομα με αναπηρίες, ηλικιωμένους πληθυσμούς και άτομα με προσωρινούς περιορισμούς κινητικότητας.

Η προσβασιμότητα ορίζεται και λειτουργεί με διάφορους τρόπους και εκφάνσεις όπως η δυνατότητα ευκαιριών αλληλεπίδρασης [21], η προσέγγιση σε οποιασδήποτε δραστηριότητα χρήσης γης από μια συγκεκριμένη τοποθεσία μέσω συγκεκριμένου τρόπου μεταφοράς [22], η δυνατότητα επιλογής σε ενδιαφερόμενους να συμμετάσχουν ή όχι σε διαφορετικές δραστηριότητες [23] και τα οφέλη που παρέχει ένα σύστημα μεταφορών/χρήσεων γης [24]

Οι έξυπνες πόλεις χωρίς αποκλεισμούς διασφαλίζουν ότι οι βασικές υπηρεσίες όπως οι εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης [25], τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και οι δημόσιες ανέσεις είναι προσβάσιμες σε όλους τους κατοίκους [26]. Οι προσβάσιμες έξυπνες πόλεις δίνουν τη δυνατότητα σε όλους, ανεξάρτητα από τις ικανότητές τους, να συμμετέχουν πλήρως στην κοινωνία και να ζήσουν ανεξάρτητη ζωή. Η ενίσχυση της προσβασιμότητας επεκτείνεται επίσης σε ψηφιακές υπηρεσίες και πλατφόρμες, διασφαλίζοντας ότι άτομα όλων των ικανοτήτων και ιδιαιτεροτήτων μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες, να συμμετέχουν σε υπηρεσίες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και να συμμετέχουν σε διαδικτυακές δραστηριότητες επί ίσοις όροις [18].

Αυτή η προσέγγιση χωρίς αποκλεισμούς στοχεύει να δημιουργήσει μια πόλη όπου όλα τα άτομα, μπορούν να έχουν πρόσβαση και να επωφελούνται από βασικές υπηρεσίες και ευκαιρίες χωρίς να αντιμετωπίζουν περιττά εμπόδια. Τα συστήματα μεταφορών διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην προώθηση της ένταξης στις έξυπνες πόλεις. Με την εφαρμογή προσβάσιμων υποδομών και την ενσωμάτωση πληροφοριών προσβασιμότητας σε πραγματικό χρόνο σε πλατφόρμες έξυπνων πόλεων, οι πόλεις μπορούν να εξασφαλίσουν ίση πρόσβαση στα δημόσια μέσα μεταφοράς για όλους τους κατοίκους. Αυτό προάγει την ανεξάρτητη κινητικότητα και μειώνει τα εμπόδια για την πλοήγηση στην πόλη, προς όφελος ολόκληρου του πληθυσμού και ιδιαίτερα των ατόμων με περιορισμού κινητικότητας.

Η υιοθέτηση των αρχών καθολικού σχεδιασμού στις έξυπνες πόλεις ωφελεί ένα ευρύ φάσμα ατόμων, συμπεριλαμβανομένων των γονέων με καροτσάκια, ηλικιωμένων, των ατόμων με αναπηρίες και ατόμων με προσωρινούς τραυματισμούς. Οι καθολικές αρχές σχεδιασμού περιλαμβάνουν το σχεδιασμό προϊόντων, υπηρεσιών και υποδομών που στόχο έχουν την βελτίωση της προσβασιμότητας και της χρηστικότητας από το συνολικό πληθυσμό. Ενσωματώνοντας αυτές τις αρχές στο δομημένο περιβάλλον, τους δημόσιους χώρους και την τεχνολογία, οι πόλεις ενσωματώνουν απρόσκοπτα την δυνατότητα πρόσβασης στον ιστό της πόλης [27].

Ο σχεδιασμός της προσβασιμότητας βάσει δεδομένων επιτρέπει στις έξυπνες πόλεις να εντοπίζουν αποτελεσματικά περιοχές προς βελτίωση. Αναλύοντας δεδομένα σχετικά με τα πρότυπα κινητικότητας, τη χρήση των μεταφορών και τις προκλήσεις της ελευθερίας στην πρόσβαση, οι πόλεις μπορούν να ιεραρχήσουν και να

σχεδιάσουν στοχευμένες παρεμβάσεις. Αυτή η προσέγγιση διασφαλίζει ότι οι πόροι κατανέμονται αποτελεσματικά, εστιάζοντας σε περιοχές όπου χρειάζονται περισσότερο βελτιώσεις στην προσβασιμότητα, ενισχύοντας έτσι το συνολικό τοπίο προσβασιμότητας της πόλης.

Η ενίσχυση της προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις απαιτεί συνεργασία και συνδημιουργία μεταξύ των αξιωματούχων της πόλης, των πολεοδόμων, των ειδικών προσβασιμότητας και των ατόμων με αναπηρία. Με τη συμμετοχή αυτών των ενδιαφερομένων στις διαδικασίες σχεδιασμού, οι πόλεις αποκτούν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα άτομα με αναπηρία και όσι μόνο αυτά και αναπτύσσουν λύσεις που ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες ανάγκες τους. Αυτή η συμμετοχική προσέγγιση διασφαλίζει ότι οι πρωτοβουλίες προσβασιμότητας είναι χωρίς αποκλεισμούς, αποτελεσματικές και ευθυγραμμισμένες με τις απαιτήσεις της κοινότητας [8].

Συμπερασματικά, η ιεράρχηση της προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις δημιουργεί δίκαια αστικά περιβάλλοντα χωρίς αποκλεισμούς. Προωθεί την ανεξαρτησία, την ίση πρόσβαση στις υπηρεσίες και την κοινωνική συμμετοχή για τα άτομα με αναπηρία και άλλους κατοίκους. Υιοθετώντας αρχές προσιτού σχεδιασμού, αξιοποιώντας γνώσεις που βασίζονται σε δεδομένα και ενισχύοντας τη συνεργασία, οι έξυπνες πόλεις μπορούν να βελτιώσουν την προσβασιμότητα και να δημιουργήσουν φιλόξενα περιβάλλοντα για όλους τους κατοίκους.

2.3 Ο ρόλος της τεχνολογίας στην κινητικότητα και την προσβασιμότητα

Η τεχνολογία διαδραματίζει έναν κρίσιμο, μετασχηματιστικό ρόλο στην προώθηση της κινητικότητας και της προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις. Οι εξελίξεις σε διάφορους τεχνολογικούς τομείς από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και την ανάλυση δεδομένων έως τις γεωχωρικές τεχνολογίες και τις εφαρμογές για κινητές συσκευές, προσφέρουν καινοτόμες λύσεις για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της κινητικότητας και της βελτίωσης στην ελεύθερη, χωρίς αποκλεισμούς πρόσβαση. Αξιοποιώντας τη δύναμη της τεχνολογίας, οι πόλεις μπορούν να δημιουργήσουν πιο περιεκτικά, αποτελεσματικά και βιώσιμα αστικά περιβάλλοντα που καλύπτουν τις διαφορετικές ανάγκες των κατοίκων τους [7].

Διαδίκτυο των Πραγμάτων - Internet of Things (IoT)

Η τεχνολογία Διαδίκτυο των Πραγμάτων - Internet of Things (IoT) επιτρέπει την ενσωμάτωση φυσικών συσκευών, αισθητήρων και ενεργοποιητών σε ένα δικτυακό σύστημα. Στο πλαίσιο της κινητικότητας και της προσβασιμότητας, οι συσκευές IoT μπορούν να αναπτυχθούν για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις μεταφορές και τη χρήση των υποδομών των πόλεων [28]. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των προτύπων κυκλοφορίας, την ανίχνευση συμφόρησης, τη βελτιστοποίηση των χρονικών σημάτων κυκλοφορίας και την παροχή πληροφοριών για προσβάσιμες διαδρομές ή διαθέσιμους χώρους στάθμευσης [29]. Οι λύσεις που βασίζονται στις τεχνολογίες IoT βελτιώνουν την προσβασιμότητα και την ασφάλεια των συστημάτων μεταφοράς, επιτρέποντας προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο για να ανταποκρίνονται στις ανάγκες διαφορετικών ομάδων χρηστών [8].

Ανάλυση δεδομένων

Οι τεχνικές ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, επιτρέπουν την επεξεργασία και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων που συλλέγονται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων, κινητών συσκευών και πλατφορμών κοινωνικών μέσων [30]. Αναλύοντας δεδομένα κινητικότητας, οι πόλεις μπορούν να αποκτήσουν γνώσεις για τα ταξιδιωτικά μοτίβα, να εντοπίσουν σημεία συμφόρησης και να βελτιστοποιήσουν τις υπηρεσίες μεταφοράς. Η ανάλυση δεδομένων μπορεί επίσης να βοηθήσει στον εντοπισμό περιοχών με ανεπαρκή υποδομή προσβασιμότητας, επιτρέποντας τις στοχευμένες βελτιώσεις. Προηγμένες τεχνικές ανάλυσης, όπως η μηχανική μάθηση και η προγνωστική μοντελοποίηση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της ζήτησης, τη βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων και την ανάπτυξη εξατομικευμένων λύσεων κινητικότητας [31].

Γεωχωρικές τεχνολογίες

Οι γεωχωρικές τεχνολογίες, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) και η δορυφορική απεικόνιση, παρέχουν ισχυρά εργαλεία για τη χαρτογράφηση και την ανάλυση χωρικών δεδομένων. Στο πλαίσιο της κινητικότητας και της προσβασιμότητας, αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την οπτικοποίηση των δικτύων μεταφοράς, τον εντοπισμό βέλτιστων διαδρομών και τη χαρτογράφηση προσβάσιμων υποδομών. Η γεωχωρική ανάλυση βοηθά στον εντοπισμό περιοχών με περιορισμένη

προσβασιμότητα και υποστηρίζει τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη συστημάτων μεταφορών χωρίς αποκλεισμούς [32].

Εφαρμογές για φορητές συσκευές

Οι εφαρμογές για κινητά έχουν φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι πλοηγούνται και έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες. Οι εφαρμογές που εστιάζουν στην κινητικότητα και την προσβασιμότητα παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα δρομολόγια των δημόσιων συγκοινωνιών, τις προσβάσιμες διαδρομές και τις ανέσεις για άτομα με αναπηρία [33]. Αυτές οι εφαρμογές, συχνά ενσωματώνουν λειτουργίες όπως, προγραμματισμό ταξιδιού, ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο και αξιολογήσεις προσβασιμότητας, για να βοηθήσουν τους χρήστες, να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις και να περιηγούνται στην πόλη πιο αποτελεσματικά. Οι εφαρμογές για κινητά δίνουν τη δυνατότητα στα άτομα να έχουν πρόσβαση σε επιλογές και υπηρεσίες μεταφοράς εν κινήσει, προωθώντας την ανεξαρτησία και τη συμμετοχή [33], [34].

Συνδεδεμένα και αυτόνομα οχήματα (CAV)

Η εμφάνιση συνδεδεμένων και αυτόνομων οχημάτων παρουσιάζει ευκαιρίες για βελτίωση της κινητικότητας και της προσβασιμότητας. Τα CAV μπορούν να εξοπλιστούν με υποστηρικτικές τεχνολογίες, επιτρέποντας στα άτομα με αναπηρία να ταξιδεύουν πιο ανεξάρτητα [35]. Επιπλέον, η τεχνολογία συνδεδεμένων οχημάτων επιτρέπει την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ οχημάτων και υποδομών, βελτιώνοντας τη διαχείριση της κυκλοφορίας, μειώνοντας τη συμφόρηση και ενισχύοντας την ασφάλεια. Τα CAV μπορούν επίσης να ενσωματωθούν σε κοινές υπηρεσίες κινητικότητας, παρέχοντας βολικές και προσβάσιμες επιλογές μεταφοράς για όλους τους κατοίκους [36].

3. Συλλογή και ενοποίηση δεδομένων

Η συλλογή και ενσωμάτωση δεδομένων είναι κρίσιμα βήματα στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις. Με τη συλλογή και την ενσωμάτωση σχετικών δεδομένων, οι πόλεις μπορούν να αντλήσουν πολύτιμες γνώσεις για την ενημέρωση του πολεοδομικού σχεδιασμού, τη βελτιστοποίηση των συστημάτων μεταφορών και την ενίσχυση της συνολικής κινητικότητας και προσβασιμότητας της πόλης [37].

3.1 Δίκτυα αισθητήρων και συσκευές IoT

Τα δίκτυα αισθητήρων και οι συσκευές Internet of Things (IoT) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ανθρώπινη κινητικότητα και την ενίσχυση της χωρίς εμπόδια πρόσβασης σε υπηρεσίες, στις έξυπνες πόλεις. Αυτές οι τεχνολογίες παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για διάφορες πτυχές της αστικής ζωής, επιτρέποντας την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων και την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων [38].

3.1.1 Δίκτυα αισθητήρων

Τα δίκτυα αισθητήρων αποτελούνται από μια συλλογή διασυνδεδεμένων αισθητήρων που αναπτύσσονται σε όλη την πόλη για την παρακολούθηση και τη συλλογή δεδομένων σχετικά με διάφορες περιβαλλοντικές και αστικές παραμέτρους. Αυτοί οι αισθητήρες μπορεί να περιλαμβάνουν:

Αισθητήρες κυκλοφορίας: Οι αισθητήρες κυκλοφορίας, όπως ανιχνευτές βρόχου ή αισθητήρες υπερύθρων, χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του κυκλοφοριακού φόρτου, της ταχύτητας και της πληρότητας. Παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις συνθήκες κυκλοφορίας, βοηθώντας στον εντοπισμό συμφόρησης, στη βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας και στον εντοπισμό περιοχών με υψηλή ζήτηση κινητικότητας [39].

Αισθητήρες δημόσιων συγκοινωνιών: Στην εποχή των έξυπνων πόλεων, τα δίκτυα αισθητήρων που αναπτύσσονται σε συστήματα δημόσιων μεταφορών διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της μετακίνησης των πολιτών. Συλλέγοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τα συστήματα δημόσιων μεταφορών, επιτρέπουν στην παροχή των δεδομένων τοποθεσίας τους, την καταμέτρηση επιβατών και την

ανάλυση ζήτησης. Τα δεδομένα τοποθεσίας των συστημάτων δημόσιων μεταφορών, βοηθούν τους επιβάτες να σχεδιάζουν τα ταξίδια πιο αποτελεσματικά, να μειώνουν τους χρόνους αναμονής και να βελτιστοποιούν τις διαδρομές. Η καταμέτρηση επιβατών και η ανάλυση ζήτησης βοηθούν τους χειριστές να προσαρμόσουν τη συχνότητα εξυπηρέτησης και να σχεδιάσουν αποτελεσματικά διαδρομές. [40]

Αισθητήρες στάθμευσης: Τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης, χρησιμοποιώντας δίκτυα αισθητήρων, προσφέρουν πολλά οφέλη στην αστική στάθμευση. Με βασικό πλεονέκτημα τη μείωση του χρόνου αναζήτησης και τη συμφόρηση, βελτιστοποιούν τη χρήση των υποδομών στάθμευσης και υποστηρίζουν βιώσιμες πολιτικές μεταφορών. Ενσωματώνοντας συστήματα που βασίζονται σε αισθητήρες με κινητές εφαρμογές, με τις δημόσιες συγκοινωνίες και με τις υπηρεσίες κοινής χρήσης αυτοκινήτων, οι πόλεις μπορούν να ενθαρρύνουν βιώσιμες συμπεριφορές μεταφοράς και να βελτιώσουν την προσβασιμότητα στάθμευσης, μειώνοντας τελικά την κυκλοφοριακή συμφόρηση και βελτιώνοντας τη συνολική κινητικότητα. [41]

Αισθητήρες πεζών και ποδηλατών: Τα δίκτυα αισθητήρων παρακολουθούν τις κινήσεις πεζών και ποδηλατών, παρέχοντας μια μοναδική προοπτική για τον πολεοδομικό σχεδιασμό και την ανάπτυξη. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν στις πόλεις να δημιουργήσουν υποδομές κινητικότητας χωρίς αποκλεισμούς, εστιάζοντας στις μη μηχανοκίνητες μεταφορές. Αυτά τα δεδομένα βοηθούν στην ασφάλεια, τον σχεδιασμό υποδομών, τη βελτιστοποίηση διαδρομών και την ενθάρρυνση της ενεργού κινητικότητας. Αναλύοντας τα μοτίβα μετακίνησης, οι πόλεις μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις διαδρομές, να ενισχύσουν την προσβασιμότητα και να προωθήσουν βιώσιμους τρόπους ταξιδιού. [42]

3.1.2 IoT Συσκευές

Οι συσκευές IoT, οι οποίες είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και εξοπλισμένες με αισθητήρες και ενεργοποιητές, λειτουργούν ως η θεμελιώδης διεπαφή μεταξύ του φυσικού κόσμου και των ψηφιακών συστημάτων, ανιχνεύοντας αλλαγές στις φυσικές καταστάσεις και μετατρέποντάς τις σε αναγνώσιμα δεδομένα. Αυτή η ικανότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική για την προώθηση της ευκολίας στις μετακινήσεις και της ανεμπόδιστης χρήσης υπηρεσιών εντός των έξυπνων πόλεων. Εξοπλισμένη με τους σωστούς αισθητήρες, η υποδομή μπορεί να παρακολουθεί, να μετρά και να ανταποκρίνεται σε διάφορους παράγοντες, όπως η κίνηση του οχήματος, η ροή των

πεζών, η διαθεσιμότητα στάθμευσης και οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτή η προσέγγιση σε πραγματικό χρόνο που βασίζεται σε δεδομένα διευκολύνει μια σειρά εφαρμογών για την ενίσχυση της αστικής κινητικότητας και προσβασιμότητας. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτούς τους αισθητήρες μπορούν επίσης να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τον μακροπρόθεσμο πολεοδομικό σχεδιασμό, βοηθώντας στη δημιουργία πόλεων που δεν είναι μόνο πιο έξυπνες αλλά και πιο περιεκτικές και βιώσιμες. Η συγχώνευση της τεχνολογίας αισθητήρων με την προηγμένη ανάλυση δεδομένων κατέχει έτσι το κλειδί για τη μεταμόρφωση του τρόπου με τον οποίο κινούμαστε και αλληλεπιδρούμε μέσα στους αστικούς χώρους [43].

Αισθητήρες εγγύτητας: Με την ενσωμάτωση αισθητήρων εγγύτητας στις υποδομές στάθμευσης και στους δρόμους, η αποτελεσματικότητα και η προσβασιμότητα των αστικών συγκοινωνιών μπορούν να ενισχυθούν σημαντικά. Οι αισθητήρες εγγύτητας προσφέρουν ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης πληρότητας των θέσεων στάθμευσης, μετατρέποντας αποτελεσματικά τη συμβατική στάθμευση σε «έξυπνη στάθμευση». Αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μπορούν να κοινοποιηθούν στους οδηγούς μέσω εφαρμογών για κινητά ή ψηφιακής σήμανσης, μειώνοντας σημαντικά το χρόνο που δαπανάται για την αναζήτηση διαθέσιμου χώρου στάθμευσης, μειώνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση και μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ λόγω της λιγότερης κυκλικής κίνησης για στάθμευση. Επιπλέον, στη διαχείριση της κυκλοφορίας, αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να βοηθήσουν στην ανίχνευση της παρουσίας οχημάτων σε διασταυρώσεις ή αυτοκινητόδρομους, επιτρέποντας πιο αποτελεσματικό έλεγχο του φωτεινού σηματοδότη και παρέχοντας κρίσιμη είσοδο για μοντέλα ροής κυκλοφορίας. Επιπλέον, οι αισθητήρες εγγύτητας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών για τη διαχείριση πλατφόρμας, διασφαλίζοντας την ασφαλή απόσταση και τον έλεγχο της ροής του πλήθους. [44]

Αισθητήρες θέσης & κίνησης: Πρόκειται για μία θεμελιώδης τεχνολογία που οδηγεί στην ανάπτυξη έξυπνων φορητών συσκευών και έξυπνων συστημάτων μεταφοράς. Προσδιορίζοντας την κίνηση και τον προσανατολισμό με αναλύσεις δεδομένων και ψηφιακές τεχνολογίες ενισχύουν σημαντικά την προσωπική ασφάλεια, την παρακολούθηση της υγείας και τη συνολική αστική κινητικότητα. [45]

Στον τομέα της προσωπικής υγείας, μπορούν να προσφέρουν συνεχή παρακολούθηση δραστηριότητας και ανίχνευση πτώσης, απαραίτητη για ευάλωτους πληθυσμούς όπως οι ηλικιωμένοι και τα άτομα με αναπηρίες. Αναγνωρίζοντας τα μοτίβα κίνησης, μπορούν να ειδοποιήσουν τους φροντιστές ή τους επαγγελματίες υγείας για οποιαδήποτε μη φυσιολογική δραστηριότητα, αποτρέποντας ατυχήματα και διευκολύνοντας την έγκαιρη ιατρική παρέμβαση. Ταυτόχρονα, οι αισθητήρες θέσης και κίνησης διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στα συστήματα πλοήγησης εσωτερικών χώρων, ιδιαίτερα επωφελείς για άτομα με προβλήματα όρασης ή κινητικότητας. Βοηθούν στην παρακολούθηση και κατανόηση των κινήσεων των χρηστών μέσα σε ένα κτίριο, βοηθώντας στην πλοήγηση σε άγνωστα ή περίπλοκα περιβάλλοντα όπως εμπορικά κέντρα, νοσοκομεία ή αεροδρόμια με βελτιωμένη ανεξαρτησία και εμπιστοσύνη [46].

Επιπλέον, σε ένα ευρύτερο πλαίσιο μεταφορών, αυτοί οι αισθητήρες βοηθούν σε προηγμένα συστήματα υποβοήθησης οδηγού (ADAS) σε οχήματα ή έξυπνα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, ενισχύοντας την οδική ασφάλεια και βελτιστοποιώντας τη ροή της κυκλοφορίας [47].

Αισθητήρες πληρότητας: Στα συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών τα δεδομένα σχετικά με το φορτίο επιβατών είναι ανεκτίμητα και μία αντίστοιχη πληροφορία μπορούν να παρέχουν οι αισθητήρες πληρότητας. Η χρήση τους επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της πυκνότητας πλήθους σε διάφορα τμήματα του συστήματος μεταφορών, από σταθμούς έως μεμονωμένα οχήματα. Αυτές οι πληροφορίες είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των μεταφορικών πόρων, τη διαχείριση της ροής της κυκλοφορίας, τον προγραμματισμό χρονοδιαγραμμάτων και την ενίσχυση των μέτρων ασφαλείας. Κατά συνέπεια, επιτρέποντας εξυπνότερη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων, αυτοί οι αισθητήρες έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα, την προσβασιμότητα και τη συνολική ποιότητα των συστημάτων αστικής κινητικότητας. [48]

Αισθητήρες ταχύτητας: Οι αισθητήρες ταχύτητας είναι απαραίτητοι στα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας, χρησιμεύοντας ως κρίσιμα εργαλεία για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Μετρώντας με ακρίβεια την ταχύτητα και την ένταση της κυκλοφορίας, αυτοί οι αισθητήρες διευκολύνουν τον

προσαρμοστικό έλεγχο των σημάτων κυκλοφορίας, επιτρέποντας τη δυναμική βελτιστοποίηση του χρονισμού των σημάτων με βάση τις τρέχουσες συνθήκες κυκλοφορίας. Τα πλούσια δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες ταχύτητας είναι το κλειδί για τον εντοπισμό και τον μετριάσμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Επιπλέον, τα δεδομένα αυτά μπορούν να τροφοδοτήσουν τις απαραίτητες προσαρμογές στα όρια ταχύτητας ή στους κανόνες κυκλοφορίας, ενισχύοντας έτσι την οδική ασφάλεια. Έτσι, η χρήση αισθητήρων ταχύτητας επηρεάζει άμεσα την αστική κινητικότητα, συμβάλλοντας στην αποτελεσματικότητα των δικτύων μεταφορών και στη βελτίωση της προσβασιμότητας. [49].

Υπέρυθροι Αισθητήρες & Αισθητήρες Γυροσκοπίου: Οι αισθητήρες υπέρυθρων και γυροσκοπίου αποτελούν θεμελιώδη συστατικά στη λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων, έναν αναπτυσσόμενο τομέα με τεράστιες επιπτώσεις στην αστική κινητικότητα και προσβασιμότητα. Οι υπέρυθροι αισθητήρες ανιχνεύουν τα γύρω εμπόδια και βοηθούν στην πλοήγηση διακρίνοντας την απόσταση και το μέγεθος αυτών των εμποδίων, παίζοντας έτσι βασικό ρόλο στα συστήματα αποφυγής συγκρούσεων, ενώ οι αισθητήρες γυροσκοπίου παρακολουθούν τον προσανατολισμό και την ισορροπία του οχήματος, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της σταθερότητας του οχήματος και των ομαλών ελιγμών. Η ενσωμάτωση αυτών των αισθητήρων ενισχύει την αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια και την αυτονομία των συστημάτων μεταφορών, ανοίγοντας το δρόμο για πιο έξυπνες και πιο προσβάσιμες πόλεις [44].

Μπορούμε ακόμα, χρησιμοποιώντας το γυροσκόπιο σε συνδυασμό με άλλους αισθητήρες να ανιχνεύσουμε την κινητικότητα και να κατηγοριοποιήσουμε πολλούς τύπους κίνησης, όπως το περπάτημα, το τρέξιμο και την οδήγηση.[50]

Από την άλλη, οι αισθητήρες υπέρυθρων και οι αισθητήρες γυροσκοπίου μπορούν να επιτρέψουν την κινητικότητα και την προσβασιμότητα για άτομα με αναπηρίες ή ειδικές ανάγκες. Οι υπέρυθροι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία βοηθητικών συσκευών που μπορούν να βοηθήσουν τα άτομα με προβλήματα όρασης να πλοηγηθούν και να αποφύγουν εμπόδια. Οι αισθητήρες γυροσκοπίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία φορητών συσκευών που μπορούν να παρακολουθούν τη στάση και την κίνηση ατόμων με σωματικές αναπηρίες. [51]

3.2 Τύποι δεδομένων

Τα δεδομένα κινητών συσκευών ή συσκευών IoT αποτελούν πολύτιμη πηγή πληροφοριών για την κατανόηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας και τη βελτίωση της προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις. Με την ευρεία υιοθέτηση των έξυπνων τηλεφώνων και την χρήση συσκευών IoT, παράγονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν για να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με την ταξιδιωτική συμπεριφορά, τις προτιμήσεις και τις ανάγκες των ανθρώπων. Τα ακόλουθα σημεία υπογραμμίζουν τη σημασία των δεδομένων αντλούνται από τις συσκευές αυτές [52], [43].

3.2.1 Δεδομένα βάσει τοποθεσίας

Οι κινητές συσκευές είναι εξοπλισμένες με δυνατότητες GPS, επιτρέποντάς τους να προσδιορίσουν την ακριβή τοποθεσία τους. Οι υπηρεσίες βάσει τοποθεσίας (LBS) χρησιμοποιούν αυτήν τη δυνατότητα για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τις κινήσεις των ατόμων εντός της πόλης. Ορισμένα παραδείγματα δεδομένων LBS περιλαμβάνουν:

Τοποθεσίες GPS: Η παρακολούθηση τοποθεσίας GPS προσφέρει ακριβή και αξιόπιστα δεδομένα, η εφαρμογή της απαιτεί προσεκτική εξέταση παραγόντων όπως η κατανάλωση ενέργειας, οι ανάγκες εξοπλισμού, η ποικιλομορφία δεδομένων, το απόρρητο και η πιθανή ενσωμάτωση με άλλα συστήματα. Η εφαρμογή του έχει ένα μετασχηματιστικό δυναμικό για την ενίσχυση της αστικής κινητικότητας και της προσβασιμότητας, αλλά ο προσεκτικός σχεδιασμός και η εξάπλωσή του είναι απαραίτητες για την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων του. Αναλύοντας τα ίχνη GPS πολλών ατόμων, μπορούν να συναχθούν ζεύγη προέλευσης-προορισμού. Αυτά τα δεδομένα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα μοτίβα μετακίνησης, τους δημοφιλείς προορισμούς και τη συνδεσιμότητα μεταξύ διαφορετικών περιοχών της πόλης [4].

Ανίχνευση Περιβαλλόντων WiFi: Μία εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή παρακολούθηση GPS, είναι η χρήση υπαρχόντων σημείων πρόσβασης WiFi. Η συλλογή δεδομένων από σημεία πρόσβασης WiFi, προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την παρακολούθηση τοποθεσίας με οφέλη στην ενεργειακή απόδοση και τη συνεχή συλλογή δεδομένων. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν προσεκτικά υπόψη οι περιορισμοί ακρίβειάς τους, οι προκλήσεις συλλογής, η επεκτασιμότητα και η πιθανή ενσωμάτωση με άλλα συστήματα για να αξιοποιηθούν

πλήρως οι δυνατότητές τους στη βελτίωση της αστικής κινητικότητας και της προσβασιμότητας, κατανοώντας τα σημεία αιχμής δραστηριότητας και ζήτησης υπηρεσιών σε διάφορους τομείς [4].

3.2.2 Δεδομένα χρήσης εφαρμογών για κινητά

Η πανταχού χρήση εφαρμογών για κινητές συσκευές συμβάλλει στη συλλογή διαφορετικών τύπων δεδομένων. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να ανωνυμοποιηθούν και να συνδυαστούν για την ανάλυση προτύπων που σχετίζονται με την κινητικότητα και την προσβασιμότητα. Σύνολα τέτοιων δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνουν πληροφορίες που συλλέγονται από υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας και αλληλεπιδράσεις μέσω κοινωνικής δικτύωσης.

Δεδομένα Υπηρεσιών Κινητής Τηλεφωνίας: Οι Εγγραφές υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας είναι αρχεία δραστηριότητας κινητής τηλεφωνίας που συλλέγονται από εταιρείες τηλεπικοινωνιών, παρέχοντας χωροχρονικές πληροφορίες των χρηστών. Με ευρεία ιδιοκτησία, προσφέρουν ανώτερη γεωγραφική και δημογραφική κάλυψη, όγκο δεδομένων και κόστος. Ωστόσο, αντιμετωπίζουν προκλήσεις όπως η υψηλή χωρική ευαισθησία, η κακή χρονική συνέχεια και οι συχνές αναπηδήσεις στο χώρο. Οι ΕΚΕ μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση προβλημάτων κινητικότητας [4].

Δεδομένα Μέσων Κοινωνικής Δικτύωσης: Τα δεδομένα μέσω κοινωνικής δικτύωσης (GTSM) με γεωγραφικές ετικέτες, όπως το Twitter ή το Foursquare, παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την ανθρώπινη συμπεριφορά και τα πρότυπα κινητικότητας. Προσβάσιμα μέσω API, τα δεδομένα μέσω κοινωνικής δικτύωσης προσφέρουν εκτεταμένες δυνατότητες ανάλυσης και μοντελοποίησης. Ωστόσο, αντιμετωπίζει προκλήσεις σε χρονικά και χωρικά κενά, που επηρεάζουν την αξιοπιστία των συμπερασμάτων που εξάγονται από τα δεδομένα. Το GTSM μπορεί να παρέχει σε βάθος πληροφορίες για την κίνηση και τη συμπεριφορά, ιδιαίτερα στον αστικό σχεδιασμό και τη διαχείριση των μεταφορών. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν τον τουρισμό και το εμπόριο, τη διαχείριση της κυκλοφορίας, τη βελτίωση των μέσων μαζικής μεταφοράς και την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ζητήματα απορρήτου και δεοντολογίας και οι προκλήσεις στην ανάλυση και την ερμηνεία περιλαμβάνουν μεροληψία δεδομένων, θόρυβο δεδομένων και ενοποίηση με άλλες πηγές δεδομένων. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες και μεθοδολογίες μπορούν να βοηθήσουν στην άμβλυνση αυτών των προκλήσεων [4].

3.2.3 Δεδομένα από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Δεδομένα από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων: Οι αισθητήρες IoT φέρνουν επανάσταση σε διάφορους τομείς, αλλά αντιμετωπίζουν τεχνικές, πρακτικές, και ηθικές προκλήσεις. Η ενοποίηση και η διαλειτουργικότητα είναι ζωτικής σημασίας, καθώς απαιτούν τυποποίηση πρωτοκόλλων και συμβατότητα μεταξύ πλατφορμών και τεχνολογιών. Η επεξεργασία δεδομένων και η ανάλυση είναι απαραίτητες για τη διαχείριση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενώ πρέπει να εφαρμοστούν μέτρα ασφαλείας για την προστασία από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και επιθέσεις στον κυβερνοχώρο. Τα πρακτικά ζητήματα περιλαμβάνουν τη χρηστικότητα και την εμπειρία χρήστη, την επεκτασιμότητα και την αξιοπιστία και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Απαιτείται μια διεπιστημονική προσέγγιση που περιλαμβάνει την τεχνολογική ανάπτυξη, ρύθμιση, χάραξη πολιτικής, και δημόσια δέσμευση είναι απαραίτητη για να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις και να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό των αισθητήρων IoT στην υγειονομική περίθαλψη, πολεοδομικός σχεδιασμός, μεταφορές, και τη βιομηχανία [53]

3.3 Απόρρητο και ηθικά ζητήματα

Η συλλογή και η χρήση δεδομένων μέσω IoT και φορητών συσκευών για αστικές αναλύσεις παρουσιάζουν περίπλοκες προκλήσεις που σχετίζονται με το απόρρητο και την ηθική. Στο πλαίσιο αυτό, η διασφάλιση της ανωνυμίας και της συγκέντρωσης των δεδομένων, είναι υψίστης σημασίας για τη διασφάλιση της ιδιωτικής ζωής του ατόμου, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να παραχθούν πολύτιμες γνώσεις για τον αστικό σχεδιασμό και την ανάπτυξη.

Οι ηθικοί προβληματισμοί εκτείνονται πέρα από τις απλές ανησυχίες για το απόρρητο και περιλαμβάνουν θέματα πιθανών προκαταλήψεων και διακρίσεων που μπορεί να προκύψουν από κακή χρήση δεδομένων ή μεροληπτικούς αλγόριθμους. Αυτές οι προκλήσεις υπογραμμίζουν τη σημασία της θέσπισης σαφών δεοντολογικών κατευθυντήριων γραμμών, διαφανών διαδικασιών διαχείρισης δεδομένων και ισχυρών διασφαλίσεων.

Η λήψη ενημερωμένης συναίνεσης από τους χρήστες γίνεται ένα ζωτικό βήμα, που απαιτεί διαφανή επικοινωνία σχετικά με τον τρόπο χρήσης, αποθήκευσης και προστασίας των δεδομένων. Η διασφάλιση ισχυρών μηχανισμών ασφάλειας

δεδομένων είναι εξίσου σημαντική για την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή παραβιάσεων που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο το ατομικό απόρρητο.

Με μια ευρύτερη έννοια, η ηθική διαχείριση δεδομένων στο πλαίσιο της αστικής ανάλυσης απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει όχι μόνο τεχνολόγους αλλά και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, νομικούς εμπειρογνώμονες και ενδιαφερόμενους φορείς της κοινότητας. Σε συνεργασία, μπορούν να δημιουργήσουν ολοκληρωμένες στρατηγικές που εξισορροπούν τις ανάγκες για πολύτιμες γνώσεις με τις επιταγές της ιδιωτικής ζωής, της διαφάνειας, της δικαιοσύνης και της κοινωνικής ευημερίας. Ο τελικός στόχος είναι να καλλιεργηθεί η εμπιστοσύνη και να δημιουργηθούν συστήματα που είναι ταυτόχρονα αποτελεσματικά και υπεύθυνα, ανοίγοντας το δρόμο για βιώσιμη αστική ανάπτυξη και καινοτομία στη βάση της κινητικότητας και της προσβασιμότητας [54].

3.4 Ενοποίηση και ανάλυση δεδομένων

Σήμερα οι πόλεις αντιμετωπίζουν κοινωνικά προβλήματα, όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση και περιβαλλοντική ρύπανση κ.α. Καθώς ο πληθυσμός αυξάνεται, αυτά τα ζητήματα χειροτερεύουν. Οι έξυπνες πόλεις προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη λύση συλλέγοντας δεδομένα από αισθητήρες και συσκευές, που επιτρέπουν την παροχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο για ζητήματα όπως η ανθρώπινη κινητικότητα και η προσβασιμότητα. Καθώς οι πόλεις μεγαλώνουν, οι έξυπνες πόλεις μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων [55]. Τα δεδομένα που συλλέγονται, συνήθως ενσωματώνονται και ενοποιούνται σε διάφορους τύπους πλατφορμών. Αυτή η ενοποίηση περιλαμβάνει την επεξεργασία δεδομένων, τη συγκέντρωση και τον συγχρονισμό αυτών και τη διασφάλιση της ακρίβειας και της εγκυρότητας των πληροφοριών [6].

Προηγμένες τεχνικές ανάλυσης δεδομένων, όπως η μηχανική μάθηση και η προγνωστική μοντελοποίηση, μπορούν να εφαρμοστούν σε δεδομένα αισθητήρων και IoT για τον εντοπισμό μοτίβων, πρόβλεψη μελλοντικών τάσεων κινητικότητας, και βελτιστοποίηση αστικών υποδομών και υπηρεσιών [4]. Για παράδειγμα, αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της κυκλοφοριακής συμφόρησης βάσει ιστορικών δεδομένων, επιτρέποντας στις αρχές

διαχείρισης της κυκλοφορίας να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για τον μετριασμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Ένα ακόμα ισχυρό εργαλείο για την κατανόηση των δεδομένων που βασίζονται σε δεδομένα αισθητήρων και IoT προκειμένου να παρέχουν στους χρήστες διαισθητικές και εύκολα κατανοητές αναπαραστάσεις μοτίβων κινητικότητας και μετρήσεων προσβασιμότητας είναι οι οπτικοποιήσεις. Οι χάρτες, τα διαγράμματα και τα γραφήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οπτικοποίηση της ροής κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, των επιπέδων ποιότητας του αέρα, της διαθεσιμότητας στάθμευσης και άλλων σχετικών πληροφοριών. Επίσης μπορεί να παρέχουν στους χρήστες διαισθητικές αναπαραστάσεις μοτίβων κινητικότητας. Χάρτες θερμότητας, διαγράμματα ροής ή διαδραστικοί χάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οπτικοποίηση δημοφιλών διαδρομών, σημείων συμφόρησης ή περιοχών με προκλήσεις προσβασιμότητας, διευκολύνοντας την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων και την αποτελεσματική αστική διαχείριση. [4].

Τα δεδομένα τελικά πρέπει να ενσωματωθούν σε άλλα σύνολα δεδομένων για την εξαγωγή ολοκληρωμένων πληροφοριών σχετικά με την ανθρώπινη κινητικότητα και προσβασιμότητα. Συνδυάζοντας δεδομένα από πηγές, όπως συστήματα μεταφορών, δίκτυα αισθητήρων, κινητών συσκευών ή δημογραφικά δεδομένα, μπορεί να επιτευχθεί μια ολιστική κατανόηση των προτύπων αστικής κινητικότητας.

Οι τεχνικές ανάλυσης δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της εξόρυξης δεδομένων, της μηχανικής μάθησης και της στατιστικής μοντελοποίησης, μπορούν να εφαρμοστούν σε σύνολα δεδομένα για τον εντοπισμό μοτίβων, προτιμήσεων και συσχετισμών. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι ομαδοποίησης μπορούν να βοηθήσουν στην κατηγοριοποίηση των ατόμων σε διακριτές ομάδες κινητικότητας με βάση την ταξιδιωτική τους συμπεριφορά, βοηθώντας σε στοχευμένες παρεμβάσεις πολεοδομικού σχεδιασμού και μεταφορών. Αξιοποιώντας τα συγκεντρωμένα δεδομένα και ενσωματώνοντάς τα σε άλλα σχετικά σύνολα δεδομένων, οι πόλεις μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, να βελτιστοποιήσουν τα συστήματα μεταφορών και να ενισχύσουν τη συνολική κινητικότητα και προσβασιμότητα τόσο για τους κατοίκους όσο και για τους επισκέπτες [56].

4. Σχεδιασμός της Διαδραστικής Πλατφόρμας

Η δημιουργία μιας διαδραστικής πλατφόρμας για μια έξυπνη πόλη είναι ένα ουσιαστικό στοιχείο για την απεικόνιση και την παρακολούθηση των αστικών τάσεων. Απαντώντας σε ερωτήματα και δημιουργώντας γραφικά από δεδομένα που προέρχονται από διαφορετικές πηγές, αυτή η πλατφόρμα μπορεί να βοηθήσει στην ανάλυση αυτών των τάσεων. Τα διαδραστικά εργαλεία που απεικονίζουν την ανθρώπινη κίνηση και την προσβασιμότητα εντός των πόλεων επιτρέπουν στους χρήστες να κατανοούν και να χρησιμοποιούν τις τεράστιες ποσότητες δεδομένων που παράγουν τα αστικά περιβάλλοντα. [57]. Αυτό το κεφάλαιο επικεντρώνεται στις βασικές εκτιμήσεις και τα στοιχεία που εμπλέκονται στο σχεδιασμό μιας τέτοιας πλατφόρμας.

Το κεφάλαιο δίνει έμφαση στο σχεδιασμό με επίκεντρο τον χρήστη για μια πλατφόρμα που εξυπηρετεί τους ενδιαφερόμενους, δίνοντας έμφαση στις έξυπνες διεπαφές, την εύκολη πλοήγηση και τις απεικονίσεις.

Στη συνέχεια τονίζεται ρόλος της πλατφόρμας στην οπτικοποίηση των προτύπων κινητικότητας που ενισχύουν την προσβασιμότητα σε έξυπνες πόλεις. Ακολούθως εμβαθύνει στη μεθοδολογία, περιγράφοντας τα βήματα που απαιτούνται για τη συλλογή και την ενσωμάτωση δεδομένων. Συζητά την ενσωμάτωση δικτύων αισθητήρων, συσκευών IoT, δεδομένων κινητών συσκευών και δημόσιων βάσεων δεδομένων, τονίζοντας τη σημασία τους στη λήψη ολοκληρωμένων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την αστική κινητικότητα. Δίνοντας έμφαση στον ρόλο της τεχνολογίας στην κινητικότητα και την προσβασιμότητα, παρουσιάζει πώς η πλατφόρμα αξιοποιεί εξελίξεις όπως η ανάλυση δεδομένων, η μηχανική μάθηση και οι απεικονίσεις για την άντληση πολύτιμων πληροφοριών.

Επιπλέον, το κεφάλαιο εξετάζει το ρόλο των δεδομένων κινητών συσκευών στη λήψη ιχνών GPS, πληροφοριών προέλευσης-προορισμού και σημείων ενδιαφέροντος, τονίζοντας τη συμβολή τους στην κατανόηση της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς και των προτιμήσεων. Τονίζει επίσης την αξία των δεδομένων χρήσης εφαρμογών για κινητά, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών μεταφοράς, των εφαρμογών πληθοπορισμού (crowdsourcing) και των δεδομένων μέσων κοινωνικής δικτύωσης, στην αύξηση της κατανόησης των προτύπων κινητικότητας και των προκλήσεων προσβασιμότητας.

Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται τονίζοντας τη σημασία των δημόσιων βάσεων δεδομένων και των πρωτοβουλιών ανοικτών δεδομένων, αναδεικνύοντας το ρόλο τους στην παροχή πρόσβασης σε πληθώρα πληροφοριών που σχετίζονται με τον πολεοδομικό σχεδιασμό, τις μεταφορές και τις υποδομές. Τονίζεται η ανάγκη ενοποίησης και ανάλυσης δεδομένων, συνδυάζοντας διάφορα σύνολα δεδομένων για την απόκτηση ολοκληρωμένων γνώσεων σχετικά με την ανθρώπινη κινητικότητα και προσβασιμότητα.

Για τον σχεδιασμό της διαδραστικής πλατφόρμας, που πραγματεύεται η εργασία, για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις ακολουθήθηκαν αρχές σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη, συλλογή και ενσωμάτωση δεδομένων, γνώσεις που βασίζονται στην τεχνολογία και τήρηση των ζητημάτων απορρήτου και δεοντολογίας των δεδομένων όπως περιγράφεται ακολούθως. Με την ενσωμάτωση αυτών των στοιχείων, η πλατφόρμα μπορεί να ενδυναμώσει τα ενδιαφερόμενα μέρη με αξιοποιήσιμες γνώσεις, να προωθήσει την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων και να συμβάλει στην ανάπτυξη έξυπνων προσβάσιμων πόλεων χωρίς αποκλεισμούς.

4.1 Σχεδιασμός διεπαφής χρήστη και εμπειρίας χρήστη

Ο σχεδιασμός διεπαφής χρήστη (UI) και εμπειρίας χρήστη (UX) διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία μιας διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να δίνει προτεραιότητα στη χρηστικότητα, τη διαισθητική πλοήγηση και τις ελκυστικές απεικονίσεις για να ενισχύσει την αφοσίωση και την κατανόηση των χρηστών.

4.1.1 Προσέγγιση με επίκεντρο τον χρήστη

Η υιοθέτηση μιας προσέγγισης με επίκεντρο τον χρήστη είναι θεμελιώδης για τη διαδικασία σχεδιασμού μίας διαδραστικής πλατφόρμας. Περιλαμβάνει την κατανόηση των αναγκών, των στόχων και των προτιμήσεων διαφορετικών ομάδων χρηστών, συμπεριλαμβανομένων των πολεοδόμων, των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και των κατοίκων. Ο σχεδιασμός με επίκεντρο τον χρήστη είναι η πρακτική της δημιουργίας ελκυστικών, αποτελεσματικών εμπειριών χρήστη λαμβάνοντας υπόψη τον χρήστη κάθε βήμα της διαδικασίας ανάπτυξης. Η εφαρμογή αυτής της

ιδέας είναι απλή αλλά και πολύπλοκη, καθώς διασφαλίζει ότι οι συμβιβασμοί γίνονται σκόπιμα και όχι τυχαία. [58]

4.1.2 Διαισθητική πλοήγηση

Η πλατφόρμα διαθέτει σαφή και διαισθητική δομή πλοήγησης, επιτρέποντας στους χρήστες να έχουν εύκολη πρόσβαση σε διαφορετικές λειτουργίες και χαρακτηριστικά. Ένα καλά οργανωμένο μενού, λειτουργικότητα αναζήτησης και ιεραρχία λογικών πληροφοριών διασφαλίζουν ότι οι χρήστες μπορούν να βρουν αποτελεσματικά τις επιθυμητές πληροφορίες ή απεικονίσεις. Τα συνεπή μοτίβα σχεδίασης και τα οικεία στοιχεία αλληλεπίδρασης συμβάλλουν σε μια απρόσκοπτη εμπειρία χρήστη. [58]

4.1.3 Σχεδιασμός και Οπτικοποίηση Δεδομένων

Η προτεινόμενη διαδραστική πλατφόρμα ακολουθεί μια αρχιτεκτονική τριών επιπέδων, το επίπεδο δεδομένων, το επίπεδο εφαρμογής και ανάλυσης και το επίπεδο παρουσίασης. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική αποτελείται από μια ροή εργασίας από κάτω προς τα πάνω, που ξεκινά με τη συλλογή δεδομένων, την εφαρμογή, την επεξεργασία και την οπτικοποίηση. Αισθητήρες, συσκευές, έξυπνοι μετρητές, οχήματα και ενεργοποιητές αποτελούν το κάτω στρώμα μιας αρχιτεκτονικής έξυπνης πόλης. Το κατώτερο στρώμα δημιουργεί και ανταλλάσσει δεδομένα, ενώ οι τεχνολογίες επικοινωνίας διευκολύνουν την επικοινωνία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τα συγκεντρωτικά δεδομένα μετακινούνται στο μεσαίο επίπεδο για αξιολόγηση, ταξινόμηση και επεξεργασία πριν μεταφερθούν στο επίπεδο παρουσίασης. Το επίπεδο παρουσίασης και οπτικοποίησης εμφανίζει δείκτες επιπτώσεων για τους πολίτες και τους φορείς της πόλης. Ο απώτερος στόχος είναι η βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών και των παρόχων αστικών υπηρεσιών, παρέχοντας παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των τάσεων της πόλης και επεξεργασία μεγάλων συνόλων δεδομένων σε ένα τυπικό πρόγραμμα περιήγησης ιστού. Ο σχεδιασμός της πλατφόρμας επιλέχθηκε να είναι οπτικά ελκυστικός, ενώ παράλληλα θα παρουσιάζει αποτελεσματικά σύνθετα δεδομένα με σαφή και κατανοητό τρόπο. Η χρήση χρώματος, και οπτικών στοιχείων ευθυγραμμίζεται με την επωνυμία της πλατφόρμας και να είναι συνεπής καθ' όλη τη διάρκεια. Οι οπτικοποιήσεις δεδομένων, όπως χάρτες, διαγράμματα και γραφήματα, σχεδιάστηκαν για να μεταφέρουν αποτελεσματικά πληροφορίες, χρησιμοποιώντας κατάλληλες

τεχνικές οπτικής κωδικοποίησης και διαδραστικά στοιχεία που θα επιτρέπουν την εξερεύνηση και την ανάλυση. [57]

4.1.4 Επαναληπτικός σχεδιασμός και συνεχής βελτίωση

Είναι σημαντικό να τονιστεί σε αυτό σημείο, ότι, πέραν από την προσέγγιση που παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία, ο σχεδιασμός μίας διαδραστικής πλατφόρμας είναι μια επαναληπτική διαδικασία που περιλαμβάνει τη συλλογή σχολίων χρηστών, την ανάλυση της συμπεριφοράς των χρηστών και τη συνεχή βελτίωση του σχεδιασμού με βάση τις πληροφορίες που αποκτήθηκαν. Οι τακτικές δοκιμές χρηστικότητας, οι έρευνες χρηστών και η ανάλυση δεδομένων ανάλυσης μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό τομέων βελτίωσης και στη βελτίωση της διεπαφής χρήστη και της εμπειρίας χρήστη της πλατφόρμας με την πάροδο του χρόνου.

Υιοθετώντας μια προσέγγιση με επίκεντρο τον χρήστη, εστιάζοντας στη διαισθητική πλοήγηση, τις ελκυστικές απεικονίσεις, τον ανταποκρινόμενο σχεδιασμό, την εξατομίκευση, τα ζητήματα προσβασιμότητας, τους μηχανισμούς ανατροφοδότησης και τη συνεχή βελτίωση, η πλατφόρμα πρέπει να προσφέρει μια βελτιωμένη εμπειρία χρήστη. Αυτό προωθεί τη συμμετοχή των χρηστών, διευκολύνει την αποτελεσματική εξερεύνηση δεδομένων και ενθαρρύνει τα ενδιαφερόμενα μέρη να αξιοποιήσουν την πλατφόρμα για τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων στο πλαίσιο της ανθρώπινης κινητικότητας και της προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις.

4.2 Τεχνικές Οπτικοποίησης Δεδομένων

Η οπτικοποίηση δεδομένων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της διαδραστικής πλατφόρμας και επικεντρώνεται στην αποτύπωση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στην πόλη. Κύριος στόχος των οπτικοποιήσεων που παρέχονται, είναι, οι χρήστες να αποκτήσουν πληροφορίες, να κατανοήσουν μοτίβα και να λάβουν τεκμηριωμένη αντίληψη με βάση τα δεδομένα που παρουσιάζονται. Διάφορες τεχνικές οπτικοποίησης δεδομένων, όπως χάρτες, διαγράμματα και γραφήματα, χάρτες θερμότητας, διαγράμματα ροής, infographics και πίνακες εργαλείων, 3D απεικονίσεις, διαδραστικές και κινούμενες απεικονίσεις, καθώς και VR και AR, [59], [60], [61] επιτρέπουν στους χρήστες να εξερευνήσουν και να κατανοήσουν την ανθρώπινη κινητικότητα και τα δεδομένα προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις. Για το σκοπό αυτό στην πλατφόρμα, τεχνικές οπτικοποιήσεων δεδομένων όπως οι χάρτες,

γραφήματα – διαγράμματα, χάρτες θερμότητας, Flow Diagrams και απεικονίσεις διαδραστικές και animated.

4.2.1 Χάρτες

Οι χάρτες είναι ένα ισχυρό εργαλείο οπτικοποίησης για την αναπαράσταση γεωγραφικών δεδομένων και χωρικών σχέσεων. Μπορούν να εμφανίσουν διάφορες πληροφορίες σχετικά με την κινητικότητα, όπως διαδρομές, σημεία ενδιαφέροντος, μοτίβα κυκλοφορίας και δίκτυα δημόσιων συγκοινωνιών. Οι διαδραστικοί χάρτες επιτρέπουν στους χρήστες να μεγεθύνουν, να μετατοπίσουν και να επικαλύψουν πολλαπλά επίπεδα δεδομένων, επιτρέποντάς τους να εξερευνήσουν και να αναλύσουν τις χωρικές πτυχές της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας [59].

4.2.2 Γραφήματα και Διαγράμματα

Τα διαγράμματα και τα γραφήματα παρέχουν έναν συνοπτικό και δομημένο τρόπο παρουσίασης ποσοτικών δεδομένων. Γραφήματα ράβδων, γραφήματα γραμμών, γραφήματα διασποράς και γραφήματα πίτας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση τάσεων, συγκρίσεων, κατανομών και συσχετισμών. Αυτές οι απεικονίσεις είναι χρήσιμες για την απεικόνιση στατιστικών δεδομένων, όπως μοτίβα ταξιδιού με την πάροδο του χρόνου, μερίδιο λειτουργίας, δημογραφικές κατανομές ή μετρήσεις προσβασιμότητας. Οι διαδραστικές λειτουργίες, όπως tooltips, φιλτράρισμα και brushing, μπορούν να βελτιώσουν την εξερεύνηση και την ανάλυση του χρήστη [60].

4.2.3 Χάρτες θερμότητας

Οι χάρτες θερμότητας απεικονίζουν την πυκνότητα ή την ένταση των δεδομένων χρησιμοποιώντας χρωματικές διαβαθμίσεις σε χάρτη ή πλέγμα. Είναι αποτελεσματικά για την αναπαράσταση περιοχών υψηλής και χαμηλής δραστηριότητας, συμφόρησης ή προσβασιμότητας. Οι χάρτες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση των ροών των πεζών, των επιπέδων κυκλοφοριακής συμφόρησης ή των hotspot περιοχών όπου η προσβασιμότητα είναι είτε υψηλή είτε χαμηλή. Οι διαδραστικοί χάρτες θερμότητας μπορούν να επιτρέψουν στους χρήστες να προσαρμόσουν παραμέτρους, να αλλάξουν διαφορετικά επίπεδα δεδομένων ή να εξερευνήσουν χρονικές παραλλαγές [59].

4.2.4 Απεικονίσεις Διαδραστικές και Animated

Οι διαδραστικές και animated απεικονίσεις προσελκύουν τους χρήστες και ενισχύουν την εξερεύνηση και την κατανόηση σύνθετων δεδομένων. Αυτές οι απεικονίσεις επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με τα δεδομένα, να αλλάζουν παραμέτρους και να παρατηρούν δυναμικά μοτίβα με την πάροδο του χρόνου. Τα αλληλεπιδραστικά στοιχεία, όπως ρυθμιστικά, φίλτρα και συμβουλές εργαλείων, επιτρέπουν στους χρήστες να προσαρμόζουν την απεικόνιση και να εξάγουν συγκεκριμένες πληροφορίες με βάση τα ενδιαφέροντά τους [61].

Η επιλογή των τεχνικών οπτικοποίησης δεδομένων καθοδηγήθηκε από τη φύση των δεδομένων και τις συγκεκριμένες πληροφορίες που απαιτούνται για την αποτύπωση της κινητικότητας εντός της πόλης. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνικών παρέχει μια ολοκληρωμένη εμπειρία οπτικοποίησης στη διαδραστική πλατφόρμα. Η επιλογή των απεικονίσεων λαμβάνει υπόψη τη σαφήνεια, την επεκτασιμότητα, τη διαδραστικότητα και την ικανότητα αποτελεσματικής μετάδοσης πληροφοριών. Χρησιμοποιώντας προσεκτικά αυτές τις τεχνικές, η διαδραστική πλατφόρμα μπορεί να διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων, να ενισχύσει την εμπλοκή των χρηστών και να προωθήσει μια βαθύτερη κατανόηση της αστικής κινητικότητας και των προτύπων προσβασιμότητας .

5. Ανάπτυξη της Διαδραστικής Πλατφόρμας

Το κεφάλαιο «Ανάπτυξη της Διαδραστικής Πλατφόρμας» επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις. Περιλαμβάνει διάφορες πτυχές, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού διεπαφής χρήστη, των τεχνικών οπτικοποίησης δεδομένων, της ενσωμάτωσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και των χαρακτηριστικών προσβασιμότητας.

Το κεφάλαιο τονίζει τη σημασία της δημιουργίας μιας φιλικής προς το χρήστη διεπαφής που δίνει προτεραιότητα στην εμπειρία χρήστη, την ανταπόκριση και την εξατομίκευση. Υπογραμμίζει το ρόλο των τεχνικών οπτικοποίησης δεδομένων, όπως χάρτες, διαγράμματα, χάρτες θερμότητας, και άλλες απεικονίσεις στην αποτελεσματική παρουσίαση και ανάλυση δεδομένων ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας.

Συζητείται η ενσωμάτωση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τονίζοντας τη σημασία της ενσωμάτωσης ενημερωμένων πληροφοριών σχετικά με τη συγκέντρωση πλήθους, τα δρομολόγια των δημόσιων συγκοινωνιών, τη δυνατότητα στάθμευσης και άλλους τρόπους παροχής δυναμικά της πληροφορίας. Το κεφάλαιο τονίζει την ανάγκη εντοπισμού σχετικών πηγών δεδομένων, εφαρμογής μηχανισμών συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων και χρήσης τεχνικών οπτικοποίησης ώστε να προάγεται η αποτελεσματική επικοινωνία με τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Για την ανάπτυξη της διαδραστικής πλατφόρμας έγινε προσπάθεια να ακολουθηθεί μια ολιστική προσέγγιση στο σχεδιασμό και συνέχεια στην υλοποίησή της, ώστε να επιτρέπεται στους χρήστες να εξερευνούν, να αναλύουν και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις στη βάση της ανθρώπινης κινητικότητας που θα προάγει τη προσβασιμότητα στις έξυπνες πόλεις. Δίνοντας προτεραιότητα στην εμπειρία του χρήστη, μέσω την οπτικοποίηση και την ενσωμάτωση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η πλατφόρμα θέλει να αναδείξει τη σημασία της ελκυστικής, ενημερωτικής και χωρίς αποκλεισμούς εμπειρίας για όλους τους όσους χρησιμοποιούν ανάλογες προσεγγίσεις.

5.1 Αρχιτεκτονική λογισμικού

Η αρχιτεκτονική λογισμικού της διαδραστικής πλατφόρμας διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στο σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την επεκτασιμότητά της. Περιλαμβάνει την υποκείμενη δομή, τα στοιχεία και τις αλληλεπιδράσεις που επιτρέπουν στην πλατφόρμα να λειτουργεί αποτελεσματικά. Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα βασικά ζητήματα που αντιμετωπίστηκαν στη σχεδίαση της πλατφόρμας και της διάδρασης μέσω αυτής

5.1.1 Αρθρωτή και κλιμακούμενη σχεδίαση

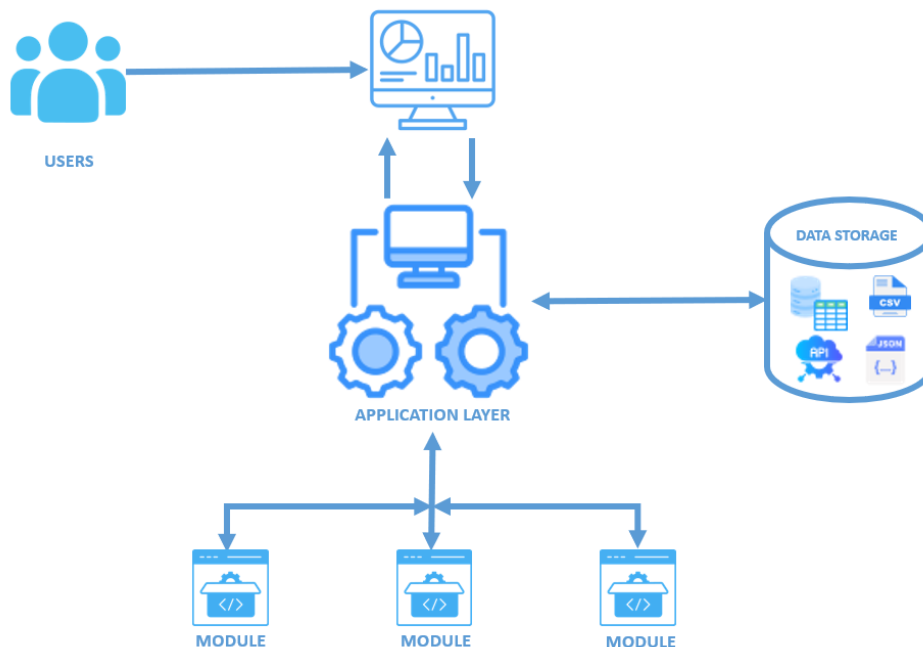
Η πλατφόρμα ακολουθεί μια αρθρωτή και κλιμακούμενη αρχιτεκτονική που επιτρέπει ευελιξία και μελλοντική επέκταση. Το σύστημα διασπάται σε ξεχωριστές μονάδες για να επιτρέπεται η ευκολότερη ανάπτυξη, η συντήρηση καθώς και οι ενημερώσεις. Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στις ενέργειες που πρέπει να ακολουθηθούν για την κάλυψη του συνεχώς αυξανόμενου όγκου δεδομένων, μέσω της προεπεξεργασίας τους και της ενοποίησής τους με πριν την διάθεσή τους στους ενδιαφερόμενους.

5.1.2 Αρχιτεκτονική πελάτη-διακομιστή

Η υιοθέτηση μιας αρχιτεκτονικής πελάτη - διακομιστή (Εικόνα 1) είναι μια κοινή προσέγγιση για διαδραστικές πλατφόρμες. Η πλευρά του πελάτη, παρέχει το περιβάλλον εργασίας χρήστη και χειρίζεται τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών. Η πλευρά του διακομιστή διαχειρίζεται την επεξεργασία, την αποθήκευση και την ενοποίηση δεδομένων, καθώς και το χειρισμό της επικοινωνίας με εξωτερικές προελεύσεις δεδομένων ή API. Αυτή η αρχιτεκτονική διευκολύνει τον διαχωρισμό των εργασιών προς τη ανάπτυξη της πλατφόρμας και επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση των πόρων.

Τα αιτήματα των χρηστών της εφαρμογής, που έχουν πρόσβαση μέσω διαφόρων συσκευών δρομολογούνται στο κόμβο δρομολόγησης της εφαρμογής ο οποίος χειρίζεται τα αιτήματα χρηστών και πραγματοποιεί τυχόν έλεγχο ταυτότητας, και εξουσιοδότησης αλλά και διαχειρίζεται τη περίοδο σύνδεσης. Ο κόμβος των υποσυστημάτων αποτελείται από σχετικές λειτουργίες με το δικό τους επίπεδο εφαρμογής και υλοποίησης. Στο επόμενο επίπεδο της εφαρμογής υλοποιείται η επιχειρηματική λογική αλλά και πρόσβαση σε δεδομένα χρησιμοποιώντας

τεχνολογίες όπως βάσεις δεδομένων και κρυφές μνήμες. Τέλος το API Gateway εκθέτει τις λειτουργίες της λειτουργικής μονάδας σε άλλες μονάδες ή εξωτερικά συστήματα, λειτουργώντας ως ενιαίο σημείο εισόδου για αιτήματα και απαντήσεις.



Εικόνα 1 Αρχιτεκτονική Εφαρμογής

5.1.3 Αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων

Οι αποτελεσματικοί μηχανισμοί αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την απόδοση και την ανταπόκριση της πλατφόρμας. Η εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών ευρετηρίου, προσωρινής αποθήκευσης και διαμέρισης δεδομένων μπορεί να βελτιστοποιήσει την ανάκτηση δεδομένων και να βελτιώσει τη συνολική απόδοση του συστήματος. Κατά την επιλογή της ανάκτησης των δεδομένων εξετάστηκε αρχικά το είδος των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στη πλατφόρμα, ο όγκος τους και η δομή των δεδομένων. Για να τις ανάγκες της εργασίας τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε αρχεία τιμών διαχωρισμένων με κόμματα (CSV). Ένα αρχείο CSV αποθηκεύει δεδομένα σε μορφή πίνακα (αριθμούς και κείμενο) σε απλό κείμενο, όπου κάθε γραμμή του αρχείου αντιπροσωπεύει συνήθως μία εγγραφή δεδομένων. Κάθε εγγραφή αποτελείται από τον ίδιο αριθμό πεδίων και αυτά διαχωρίζονται με κόμματα στο αρχείο CSV [62]. Η επιλογή αποθήκευσης σε βάσεις δεδομένων ή άλλων τεχνολογιών αποθήκευσης, για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας, μία επίπονη και απαιτητική διαδικασία, στην οποία θα

πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σχεδιάσή της, παράγοντες όπως ο όγκος δεδομένων, η δομή τους, το είδος τους, η ανάγκη για την οποία θα χρησιμοποιηθούν και οι απαιτήσεις αναζήτησης.

5.1.4 Ενσωμάτωση API

Η διαδραστική πλατφόρμα χρησιμοποιεί διάφορα εξωτερικά API για πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, που περιέχουν γεωχωρικές πληροφορίες, μέτρηση πλήθους και άλλες σχετικές υπηρεσίες. Για αυτό σχεδιάστηκε μιας ευέλικτης και επεκτάσιμης αρχιτεκτονικής που επιτρέπει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση αυτών των API με τη δημιουργία ασφαλών και αξιόπιστων συνδέσεων και τον χειρισμό του μετασχηματισμού δεδομένων. Επιλέχθηκε σε κάποιες περιπτώσεις η ενσωμάτωση των δεδομένων να αποτελεί λειτουργικότητα της εφαρμογής (χρήση API, ανάλυση δεδομένων) και σε άλλες περιπτώσεις ιδιαίτερα σε αυτές που αφορούν δεδομένα που δεν παρουσιάζουν σημαντικές αλλαγές στη πάροδο του χρόνου (π.χ. περιοχές πόλης μορφής πολυγώνου οι οποίες αποτελούνται από ένα σύνολο συντεταγμένων), η χρήση των εξωτερικών API, ανάκτηση των δεδομένων και η ανάλυσή τους να γίνεται μέσω με των δυνατοτήτων που προσφέρει το εργαλείο *jupyter Notebook*.

5.1.5 Τεκμηρίωση και συντήρηση

Στο σχεδιασμό της εξετάστηκε, ιδιαίτερα η τεκμηρίωση της διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών - API προκειμένου να καθοριστούν τα σημεία ενοποίησης των δεδομένων στην ανάπτυξη των στοιχείων του συστήματος. Αυτό διασφαλίζει την ομαλή μεταφορά γνώσης που μπορούν να παρέχουν τα δεδομένα που ενσωματώνονται στην εφαρμογή. Βέβαια σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί η αναγκαιότητα της τακτικής συντήρησης και της δημιουργίας ενημερώσεων, συμπεριλαμβανομένων των διορθώσεων σφαλμάτων ώστε να διατηρείται η πλατφόρμα λειτουργική και ενημερωμένη. Όλα αυτά προκύπτουν από τον δυναμικό τρόπο άντλησης των δεδομένων που χρησιμοποιεί η πλατφόρμα.

Συνοπτικά, μια καλά σχεδιασμένη αρχιτεκτονική λογισμικού είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργικότητα, την επεκτασιμότητα και την απόδοση της διαδραστικής πλατφόρμας. Δόθηκε λοιπόν ιδιαίτερη προσοχή στη υιοθέτηση ενός αρθρωτού και επεκτάσιμου σχεδιασμού, επιλέχθηκε η αρχιτεκτονική πελάτη-διακομιστή,

μελετήθηκαν οι δυνατότητες αποτελεσματικής αποθήκευσης και ανάκτηση δεδομένων και η ενσωμάτωση API, ώστε να διασφαλιστεί μια βιώσιμη αρχιτεκτονική λογισμικού για τη διαδραστική πλατφόρμα.

5.2 Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων

Κρίσιμα στοιχεία της διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις Η επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων. Αυτή η ενότητα διερευνά τις βασικές πτυχές που εμπλέκονται στην επεξεργασία και την ανάλυση των συλλεγόμενων δεδομένων για την εξαγωγή ουσιαστικών πληροφοριών:

5.2.1 Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων

Η προεπεξεργασία δεδομένων είναι το αρχικό βήμα στην επεξεργασία δεδομένων. Ακολουθήθηκαν λοιπόν ενέργειες για το σκοπό αυτό, που περιελάμβαναν τον καθαρισμό, τον μετασχηματισμό και την προετοιμασία των συλλεγόμενων δεδομένων για ανάλυση. Η διαδικασία αυτή αφορούσε, την κατάργηση διπλότυπων, το χειρισμό τιμών που λείπουν, την κανονικοποίηση μορφών δεδομένων και την επίλυση ασυνεπειών. Η προεπεξεργασία δεδομένων διασφαλίζει την ποιότητα και τη συνέπεια των δεδομένων, τα οποία είναι απαραίτητα για την ακριβή ανάλυση και οπτικοποίηση. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *jupyter Notebook*.

Το Jupyter Notebook είναι μια εφαρμογή web ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να μοιράζονται έγγραφα που περιέχουν κώδικα εφαρμογών, εξισώσεις, απεικονίσεις αλλά και αφηγηματικό κείμενο. Αρχικά αναπτύχθηκε για Julia, Python και R, σήμερα όμως υποστηρίζει πολλές περισσότερες γλώσσες. Το Jupyter Notebook προσφέρει διαδραστική έξοδο, συμπεριλαμβανομένων εικόνων, βίντεο και διαδραστικών γραφικών στοιχείων, ενώ υποστηρίζει σημειώσεις Markdown για μορφοποιημένο κείμενο. Τα έγγραφα που δημιουργεί μπορούν να εξαχθούν σε μορφές HTML, PDF, Latex, κώδικα σε python κ.α.. Το Jupyter Notebook χρησιμοποιούνται ευρέως στην ανάλυση δεδομένων, τη μηχανική μάθηση, τη στατιστική και την ακαδημαϊκή έρευνα, ιδιαίτερα για τη δημιουργία πρωτοτύπων και την αρχική εξερεύνηση δεδομένων [63][64].

5.2.2 Ενοποίηση δεδομένων

Η ενοποίηση δεδομένων περιλαμβάνει το συνδυασμό δεδομένων από πολλές προελεύσεις για τη δημιουργία ενός ενοποιημένου συνόλου δεδομένων. Η ενοποίηση δεδομένων διευκολύνει μια ολοκληρωμένη εικόνα της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας, ενσωματώνοντας διαφορετικούς τύπους δεδομένων και εμπλουτίζοντας την ανάλυση με ένα ευρύτερο πλαίσιο. Η άντληση δεδομένων μέσω της τεχνολογίας API, έγινε από το Δήμο του Άμστερνταμ ακολουθώντας το end point “[https://api.data.amsterdam.nl/v1/\[end_point\]/](https://api.data.amsterdam.nl/v1/[end_point]/)” που περιλαμβάνει την ενσωμάτωση δεδομένων από διάφορων τύπων αισθητήρων.

Ανακεφαλαιώνοντας και με δεδομένου ότι, η επεξεργασία και η ανάλυση δεδομένων αποτελούν βασικά συστατικά μιας διαδραστικής πλατφόρμας που οπτικοποιεί την ανθρώπινη κινητικότητα και προσβασιμότητα, η προεπεξεργασία τους και η ανάλυσή τους σε πραγματικό χρόνο, προωθεί την ανάπτυξη έξυπνότερων και πιο προσβάσιμων πόλεων.

5.3 Ανάπτυξη από την πλευρά του διακομιστή

Η ανάπτυξη από την πλευρά του διακομιστή είναι μια κρίσιμη πτυχή της διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και της προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις. Περιλαμβάνει την υλοποίηση λειτουργιών διακομιστή, τη διαχείριση δεδομένων, όπως οι λειτουργίες της επεξεργασίας δεδομένων και της ανάλυσης για τη μετατροπή των ακατέργαστων δεδομένων σε σημαντικές πληροφορίες και την πολύπλοκη ενοποίηση διαφόρων στοιχείων, όπως η ενσωμάτωση API, τα εργαλεία οπτικοποίησης, τη ταυτοποίηση κ.α..

5.3.1 Επιλογή Πλαισίου από την πλευρά του διακομιστή

Για την αποτελεσματική και κλιμακούμενη ανάπτυξη από την πλευρά του διακομιστή, προέχει η επιλογή της κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού όπως η PHP, η Python κ.λ.π. καθώς και η χρήση ενός συμβατού πλαισίου όπως το Node.js, το Django, το Ruby κ.α.. Ο συνδυασμός αυτών παρέχει μια σταθερή βάση για την οικοδόμηση της εφαρμογής.

Η επιλογή της υποδομής ανάπτυξης από την πλευρά του διακομιστή, περιλαμβάνει την απόδοση, την επεκτασιμότητα, την υποστήριξη της κοινότητας και τη

συμβατότητα με άλλες τεχνολογίες που δύναται να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του έργου αλλά και την τεχνογνωσία της ομάδας ανάπτυξης.

Στα πλαίσια λοιπόν της υλοποίησης της συγκεκριμένης εργασίας επιλέχθηκαν η γλώσσας προγραμματισμού Python και το πλαίσιο ιστού Django. Η Python είναι μια δωρεάν γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, ερμηνευμένη, πολυπλατφορμική, με πιο απλή και κομψή σύνταξη από άλλες γλώσσες προγραμματισμού, που υποστηρίζει επίσης σύγχρονα χαρακτηριστικά υπολογιστών όπως Big Data, μηχανική κ.α.. Λειτουργεί δωρεάν σε Windows, Unix, Linux και άλλα λειτουργικά συστήματα Προσφέρεται για την και την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών με ελάχιστο προγραμματισμό όπως το πλαίσιο Django [85].

Το Django είναι ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών με χρήση Python. Το Django θεωρεί ότι ορισμένες λειτουργίες είναι εκτός διαδικασιών ανάπτυξης για να διευκολύνει την υλοποίηση εφαρμογών ιστού. Η δημιουργία ιστοσελίδων μπορεί να είναι γρήγορη, ασφαλής, επεκτάσιμη και απλή στη διαχείριση. Ορίζοντας ένα έργο Django, δημιουργούνται πολλά αρχεία, τα οποία ορίζουν μεταβλητές διαμόρφωσης συστήματος web, εφαρμογές, παραμέτρους σύνδεσης βάσης δεδομένων και γλώσσα. Τα έργα Django μπορούν να περιλαμβάνουν πρότυπα.html για οπτικοποίηση δεδομένων και ένα πρότυπο διαχείρισης για λειτουργίες CRUD. Όντας δωρεάν ή ανοιχτού κώδικα, το Django χρησιμοποιείται από πολλούς προγραμματιστές παγκοσμίως για την απλότητα και την ευκολία ανάπτυξής του. [65]

5.3.2 Πλαίσια και Βιβλιοθήκες από την πλευρά του διακομιστή

Στην ανάπτυξη της εφαρμογής χρειάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν διάφορα πλαίσια και οι βιβλιοθήκες όπως το Pandas, το Geopandas, Plotly, Folium κ.λ.π. Η χρήση τους είναι σχεδόν αναπόφευκτη αφού βελτιώνουν σημαντικά την ανάπτυξη εφαρμογών ιστού από την πλευρά του διακομιστή παρέχοντας δομημένες και επαναχρησιμοποιήσιμες γραμμές κώδικα. Πλεονέκτημά τους η επιτάχυνση της διαδικασίας ανάπτυξης και η εξασφάλιση αποτελεσματικότητας και της συντήρησης. Προάγοντας την αφαιρετικότητα σε πολύπλοκες λειτουργιών, επιτρέπουν στους προγραμματιστές να επικεντρωθούν στη λογική της εφαρμογής και όχι στις λεπτομέρειες χαμηλού επιπέδου. Επιπλέον υποστηρίζουν την ενοποίηση διαφόρων

πηγών και υπηρεσιών δεδομένων, όπως βάσεις δεδομένων, API και πλατφόρμες cloud. Έτσι, προωθούν βέλτιστες πρακτικές, διασφαλίζοντας την ασφάλεια και ενισχύουν την επεκτασιμότητα, καθοριστικής σημασίας για ισχυρές εφαρμογές Ιστού [65] [66].

Pandas

Το Pandas είναι μια βιβλιοθήκη ανάλυσης και χειρισμού δεδομένων ανοιχτού κώδικα για τη γλώσσα προγραμματισμού Python. Αναπτύχθηκε από τον Wes McKinney το 2008. Παρέχει ευέλικτες δομές δεδομένων, όπως DataFrame και Series, που διευκολύνουν την εργασία με δομημένα δεδομένα. Το Pandas είναι χτισμένο πάνω στη βιβλιοθήκη NumPy, επιτρέποντάς του να ενσωματωθεί καλά στο ευρύτερο οικοσύστημα της επιστήμης δεδομένων Python. Με το ολοκληρωμένο σύνολο λειτουργιών του για τον καθαρισμό δεδομένων, τη συγκέντρωση, τον μετασχηματισμό, την οπτικοποίηση και τη στατιστική ανάλυση, το Pandas έχει γίνει βασικό στοιχείο στον χειρισμό μεγάλων συνόλων δεδομένων. Η διαισθητική σύνταξη και η πλούσια λειτουργικότητά του καθιστούν αποτελεσματικό και απλό, απλοποιώντας τη διαδικασία επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων [67][68].

Geopandas

Για τις ανάγκες τις εφαρμογής, ιδιαίτερα στη χρήση γεωχωρικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Geopandas. Πρόκειται για μια βιβλιοθήκη Python που επεκτείνει τα pandas, η οποία αποτελεί ένα δημοφιλές εργαλείο ανάλυσης δεδομένων, προσθέτοντας υποστήριξη για γεωχωρικά δεδομένα. Το Geopandas επιτρέπει την εργασία με γεωμετρικά αντικείμενα όπως σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Το Geopandas παρέχει επίσης μεθόδους ανάγνωσης και εγγραφής μορφών γεωχωρικών δεδομένων, όπως GeoJSON, Shapefile και GeoPackage. Με το Geopandas μπορεί να δημιουργηθούν χάρτες και γραφήματα χρησιμοποιώντας matplotlib ή άλλες βιβλιοθήκες οπτικοποίησης. Είναι ένα έργο ανοιχτού κώδικα που στοχεύει να κάνει την εργασία με γεωχωρικά δεδομένα στην Python ευκολότερη και πιο ισχυρή. Παρουσιάστηκε το 2013 κατά τη διάρκεια της διάσκεψης του Scipy από τον Kelsey Jordahl και το 2014 κυκλοφόρησε η έκδοση 0.1.0. [69].

Shapely

Κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής, προέκυψε το ζήτημα της διαχείρισης του συστήματος αναφοράς συντεταγμένων (CRS) για γεωχωρικά δεδομένα EPSG:28882. Σε συνδυασμό με το GeoPandas επιλέχθηκε να χειριστεί συντεταγμένες που βρίσκονται διαφορετικά συστήματα CRS. Το Shapely είναι μια βιβλιοθήκη Python ανοιχτού κώδικα για χειρισμό και ανάλυση επίπεδων γεωμετρικών αντικειμένων, χτισμένη πάνω στη βιβλιοθήκη GEOS (Geometry Engine - Open Source). Το Shapely παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για την αντιμετώπιση σχημάτων όπως σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Το Shapely χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με άλλες γεωχωρικές βιβλιοθήκες όπως η Fiona για δεδομένα εισόδου/εξόδου και τα GeoPandas για πιο σύνθετες εργασίες χειρισμού δεδομένων. Οι ισχυρές δυνατότητές του το καθιστούν ιδανική βιβλιοθήκη για οποιονδήποτε εργάζεται με γεωχωρικά δεδομένα στην Python [70][71].

Django Plotly Dash

Το πλαίσιο Plotly Dash για το Django επιτρέπει την ενσωμάτωση των εφαρμογών Dash σε έργα Django, επιτρέποντας τη δημιουργία διαδραστικών οπτικοποιήσεων δεδομένων εντός του πλαισίου του Django. Το Plotly Dash είναι ένα πλαίσιο Python για τη δημιουργία αναλυτικών εφαρμογών ιστού, ενώ το Django είναι ένα πλαίσιο ιστού Python υψηλού επιπέδου. Η ενσωμάτωση των δύο επιτρέπει στους προγραμματιστές να αξιοποιήσουν τα δυνατά σημεία και των δύο: των ισχυρών δυνατοτήτων web του Django και των διαδραστικών εργαλείων οπτικοποίησης του Dash [72].

Plotly

Το Plotly είναι μια βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα Python που επιτρέπει τη δημιουργία διαδραστικών και ελκυστικών απεικονίσεων, βασισμένων στον ιστό, χρησιμοποιώντας γραφήματα. Υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα τύπων γραφημάτων, από τα πιο βασικά, όπως γραφήματα γραμμών και διασποράς έως τις πιο σύνθετες απεικονίσεις, όπως τρισδιάστατα γραφήματα και γεωγραφικά γραφήματα χαρτών, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα κατανόησης των δεδομένων απλά και εύκολα. Το Plotly αλληλοεπιδρά και με το Dash. Το Plotly διαθέτει δυνατότητες εργαλείου hover γεγονός που μας επιτρέπει να ανιχνεύουμε τυχόν ακραίες τιμές ή ανωμαλίες σε μεγάλο αριθμό στοιχείων δεδομένων [73].

Folium

Μία εξίσου σημαντική βιβλιοθήκη της Python, που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία διαδραστικών χαρτών, είναι η Folium. Πρόκειται για μία βιβλιοθήκη χτισμένη πάνω στο δημοφιλές Leaflet βιβλιοθήκης JavaScript που συνεργάζεται άριστα με βιβλιοθήκες χειρισμού δεδομένων Python όπως το Pandas. Το Folium διευκολύνει την οπτικοποίηση δεδομένων που έχουν επεξεργαστεί και αναλυθεί στην Python σε έναν διαδραστικό χάρτη Leaflet. Με το Folium, οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν διάφορα στυλ χάρτη, να προσθέσουν δείκτες, πολύγωνα και αναδυόμενα παράθυρα, ακόμη και να οπτικοποιήσουν γεωχωρικά δεδομένα απευθείας από πλαίσια δεδομένων. Μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε το Folium για να δημιουργήσετε χάρτες choropleth, οι οποίοι δείχνουν την κατανομή μιας μεταβλητής σε διαφορετικές περιοχές. Είναι μια δημοφιλής επιλογή για όσους θέλουν να συνδυάσουν τη δύναμη της Python με διαδραστικές γεωχωρικές απεικονίσεις [74].

5.4 Ανάπτυξη από την πλευρά του χρήστη

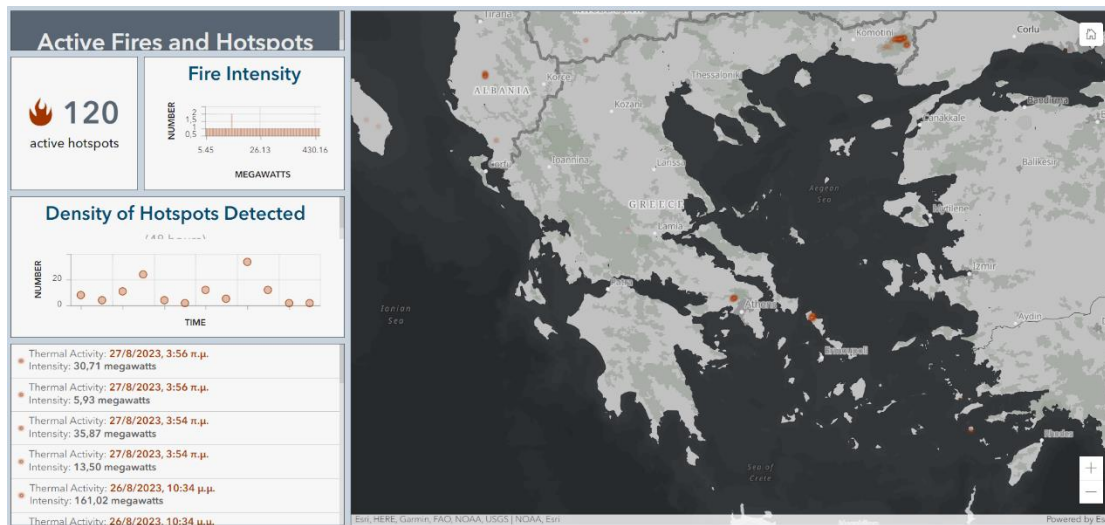
Η ανάπτυξη από την πλευρά του χρήστη, επικεντρώνεται στη δημιουργία της διεπαφής χρήστη και στη διασφάλιση μιας απρόσκοπτης και διαισθητικής εμπειρίας του. Κρίσιμος είναι ο σχεδιασμός της διεπαφής χρήστη (User Interface - UI), τα εργαλεία ανάπτυξης και δεδομένου του σκοπού ανάπτυξης μίας διαδραστικής πλατφόρμας οπτικοποίησης της κινητικότητας και της προσβασιμότητας, οι βιβλιοθήκες που προσδίδουν δυνατότητες απεικόνισης δεδομένων.

5.4.1 Σχεδιασμός διεπαφής χρήστη

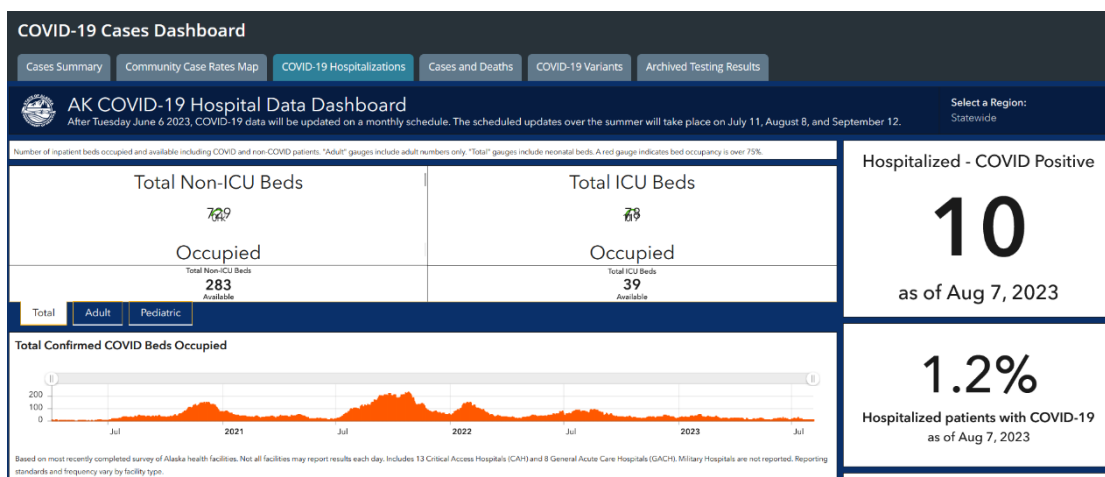
Ο σχεδιασμός διεπαφής χρήστη είναι θεμελιώδης στην ανάπτυξη της εφαρμογής από την πλευρά του χρήστη. Περιλαμβάνει τη δημιουργία οπτικά ελκυστικών και φιλικών προς το χρήστη διεπαφών, που θα διευκολύνουν την εύκολη πλοήγηση και αλληλεπίδραση. Η υιοθέτηση αρχών σχεδιασμού όπως η συνέπεια, η απλότητα και η ανταπόκριση διασφαλίζει ότι οι χρήστες μπορούν να αλληλοεπιδρούν αποτελεσματικά με την πλατφόρμα σε διαφορετικές συσκευές και μεγέθη οθόνης.

Στο πλαίσιο της σχεδίασης της πλατφόρμας αναζητήθηκαν και εξετάστηκαν ανάλογες εργασίες που αφορούσαν το σχετικό θέμα. Από την έρευνα διαπιστώθηκε η αναφορά σε δύο κατηγορίες μοντέλων. Του μοντέλου της μίας σελίδας (Εικόνα 2) που συναντάται σε πολλές έρευνες, και του αναλυτικού μοντέλου (Εικόνα 3), το

οποίο αφορά πίνακες εργαλείων εμφανίζουν συχνά πιο κρίσιμες ενδείξεις και δεν μπορούν να εμφανιστούν σε μία μόνο σελίδα.

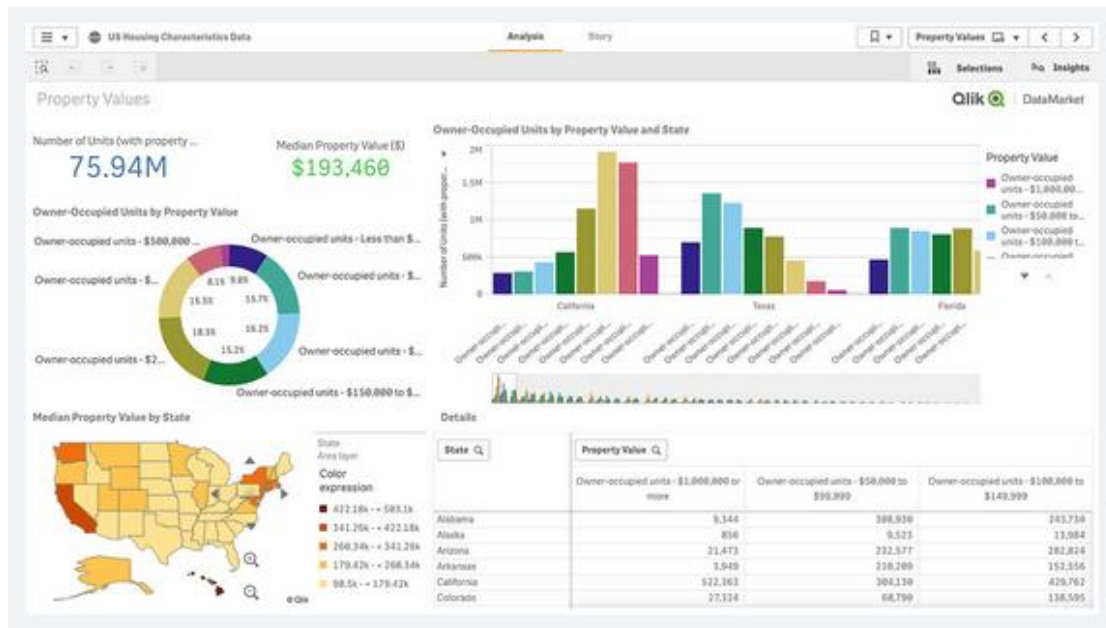


Εικόνα 2 Μοντέλο Μίας Σελίδας



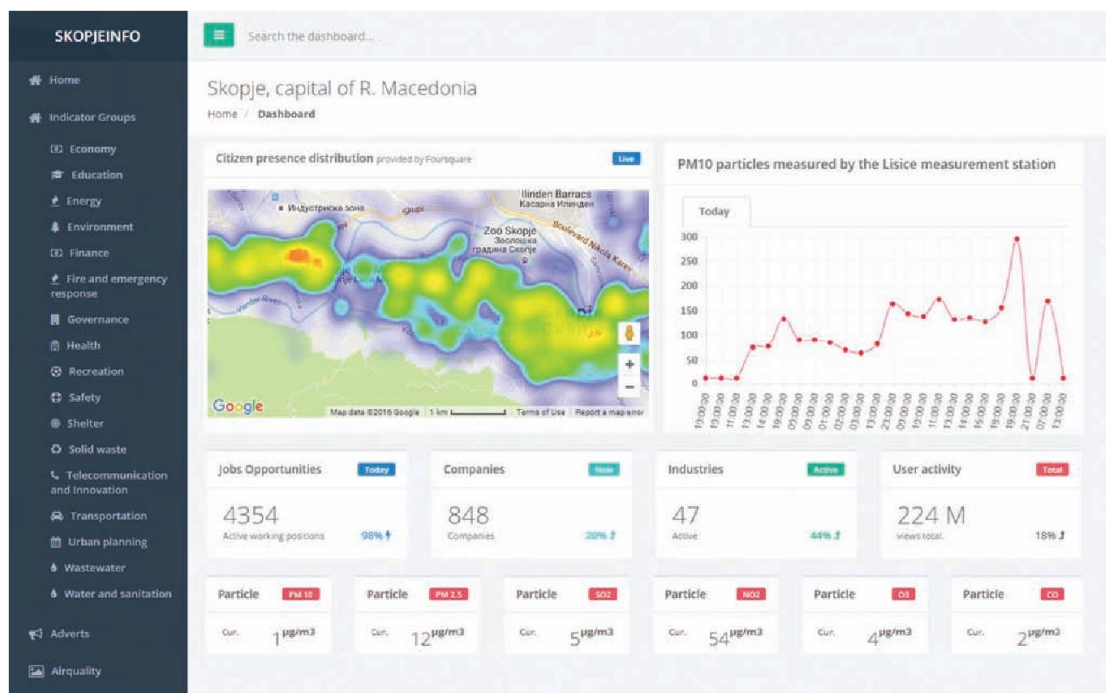
Εικόνα 3 Αναλυτικό Μοντέλο

Ωστόσο, διάφορα μοτίβα διάταξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οπτικοποίηση πληροφορίας, όπως το μοτίβο πλέγματος (Grid) (Εικόνα 3), το οποίο τακτοποιεί τα στοιχεία σε ένα πλέγμα σειρών και στηλών, δημιουργώντας μια ομοιόμορφη και συνεπή διάταξη. Αυτό το μοτίβο επιτρέπει την εύκολη σύγκριση και ανάλυση.



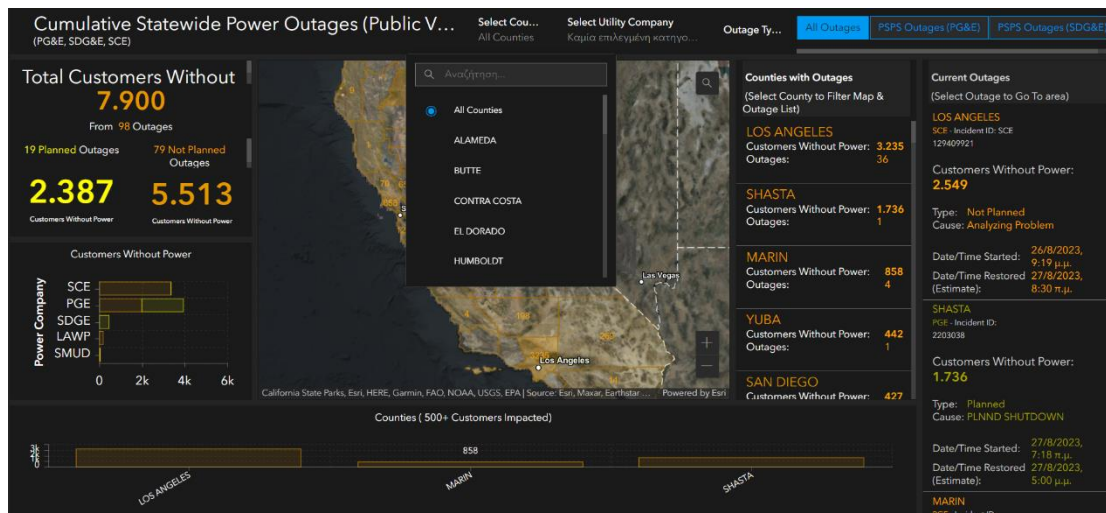
Εικόνα 4 Μοντέλο Γραμμών - Στηλών (Grid)

Μία άλλη προσέγγιση είναι το μοτίβο μενού (Εικόνα 5). Σε αυτή τη περίπτωση η πλατφόρμα χωρίζεται σε δύο ενότητες: την περιοχή μενού και τον χώρο ενδείξεων. Αυτό το μοτίβο επιτρέπει στον χρήστη να πλοηγηθεί από μια αρχική σύνοψη των δεδομένων, σε μια πιο λεπτομερή προβολή ενός συγκεκριμένου υποσυνόλου ή πτυχής των δεδομένων, στο πλαίσιο μιας ιεραρχικής και διαδραστικής εξερεύνηση πολλαπλών επιπέδων.



Εικόνα 5 Μοντέλο Μενού

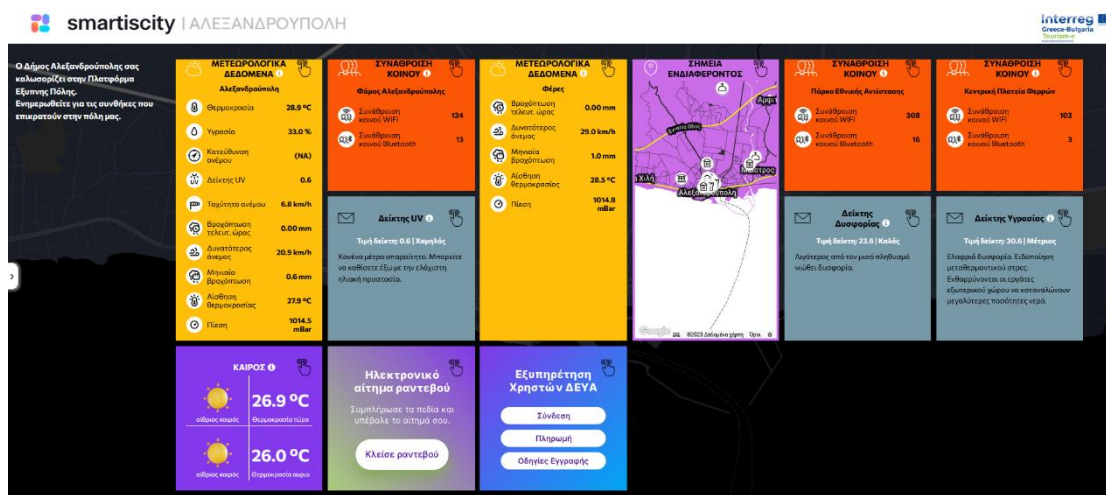
Μία άλλη αναφορά αφορά την ενσωμάτωση και την λειτουργικότητα μέσω φίλτρων (Εικόνα 6). Σε αυτό το μοτίβο δίνεται τη δυνατότητα στον χρήστη να εφαρμόσει ένα ή περισσότερα κριτήρια στα δεδομένα, προκειμένου να επιτευχθεί μια προσαρμοσμένη και εστιασμένης προβολή των δεδομένων.



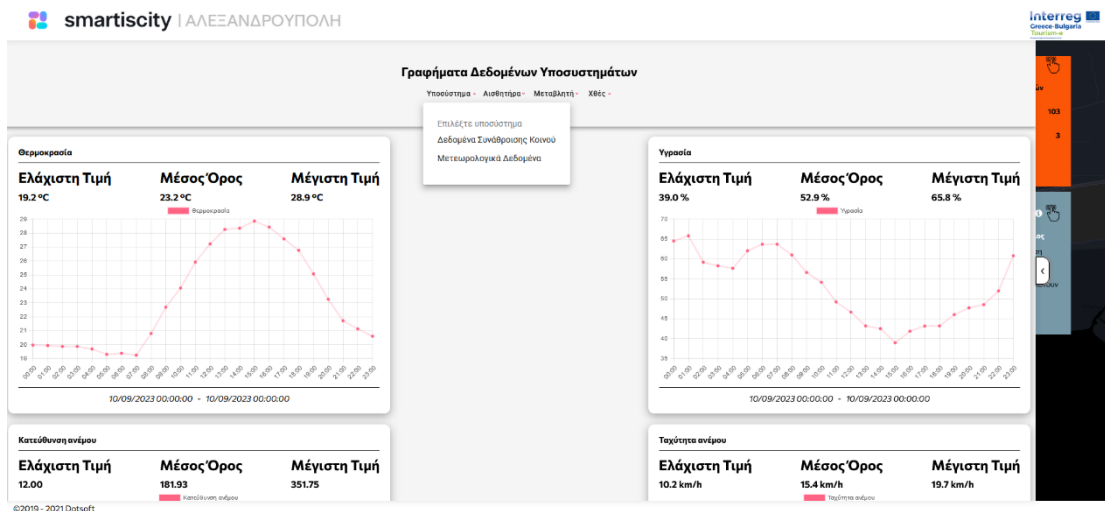
Εικόνα 6 Μοντέλο Φίλτρων

Στη χώρα μας, τα τελευταία χρόνια, γίνεται μια προσπάθεια από τους δήμους για την υλοποίηση διαδραστικών πλατφορμών, οι οποίες θα παρέχουν πληροφορίες στους πολίτες σχετικά με την καθημερινότητα στη πόλη. Σε σχετική έρευνα που έγινε στους 332 δήμους της χώρας διαπιστώθηκε η υιοθέτηση διάφορων μοντέλων.

Μία ομάδα είκοσι τριών δήμων έχει υλοποιήσει ή πρόκειται να υλοποιήσει πλατφόρμες του μοντέλου γραμμής στήλης (Εικόνα 6), σε συνδυασμό, σε ορισμένες περιπτώσεις με το μοντέλο των φίλτρων (Εικόνα 7).

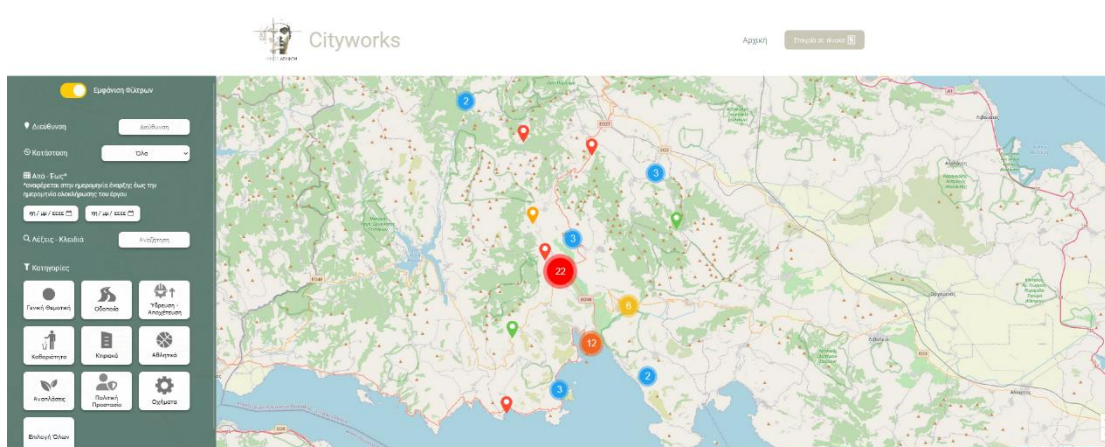


Εικόνα 7 Πλατφόρμα Δήμου Αλεξανδρούπολης Μοντέλου Grid

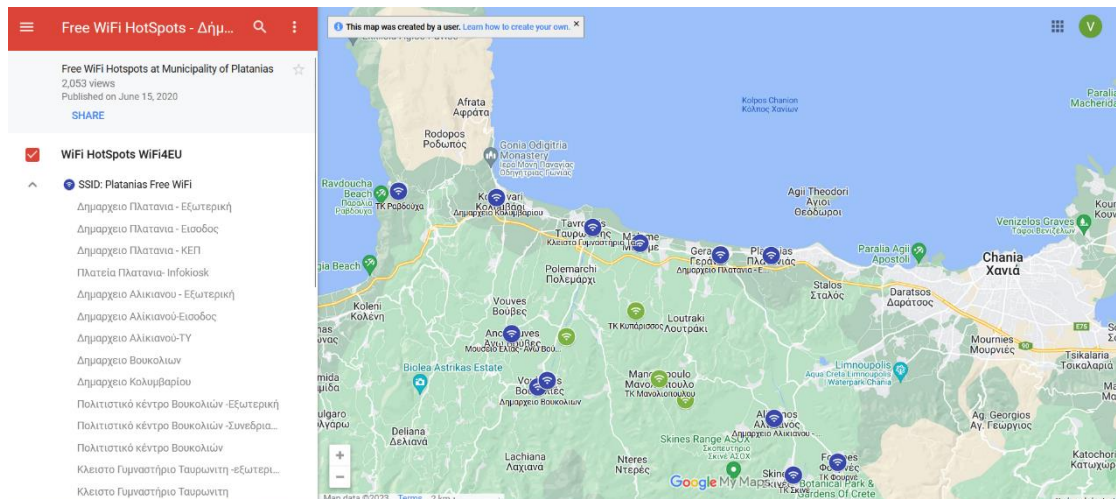


Εικόνα 8 Πλατφόρμα Δήμου Αλεξανδρούπολης Μοντέλου Φίλτρων

Μία άλλη ομάδα έντεκα δήμων, υιοθετεί το μοντέλο των φίλτρων σε χάρτη, για την οπτικοποίηση παραγόμενης πληροφορίας, σχετικής με έργα που υλοποιεί – εκτελεί ο δήμος (Εικόνα 9) ή με τα σημεία ελεύθερης πρόσβασης σε Wi-Fi (Εικόνα 10),

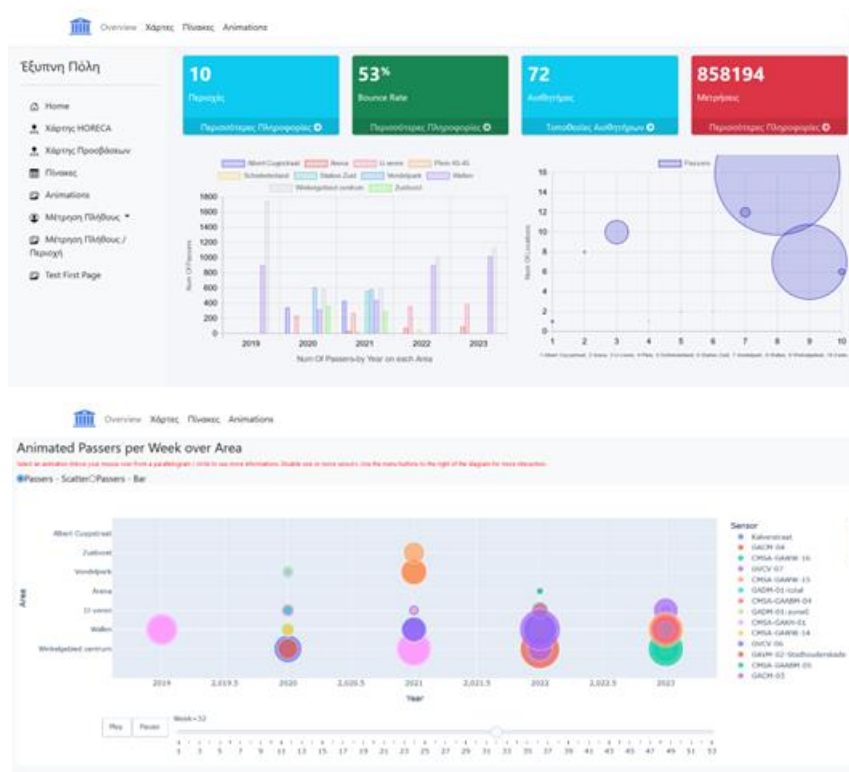


Εικόνα 9 Μοντέλο Φίλτρων σε Χάρτη για την Οπτικοποίηση Έργων



Εικόνα 10 Μοντέλο Φίλτρων σε Χάρτη για την Οπτικοποίηση Έργων Ελεύθερης Πρόσβασης σε Wi-Fi

Στην ανάπτυξη της πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στις έξυπνες πόλεις, επιλέχθηκε το μοτίβο του μενού (Εικόνα 11). Η πλατφόρμα χωρίζεται σε δύο μέρη. Αριστερά αναπτύσσεται κάθετο μενού και δεξιά εμφανίζεται ο χώρος απεικόνισης της πληροφορίας. Επιπλέον παρέχεται και η δυνατότητα πλοήγησης μέσω ενός οριζόντιο μενού προκειμένου να εξασφαλίζεται η περίπτωση πλοήγησης ακόμα και σε πληροφορίες διάταξης μίας σελίδας.



Εικόνα 11 Δομή Διαδραστικής Πλατφόρμας

5.4.2 HTML, CSS, and JavaScript

Η HTML (Hypertext Markup Language), η CSS (Cascading Style Sheets) και η JavaScript αποτελούν τις βασικές τεχνολογίες για την ανάπτυξη από την πλευρά του χρήστη. Η HTML καθορίζει τη δομή των ιστοσελίδων, η CSS χρησιμοποιείται για το στυλ και τη διάταξη και η JavaScript προσθέτει διαδραστικότητα και δυναμική λειτουργικότητα. Η επάρκεια σε αυτές τις τεχνολογίες είναι απαραίτητη για την υλοποίηση των στοιχείων από την πλευρά του χρήστη στη διαδραστικής πλατφόρμας.

HTML5

Η HTML είναι η πλέον διαδεδομένη γλώσσα για την ανάπτυξη ιστοσελίδων, Τελευταίο πρότυπο της γλώσσας, το οποίο αναπτύχθηκε σε συνεργασία του W3C και του οργανισμού Web Hypertext Application Technology Working Group (WHATWG), είναι η έκδοση HTML5, η οποία δημοσιεύθηκε το 2012 [75].

Η HTML, που αρχικά σχεδιάστηκε για τους ερευνητές να δομούν έγγραφα, εξελίχθηκε σε γλώσσα σήμανσης χρησιμοποιώντας ετικέτες για τη δομή ιστοσελίδων. Το βασικό χαρακτηριστικό του είναι η δυνατότητα να περιλαμβάνει συνδέσμους υπερκειμένου. Οι δυνατότητες του HTML επεκτείνονται με την ενσωμάτωση γλωσσών δέσμης ενεργειών όπως το JavaScript και τη μορφοποίηση γλωσσών όπως το CSS, επηρεάζοντας σημαντικά τη συμπεριφορά και το περιεχόμενο της ιστοσελίδας. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν πλοήγηση στον ιστό, ανταποκρινόμενες διεπαφές και ανάπτυξη παιχνιδιών, αξιοποιώντας την εγγενή υποστήριξη για HTML5.

CSS

Η CSS (ελλ. Αλληλουχία Φύλλων Στιλ) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού Ιστού που ελέγχει την εμφάνιση και τη διαμόρφωση ενός εγγράφου, συμπεριλαμβανομένων στοιχείων όπως το χρώμα, η διάταξη και η γραμματοσειρά. Αναπτύχθηκε το 1996 από το World Wide Web Consortium (W3C). Οι προγραμματιστές μπορούν να διαμορφώσουν τους ιστότοπούς τους συσχετίζοντας κανόνες μορφοποίησης με στοιχεία HTML, ορίζοντας δυναμικές καταστάσεις και δημιουργώντας κινούμενα σχέδια. Ο κώδικας CSS μπορεί να ενσωματωθεί απευθείας σε HTML ή να δημιουργηθεί ως εξωτερικό αρχείο [76].

Bootstrap 5

Το Bootstrap είναι ένα πιο δημοφιλές, και ισχυρό, κινητό πλαίσιο HTML, CSS και JavaScript διεπαφής για ταχύτερη και ευκολότερη ανάπτυξη ιστοτόπων. Το Bootstrap 5 είναι η πιο πρόσφατη έκδοση του Bootstrap, η οποία Κυκλοφόρησε επίσημα στις 16 Ιουνίου 2020. Είναι ένα ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα framework CSS, για την ανάπτυξη ιστοσελίδων με δυνατότητα απόκρισης.

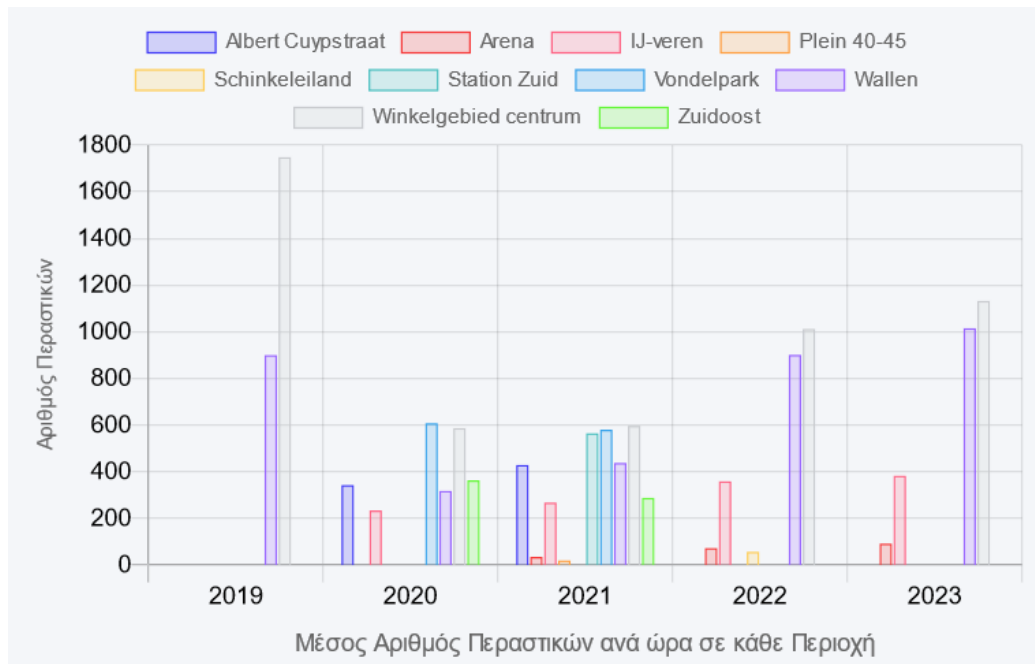
Το Bootstrap απλοποιεί την κωδικοποίηση. Προσφέρει διάφορα πρότυπα και προσαρμόσιμα στοιχεία, κάνοντας τις σελίδες προορισμού προσαρμοστικές στο κοινού στο οποίο απευθύνονται. Η ευανάγνωστη τεκμηρίωση του Bootstrap απλοποιεί τη σχεδίαση διεπαφής χρήστη και η συμβατότητα μεταξύ προγραμμάτων περιήγησης διασφαλίζει ότι η ιστοσελίδα είναι προσβάσιμη σε πολλά προγράμματα περιήγησης. Σημαντικό είναι ότι παρέχει τη δυνατότητα για δημιουργία ομοιόμορφων διεπαφών, ενώ έχει σημαντική προσαρμοστικότητα [77].

5.4.3 Βιβλιοθήκες από την πλευρά του χρήστη

Μία σημαντική συνεισφορά η οποία μπορεί να εξορθολογήσει την ανάπτυξη και να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα στην υλοποίηση της εφαρμογής είναι η ενσωμάτωση δημοφιλών βιβλιοθηκών όπως το D3.js ή το Chart.js. Οι συγκεκριμένες βιβλιοθήκες προσφέρουν ισχυρές δυνατότητες απεικόνισης για τη δημιουργία ελκυστικών και ενημερωτικών απεικονίσεων δεδομένων.

Chart.js

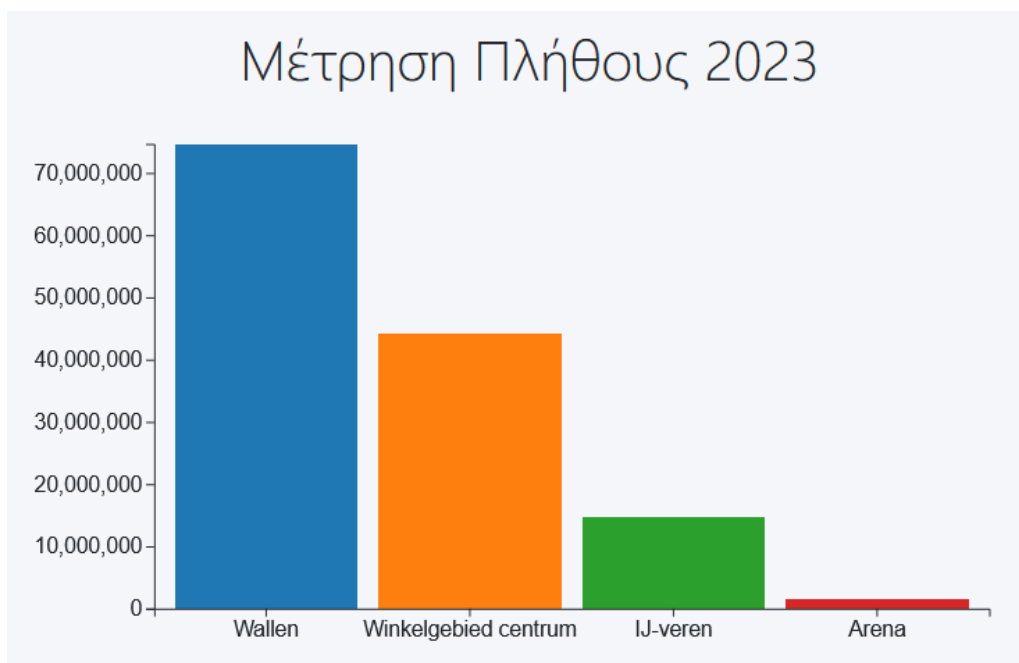
Στην υλοποίηση της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη, αν και είναι λιγότερο προσαρμόσιμη, πιο δημοφιλής βιβλιοθήκη γραφημάτων στο GitHub. Πρόκειται για μια δωρεάν βιβλιοθήκη JavaScript ανοιχτού κώδικα που υποστηρίζει οκτώ τύπους γραφημάτων (Ράβδων, Φυσαλίδων, Δακτυλίου και Πίτας, Γραμμής, Polar, Διασποράς, Περιοχής, Ραντάρ) για οπτικοποίηση δεδομένων (Εικόνα 12). Δημιουργήθηκε από τον προγραμματιστή ιστού Nick Downie με έδρα το Λονδίνο το 2013. Το Chart.js είναι ένα κορυφαίο πακέτο οπτικοποίησης δεδομένων για καμβά HTML5 και διατίθεται με την άδεια MIT [78] [79].



Εικόνα 12 Γράφημα με Χρήση της Βιβλιοθήκης Chart.js

D3.js

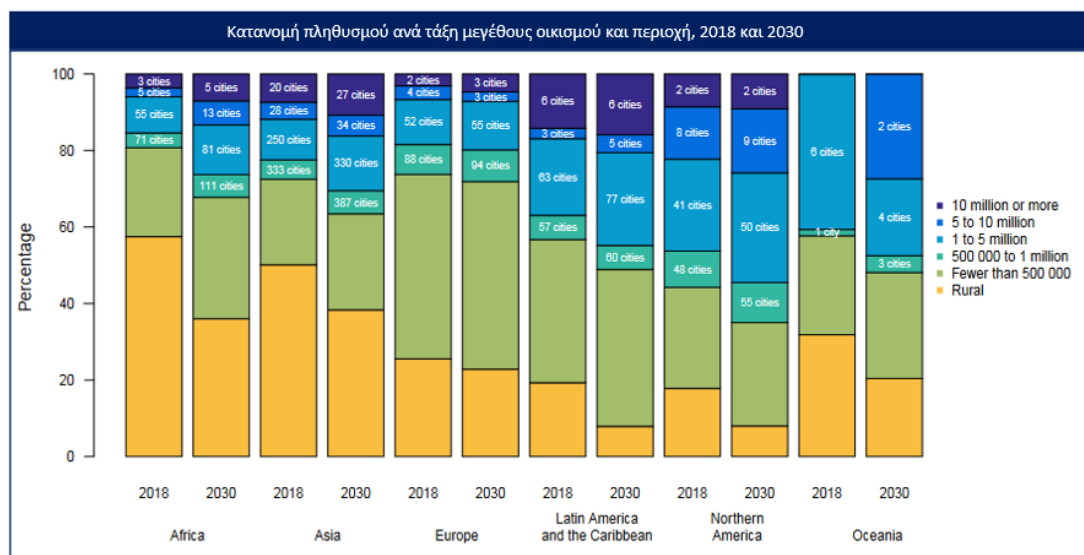
Μία άλλη απεικόνιση που περιλαμβάνεται στη πλατφόρμα έχει υλοποιηθεί με την χρήση της βιβλιοθήκης D3.js (Εικόνα 13). Πρόκειται για μια βιβλιοθήκη της JavaScript που διαχειρίζεται έγγραφα HTML με βάση δεδομένα, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να αποδίδουν ισχυρά γραφικά οπτικοποίησης, με δυναμικές και διαδραστικές απεικονίσεις δεδομένων, σε προγράμματα περιήγησης, χρησιμοποιώντας HTML, CSS και SVG. Δημιουργήθηκε από τον Mike Bostock το 2011. Η λέξη D3 είναι συντομογραφία του Data-Driven Documents. Το D3.js, μπορεί να ανακτήσει δεδομένα από διάφορους κόμβους ή διακομιστές Ιστού, να τα αναλύσει ή να χρησιμοποιήσει στατικά δεδομένα για επεξεργασία. Το D3.js υποστηρίζει διάφορα εργαλεία για τη δημιουργία γραφικών, από βασικούς δομημένους πίνακες μέχρι σύνθετη χαρτογράφηση GIS. Υποστηρίζει την διαχείριση μεγάλων συνόλων δεδομένων ενώ επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση κώδικα. Το D3.js υποστηρίζει μεταβάσεις και κινούμενα σχέδια, διαχειρίζεται σιωπηρά τη λογική και υποστηρίζει την αποκριτική απόδοση κινούμενων εικόνων. Υποστηρίζει επίσης χειρισμό DOM και διαχειρίζεται δυναμικά τις ιδιότητες των χειριστών του [80] [81].



Εικόνα 13 Γράφημα με Χρήση της Βιβλιοθήκης D3.js

6. Μελέτη περίπτωσης: Εφαρμογή και αξιολόγηση

Μία από τις κυρίαρχες προκλήσεις στη σύγχρονη αστικοποίηση είναι η ταχεία επέκταση των αστικών πληθυσμών [82]. Το φαινόμενο, τείνει να είναι παγκόσμιο, με τη Βόρεια Αμερική να έχει πάνω από το ήμισυ του πληθυσμού της, σε πόλεις με 500.000 ή περισσότερους κατοίκους, το 2018. Η Λατινική Αμερική και η Καραϊβική έχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού στις μεγάλες πόλεις. Η Αφρική και η Ασία αναμένεται να δουν αύξηση 57%, στις πόλεις με 500.000 ή περισσότερους κατοίκους, μεταξύ 2018 και 2030 [83] (Εικόνα 14).



Εικόνα 14 Κατανομή πληθυσμού ανά τάξη μεγέθους οικισμού και περιοχή, 2018 και 2030

Αυτή η ανάπτυξη οδήγησε τις πόλεις να αντιμετωπίσουν περίπλοκα προβλήματα, ιδιαίτερα στους τομείς της κινητικότητας και της προσβασιμότητας [11]. Ζητήματα όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, οι περιορισμένες δυνατότητες δημόσιας συγκοινωνίας και η ανεπαρκής υποδομή για τους πεζούς και τους ποδηλάτες γίνονται όλο και πιο διαδεδομένα. Αυτές οι προκλήσεις όχι μόνο επηρεάζουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων της πόλης, αλλά συμβάλλουν επίσης σε περιβαλλοντικές ανησυχίες, όπως η κλιμάκωση των εκπομπών CO₂.

Για την αντιμετώπιση αυτών των πολύπλευρων προβλημάτων, οι πόλεις πρέπει να χρησιμοποιούν πιο εξελιγμένες στρατηγικές για τη διαχείριση της κινητικότητας και της προσβασιμότητας. Στο πλαίσιο αυτό, η ταχεία πρόοδος των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη λύση. Οι κάτοικοι των αστικών περιοχών βασίζονται όλο και περισσότερο στις ΤΠΕ για να

πλοηγηθούν στην καθημερινή τους ζωή, χρησιμοποιώντας ψηφιακά εργαλεία για τον σχεδιασμό διαδρομών, την πρόσβαση στις υπηρεσίες μεταφοράς και την επαφή με τις κοινότητές τους.

Αναγνωρίζοντας τις δυνατότητες και τη σημασία των ΤΠΕ για την ενίσχυση της αστικής κινητικότητας και της προσβασιμότητας, πολλές κυβερνήσεις έχουν αρχίσει να ενσωματώνουν διάφορες τεχνολογίες στις στρατηγικές αστικού σχεδιασμού και διαχείρισης. Από την παρακολούθηση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο έως τα ευφυή συστήματα δημόσιων μεταφορών, οι εξειδικευμένες ΤΠΕ θεωρούνται ζωτικά μέσα για τις πόλεις για τη βελτιστοποίηση της κινητικότητας, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τη βελτίωση της συνολικής ποιότητας ζωής των πολιτών τους. Αξιοποιώντας αυτές τις τεχνολογίες, οι κυβερνήσεις στοχεύουν να δημιουργήσουν πιο προσιτά, αποτελεσματικά και βιώσιμα αστικά περιβάλλοντα.

6.1 Πρωτοβουλία έξυπνης πόλης του Άμστερνταμ: Ένα μοντέλο αστικής καινοτομίας

Το Άμστερνταμ, γνωστό για την προοδευτική αστική του ανάπτυξη, χρησιμεύει ως πρωταρχικό παράδειγμα μιας έξυπνης πόλης. Με ισχυρή δέσμευση για βιωσιμότητα, καινοτομία και ευημερία των πολιτών, το Άμστερνταμ έχει αγκαλιάσει την τεχνολογία για την ενίσχυση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας στο αστικό του τοπίο. Η πρωτοβουλία έξυπνης πόλης της πόλης χαρακτηρίζεται από μια ολιστική προσέγγιση που ενσωματώνει διάφορες πτυχές της αστικής ζωής, από τις μεταφορές και την ενεργειακή απόδοση έως την κοινωνική ένταξη και τη συμμετοχή της κοινότητας.

Μία σημαντική καινοτομία του δήμου του Άμστερνταμ που αποδεικνύει την κουλτούρα της πόλης στοχεύοντας στην καινοτομία, είναι το πρόγραμμα Amsterdam Smart City (ASC), μια συνεργασία μεταξύ του δήμου, των ιδρυμάτων γνώσης, των εταιρειών και των πολιτών, επικεντρώνεται στην ανάπτυξη λύσεων που δεν είναι μόνο τεχνολογικά προηγμένες αλλά και κοινωνικά υπεύθυνες [Amsterdam Smart City; <https://amsterdamsmartcity.com/>, πρόσβαση 17/08/23]. Αξιοποιώντας πληροφορίες που βασίζονται σε δεδομένα, η πόλη κατάφερε να δημιουργήσει έξυπνα συστήματα μεταφορών, να βελτιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειας, να βελτιώσει τις δημόσιες υπηρεσίες και να προωθήσει ένα πιο περιεκτικό και προσβάσιμο αστικό περιβάλλον.

Αξιολογώντας λοιπόν το τρόπο λειτουργίας της πόλης, στη συγκέντρωση και την διάθεση των δεδομένων, επιλέχθηκε να αναζητηθούν δεδομένα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν από την διαδραστική πλατφόρμα μέσω των υπηρεσιών API που είναι διαθέσιμες.

6.2 Συλλογή και ενοποίηση δεδομένων

Στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας έξυπνης πόλης του Άμστερνταμ, χρησιμοποιήθηκε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη συλλογή και ενσωμάτωση δεδομένων για τη δημιουργία μιας διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας. Αξιοποιήθηκαν δεδομένα που παράγονται από τον δήμο του Άμστερνταμ και παρέχονται στη διεύθυνση <https://api.data.amsterdam.nl/v1/docs/index.html>. Πρόκειται για μία πλήρη τεκμηρίωση διαφόρων κατηγοριών API που σχετίζονται με τις υπηρεσίες της πόλης του Άμστερνταμ. Οι υπηρεσίες API παρέχονται από το DataPunt, γραφείο του τμήματος Έρευνας, Πληροφοριών και Στατιστικής (OIS) του Δήμου του Άμστερνταμ. Υποστηρίζονται διάφοροι τύποι συνδέσεων, όπως REST API, συνδέσεις WFS/MVT και εξαγωγές πλήρους CSV, JSON και GeoJSON. Αυτό επιτρέπει σε διαφορετικούς προγραμματιστές, όπως προγραμματιστές εφαρμογών για κινητά ή επαγγελματίες GIS, να χρησιμοποιούν τα δεδομένα με διάφορους τρόπους.

Τα σύνολα δεδομένων που είναι διαθέσιμα σχετίζονται με διαφορετικές πτυχές της πόλης, όπως:

- *Κατανάλωση Ενέργειας.*
- *Διαχείριση απορριμμάτων* (δεδομένα για τη συλλογή και διάθεση απορριμμάτων).
- *Διαχείριση ακινήτων και γης* (στοιχεία για ακίνητα, δικαιώματα γης και πληροφορίες κτηματογράφησης).
- *Περιβαλλοντικούς κανονισμούς και κανονισμούς ασφάλειας* (περιβαλλοντικές ζώνες, περιοχές κινδύνου και κανονισμούς ασφαλείας).
- *Μεταφορές* (Δεδομένα που σχετίζονται με δρόμους, ποδηλατόδρομους, δημόσια μέσα μεταφοράς και χώρους στάθμευσης).
- *Υγεία και Δημόσιες Υπηρεσίες* (πληροφορίες για εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, σχολεία, δημόσιους χώρους και υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης).
- *Τουρισμός και αναψυχή* (Λεπτομέρειες σχετικά με τουριστικά αξιοθέατα, χώρους αναψυχής και πολιτιστικούς χώρους).

- *Επιχειρήσεις και οικονομία*: Πληροφορίες για επιχειρήσεις, επενδύσεις και οικονομικές ζώνες.
- *Νομικές και κυβερνητικές*: Πληροφορίες σχετικά με νόμους, κανονισμούς, άδειες και κυβερνητικές δομές.

Από τις αναλυτικές λεπτομέρειες σχετικά με τον τρόπο πρόσβασης και χρήσης διαφόρων συνόλων δεδομένων και υπηρεσιών που σχετίζονται με την πόλη του Άμστερνταμ σε συνδυασμός με το ευρύ φάσμα θεμάτων που καλύπτεται η πλατφόρμα εμπλουτίστηκε με τα ακόλουθα σύνολα δεδομένων:

Μοτίβα κυκλοφορίας: Καταγράφηκαν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη ροή της κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένων λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με τα επίπεδα συμφόρησης, την κίνηση οχημάτων και τη χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών. Τα δεδομένα αυτά επέτρεψαν τη δυναμική ανάλυση της αποδοτικότητας των μεταφορών και τον εντοπισμό σημείων συμφόρησης στο δίκτυο μεταφορών της πόλης.

Κινητικότητα πεζών: Μια λεπτή κατανόηση των κινήσεων των πεζών επιτεύχθηκε μέσω δεδομένων σχετικά με την προσβασιμότητα των πεζοδρόμων, τη χρήση των δημόσιων χώρων και τα πρότυπα κυκλοφορίας των πεζών. Αυτές οι πληροφορίες διευκόλυναν το σχεδιασμό πιο φιλικών προς τους πεζούς αστικών περιβαλλόντων και υποστήριξαν πρωτοβουλίες για την ενθάρρυνση του περπατήματος ως τρόπου μεταφοράς.

Χαρακτηριστικά προσβασιμότητας: Συλλέχθηκαν αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τις υποδομές που σχετίζονται με την προσβασιμότητα, μέσω της διεύθυνσης <https://data.amsterdam.nl/datasets/7hGzsRXqWSGqHw/loop-en-fietsnetwerk-amsterdam/>. Τα δεδομένα που παρέχονται περιλαμβάνουν δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας για πεζούς και ποδηλάτες, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών για γέφυρες, σήραγγες, λωρίδες δημόσιας συγκοινωνίας, όρια ταχύτητας και άλλα.. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο αστικό σχεδιασμό και να χρησιμοποιηθεί από πολεοδόμους, προγραμματιστές, ερευνητές και επαγγελματίες GIS για την ανάλυση και τη βελτίωση της υποδομής πεζοπορίας και ποδηλασίας εντός του Άμστερνταμ.

6.3 Ανάπτυξη πλατφόρμας

Οι πλατφόρμες οπτικοποίησης δεδομένων συνήθως αναπτύσσονται σε τρία επίπεδα. Πρόκειται για το επίπεδο των δεδομένων, το επίπεδο της επεξεργασίας και ανάλυσης και το επίπεδο της παρουσίασης.

Επίπεδο δεδομένων

Σε αυτό το πλαίσιο συλλέγονται τα δεδομένα μέσω των οποίων θα δημιουργηθεί η πληροφορία που θα οπτικοποιηθεί. Πρόκειται για θεμελιώδες επίπεδο σε οποιασδήποτε δομή έξυπνης πόλης. Αποτελείται από στοιχεία όπως αισθητήρες, έξυπνες συσκευές, οχήματα και ενεργοποιητές. Ουσιαστικά εδώ δημιουργούνται τα δεδομένα, συλλέγονται και διαδίδονται συνήθως σε πραγματικό χρόνο, με διάφορες λειτουργίες, εντός του δικτύου που συνάπτουν.

Με βάση αυτή τη λογική αναζητήθηκε παρόμοια δομή σε πόλεις της χώρας μας που θα μπορούσε να ανταποκριθεί σε προαναφερόμενες προδιαγραφές. Στην παρούσα φάση η χώρα μας βρίσκεται σε μεταβατική περίοδο, στην οποία δημιουργούνται υποδομές προς αυτή τη κατεύθυνση. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκαν δεδομένα που θα έχουν συλλεχθεί από διάφορες συσκευές σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έτσι επιλέχθηκαν δεδομένα που παρέχει η πόλη του Άμστερνταμ. Τα δεδομένα αυτά είναι ανοικτά, η πρόσβαση είναι δωρεάν και η άντλησή τους μπορεί να γίνει μέσω της τεχνολογίας API και όπου είναι δυνατό και σε πραγματικό χρόνο.

Πιο συγκεκριμένα, η πόλη του Άμστερνταμ, όπως ήδη έχει αναφερθεί, διαθέτει ανοικτά και δωρεάν, πληθώρα συνόλων δεδομένων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικιλοτρόπως, για διάφορες εφαρμογές σχετικές με τη μελέτη της κινητικότητας αλλά και της προσβασιμότητας στη πόλη.

Για τις ανάγκες της εφαρμογής επιλέχθηκαν σύνολα δεδομένων που μπορούν να περιγράψουν τη συγκέντρωση πλήθους, γεωχωρικά δεδομένα, υπηρεσίες που προσφέρονται στη πόλη και τοποθεσίες.

`smartcity/dataset.csv`

Το σύνολο δεδομένων αφορά τη παρακολούθηση πλήθους στο Άμστερνταμ. Περιέχει δεδομένα σχετικά με τα επίπεδα πλήθους και τις ροές πεζών σε διαφορετικές τοποθεσίες στο Άμστερνταμ. Επιπλέον περιέχει στοιχεία που αφορούν τη θέση

αισθητήρων και αλλά τη συγκέντρωση πλήθους ανά ώρα, ημέρα και εβδομάδα. Η ανάκτηση των δεδομένων μπορεί να γίνει μέσω του API:

<https://api.data.amsterdam.nl/v1/crowdmonitor/crowdmonitor/? format=csv>

gebieden-wijken.csv

Το σύνολο δεδομένων "gebieden-wijken" αποτελεί μέρος της κατηγορίας gebieden (περιοχές) του Amsterdam DataPunt API και αφορά τις γεωγραφικές περιοχές που ορίζονται από τον Δήμο του Άμστερνταμ. Περιέχει πληροφορίες για το όνομα, τον τύπο, τον κωδικό, τη γεωμετρία και την εγκυρότητα διαφορετικών τύπων περιοχών, όπως συνοικίες, γειτονιές, δήμους ή ταχυδρομικούς κώδικες. Η πρόσβαση στα δεδομένα είναι δυνατή μέσω του API:

<https://api.data.amsterdam.nl/v1/gebieden/wijken/? format=csv>

datasets/areas_crowd_sens_df.csv

Το συγκριμένο σύνολο δεδομένων προέρχεται από την επεξεργασία δύο συνόλων δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα από το σύνολο δεδομένων "dataset.csv" και από σύνολο δεδομένων "gebieden-wijken.csv". Το σύνολο που έχει προκύψει περιγράφει τη συγκέντρωση πλήθους ανά περιοχή της πόλης του Άμστερνταμ.

osm_platform.csv, osm_platform.csv, osm_platform.csv

Πρόκειται για υποσύνολα ενός γενικού συνόλου δεδομένων που αφορά δίκτυα αναλύσεων χωρικών δικτύων στο Δήμο του Άμστερνταμ όπως ποδηλάτων, πεζοπορίας και άλλων κατηγοριών, γραμμές άξονα δρόμων, μονοπατιών και διασταυρώσεων, και σημεία ενδιαφέροντος του δικτύου με τις κύριες διευθύνσεις των διευθυνσιοδοτούμενων αντικειμένων που σχετίζονται με τα σημεία ενδιαφέροντος. Γενικά περιέχει πληροφορίες σχετικά με τη θέση, τον τύπο, το μήκος και τη γεωμετρία των διαφόρων κατηγοριών δρόμων και σημείων ενδιαφέροντος στην πόλη. Τα δεδομένα μπορεί να ανακτηθούν μέσω των API:

<https://api.data.amsterdam.nl/v1/loopfietsnetwork/edges/? format=csv>

https://api.data.amsterdam.nl/v1/loopfietsnetwork/nodes_poi/? format=csv

https://api.data.amsterdam.nl/v1/loopfietsnetwork/poi_adressen/? format=csv

horeca_data.csv

Οι διάφορες υπηρεσίες που προσφέρονται από τους κλάδους των Ξενοδοχείων και της Εστίασης, στη πόλη του Άμστερνταμ, περιγράφονται σε αυτό το σύνολο

δεδομένων (HORECA). Περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις άδειες λειτουργίας μιας εγκατάστασης HORECA, όπως το όνομα, τη διεύθυνση, την κατηγορία, τις προδιαγραφές, τις ώρες λειτουργίας, την τοποθεσία, τη γεωμετρία της ταράτσας και την κατάσταση της άδειας. Τα δεδομένα μπορεί να αναγνωστούν μέσω του API:

https://api.data.amsterdam.nl/v1/horeca/exploitatievergunning/?_format=csv

Επίπεδο επεξεργασίας και ανάλυσης

Στο ενδιαμέσο επίπεδο, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τεχνικές επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων για την αξιολόγηση της των ενοποιημένων δεδομένων, όπου αξιολογείται η αξία τους πριν σταλούν στο επίπεδο εμφάνισης. Η υλοποίηση των τεχνικών αυτών όπως έχει ήδη αναφερθεί πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του εργαλείου Jupyter Notebook.

Η πρώτη εργασία που πραγματοποιήθηκε πάνω σε όλα τα σύνολα των δεδομένων ήταν η αφαίρεση ή διόρθωση ασυνεπειών, όπως χειρισμός των τιμών που λείπουν και η εξάλειψη διπλότυπων εγγραφών. Συγκεκριμένα σε όλα τα σύνολα δεδομένων αναζητήθηκαν και διαγράφηκαν εγγραφές που περιείχαν κενά στις στήλες που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν στις οπτικοποιήσεις που θα δημιουργούνται. Επιπλέον αναζητήθηκαν και διαγράφηκαν οι διπλότυπες εγγραφές. Εξαίρεση αποτέλεσε το σύνολο dataset.csv. Αυτό συνέβη διότι στο συγκεκριμένο σύνολο περιέχονται κενά σε δύο σημαντικές στήλες του που αναφέρονται σε Περιοχές του Άμστερνταμ και σε Γεωμετρίες. Αναπτύχθηκε λοιπόν ο ακόλουθος κώδικας ο οποίος συμπληρώνει τις τιμές που λείπουν στις δύο στήλες.

```
# Ανάκτηση του συνόλου δεδομένων με χρήση API
url = 'https://api.data.amsterdam.nl/v1/crowdmonitor/    passanten/
?_format=csv'

data = pd.read_csv(url)

# Φιλτράρισμα των δεδομένων υπό την συνθήκη data['Periode'] == 'uur'
uur_data = data[data['Periode'] == 'uur']

# Δημιουργία μια αντιστοίχισης για τη στήλη "Sensor"
# Δημιουργία λεξικών της στήλης "Sensor" και των αντίστοιχων τιμών
των στηλών "Geometrie" και "Gebied" υπό την συνθήκη "Periode" ==
'uur'
```

```
geometrie_mapping = data[data['Periode'] == 'uur'].  
set_index('Sensor')['Geometrie'].to_dict()  
  
gebied_mapping = data[data['Periode'] == 'uur'].  
set_index('Sensor')['Gebied'].to_dict()  
  
# Συμπλήρωση των κενών βάσει των αντιστοιχιών για τις τιμές "dag"  
and "week" της στήλης. Δημιουργείται συνάρτηση η οποία θα συμπληρώνει  
τα κενά στις στήλες "Geometrie" και "Gebied" ανάλογα με τις τιμές της  
στήλης "Sensor"  
  
def fill_values(row):  
    if row['Periode'] in ['dag', 'week']:  
        if pd.isnull(row['Geometrie']):  
            row['Geometrie'] = geometrie_mapping.get(row['Sensor'])  
        if pd.isnull(row['Gebied']):  
            row['Gebied'] = gebied_mapping.get(row['Sensor'])  
    return row  
  
# Εφαρμογή της συνάρτησης fill_values(row) στο dataframe  
data = data.apply(fill_values, axis=1)  
  
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μετασχηματισμός των δεδομένων. Παρατηρήθηκε  
ότι σε όλα τα σετ των δεδομένων που περιλάμβαναν γεωχωρικά στοιχεία, ήταν  
αποτυπωμένα στο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων (CRS) EPSG:28992. Η  
Ολλανδία χρησιμοποιεί το προαναφερόμενο σύστημα αναφοράς και κατά συνέπεια τα  
σύνολα δεδομένων που διαθέτει ο δήμος του Άμστερνταμ είναι σε αυτή τη μορφή.  
Κατά συνέπεια αναπτύχθηκε κώδικας που θα μετατρέπει συντεταγμένες με CRS  
EPSG:28992 σε συνταγμένες με CRS EPSG: 4326.  
  
# Function to extract WKT and convert to Shapely geometry  
  
def convert_geometry(value):  
    wkt_str = value.split(";")[1]  
    geometry = loads(wkt_str)  
    return geometry  
  
# Apply the function to the 'Geometrie' column  
df['Geometrie'] = df['Geometrie'].apply(convert_geometry)  
  
# Convert the DataFrame to a GeoDataFrame
```

```
geoJSON_df1 = gpd.GeoDataFrame(df, geometry='Geometrie')  
  
# Transform from the system EPSG:28992 to global system EPSG:4326  
  
geoJSON_df1.crs = "EPSG:28992"  
  
geoJSON_df1 = geoJSON_df1.to_crs("EPSG:4326")
```

Ο μετασχηματισμός που έγινε, βασίστηκε στο γεγονός ότι, στις περισσότερες των περιπτώσεων οι συντεταγμένες αναφέρονται στο παγκοσμίως αναγνωρισμένο σύστημα EPSG:4326, επομένως εξασφαλίζεται η ενσωμάτωση ή η σύγκριση με τις συντεταγμένες που αναφέρονται στο σύστημα EPSG:28992.

Μία άλλη διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ο συνδυασμός δεδομένων από πολλαπλές πηγές και συγκριμένα από δεδομένα που είχαν ανακτηθεί μέσω API και αφορούσαν τα σύνολα "dataset.csv" και από σύνολο δεδομένων "gebieden-wijken.csv". Ειδικότερα εξετάστηκε και υλοποιήθηκε η δυνατότητα της συγκέντρωσης πλήθους ανά περιοχή στη πόλη του Άμστερνταμ ανά εβδομάδα. Αρχικά εμπλουτίστηκε το σύνολο δεδομένων "dataset.csv" με πρόσθετα χαρακτηριστικά, χρησιμοποιώντας την ιδιότητα της στήλης "Datumuur" να αναφέρεται σε ημερομηνίες. Έτσι προστέθηκαν οι στήλες "Year", "Month", "Date" και "Hour", μέσω του κώδικα εκμεταλλευόμενοι τη μέθοδο to_datetime() του Pandas:

```
# Μετατροπή της στήλης "Datumuur" σε datetime object  
  
data['Datumuur'] = pd.to_datetime(data['Datumuur'])  
  
# Εξαγωγή των 'Year', 'Month', 'Date' και 'Hour' και δημιουργία νέων  
# στηλών  
  
data['Year'] = data['Datumuur'].dt.year  
  
data['Month'] = data['Datumuur'].dt.month  
  
data['Week'] = data['Datumuur'].dt.week  
  
data['Date'] = data['Datumuur'].dt.day  
  
data['Hour'] = data['Datumuur'].dt.hour
```

Σκοπός ήταν να εμπλουτιστεί το σύνολο δεδομένων με τις αντίστοιχες στήλες, οι τιμές των οποίων θα βοηθούσαν στην οπτικοποίηση ανά έτος, ώρα, ημερομηνία κ.λ.π.

Ακολούθως αναπτύχθηκε κώδικας ο οποίος αθροίζει το σύνολο των περαστικών ανά αισθητήρα της ίδιας περιοχής συνδυάζοντας τις συντεταγμένες σημείου των

αισθητήρων με τη συνθήκη να ανήκουν στις συντεταγμένες πολυγώνου μίας περιοχής της πόλης του Άμστερνταμ:

```
# Read the CSV file into a DataFrame
geoJSON_dfl['Aantalpassanten'] = 0

# Ομαδοποίηση του φιλτραρισμένου dataframe ανά έτος, με βάση τη στήλη
"Geometrie" και υπολογισμός των μέσων όρων.
grouped = data[data['Year']==year].groupby('Geometrie')
numeric_cols = ['Aantalpassanten']
grouped_passer_by_geometry=grouped.mean(numeric_only=True)

# Εξαγωγή των γεωμετριών από τη στήλη "Geometrie".
grouped_passer_by_geometry['Geometrie'] =
grouped_passer_by_geometry['Geometrie'].apply(convert_geometry)

# Μετατροπή του dataframe "grouped_passer_by_geometry" σε ένα
geoPandas dataframe.
gdf = gpd.GeoDataFrame(grouped_passer_by_geometry, geometry=
'Aantalpassanten')

# Μετατροπή από το CRS "EPSG:28992" στο CRS "EPSG: 4326"
gdf.crs = "EPSG:28992"
gdf = gdf.to_crs("EPSG:4326")

# Εύρεση των σημείων που εμπίπτουν σε κάθε πολύγωνο
joined_data = sjoin(gdf, geoJSON_dfl, how='inner', op='within')

# Ομαδοποίηση με βάση το ευρείτηριο των πολυγώνων και άθροισμα των
τιμών της στήλης "Aantalpassanten" για κάθε ομάδα
passers_sum = joined_data.groupby('index_right')
['Aantalpassanten_left'].sum()

# Στρογγυλοποίηση της στήλης "Aantalpassanten" σε ακέραιο
passers_sum = np.floor(passers_sum)

# Ενημέρωση της στήλης "Aantalpassanten" με τα αθροίσματα
geoJSON_dfl.loc[passers_sum.index, 'Aantalpassanten'] =
passers_sum.values
```

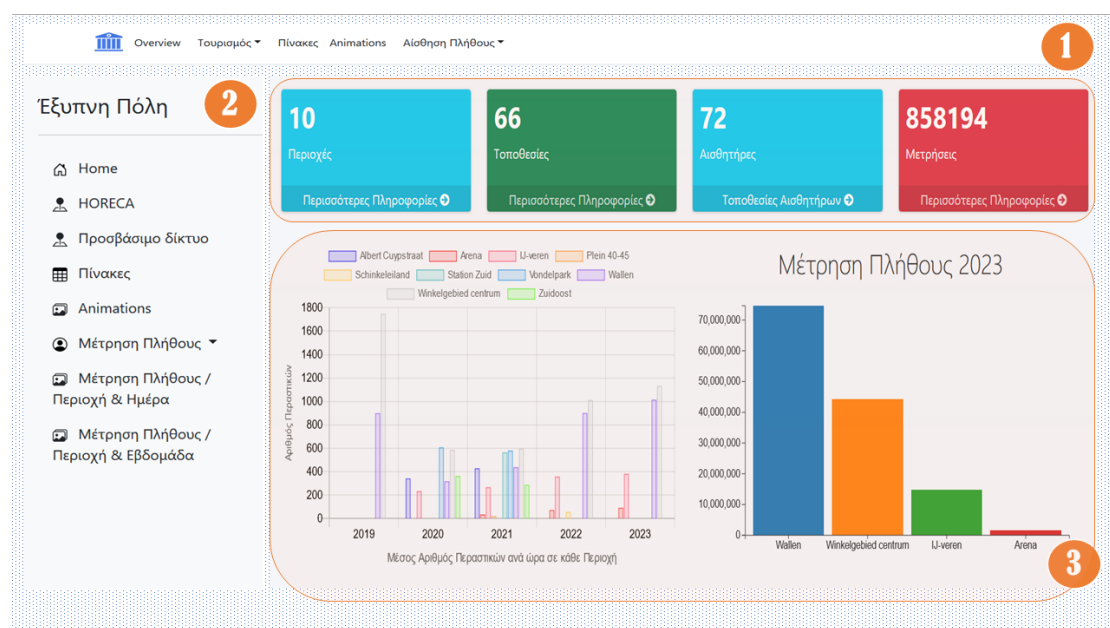
Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών καθαρισμού και μετασχηματισμού των δεδομένων, αποθηκεύονται σε μορφότυπο αρχείου csv, στο χώρο του συνόλου

δεδομένων της εφαρμογής. Τα δεδομένων με στη νέα τους μορφή επιδέχονται ανάλυσης προσδιορίζοντας ανά περίπτωση τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία γραφημάτων, χαρτών και άλλων απεικονίσεων για την αναπαράσταση των ευρημάτων με τρόπο εύκολο να ερμηνεία και στη κατανόηση.

Επίπεδο εμφάνισης.

Με τη ολοκλήρωση της επεξεργασίας και της ανάλυσης, ακολουθεί η διαδικασία των οπτικοποιήσεων δηλαδή της προβολής των πληροφοριών που μπορούν να δημιουργηθούν από τα τελικά σύνολα δεδομένων. Σκοπός η αποτύπωση μίας ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης της πόλης, όπου είναι εφικτό, σε πραγματικό χρόνο, η οποία θα ενισχύσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ κατοίκων, παρόχων αστικών υπηρεσιών και αρχών της πόλης. Η πρόσβαση στη διαδραστική πλατφόρμα μπορεί να επιτευχθεί μέσω κάποιου φυλλομετρητή (Mozilla, Chrome, Edge κ.λ.π.) στη διεύθυνση <http://askouloudakis.pythonanywhere.com/smartcity/#>.

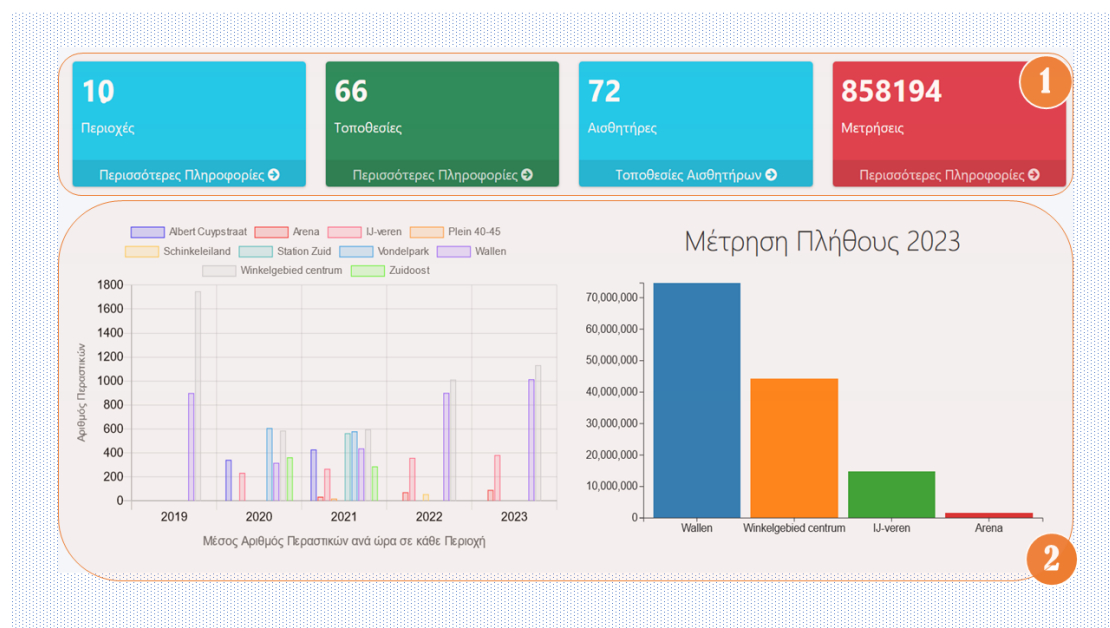
Η πλατφόρμα που δημιουργήθηκε, δίνει την εντύπωση ότι ο χρήστης περιηγείται σε μία σελίδα (Εικόνα 15). Η σελίδα αυτή διαιρείται σε τρεις περιοχές. Συγκεκριμένα η εμφανίζεται να έχει δύο menu ένα οριζόντιο (Εικόνα 15.1) και ένα κάθετο (Εικόνα 15.2) ενώ υπάρχει και μία τρίτη περιοχή αυτή των οπτικοποιήσεων (Εικόνα 15.3).



Εικόνα 15 Υλοποιημένο Μοντέλο Διαδραστικής Πλατφόρμας για τη Κινητικότητα και Προσβασιμότητα

Η αναγκαιότητα των δύο menu, προκύπτει από την προσέγγιση των δυνατοτήτων της διαδραστικής πλατφόρμας. Αυτό έχει να κάνει με την πρόβλεψη υποστήριξης ξεχωριστών σελίδων χωρίς της ανάγκη ύπαρξης του κάθετου menu. Μέσω αυτού ο χρήστης θα μπορεί να περιηγηθεί στη πλατφόρμα χωρίς πρόβλημα. Στο κάθετο menu ουσιαστικά γίνεται η περιήγηση στις διάφορες απεικονίσεις που έχουν δημιουργηθεί για να αποδοθούν στους ενδιαφερόμενους πληροφορίες που εξάγονται από τα διαθέσιμα δεδομένα.

Στη περιοχή των οπτικοποιήσεων εφαρμόζεται ένας διαχωρισμός γραμμών και στηλών. Στο τμήμα αυτό διακρίνονται δύο γραμμές (Εικόνα 16). Στη πρώτη γραμμή (Εικόνα 16.1), παρουσιάζεται μία ενότητα πληροφοριών στην οποία διακρίνονται τέσσερα επιμέρους τμήματα. Το καθένα προορίζεται να περιέχει πληροφορίες ανάλογα με το θέμα που επιλέγει ο χρήστης. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση, οι πληροφορίες αναφέρονται στο θέμα της μέτρησης πλήθους.

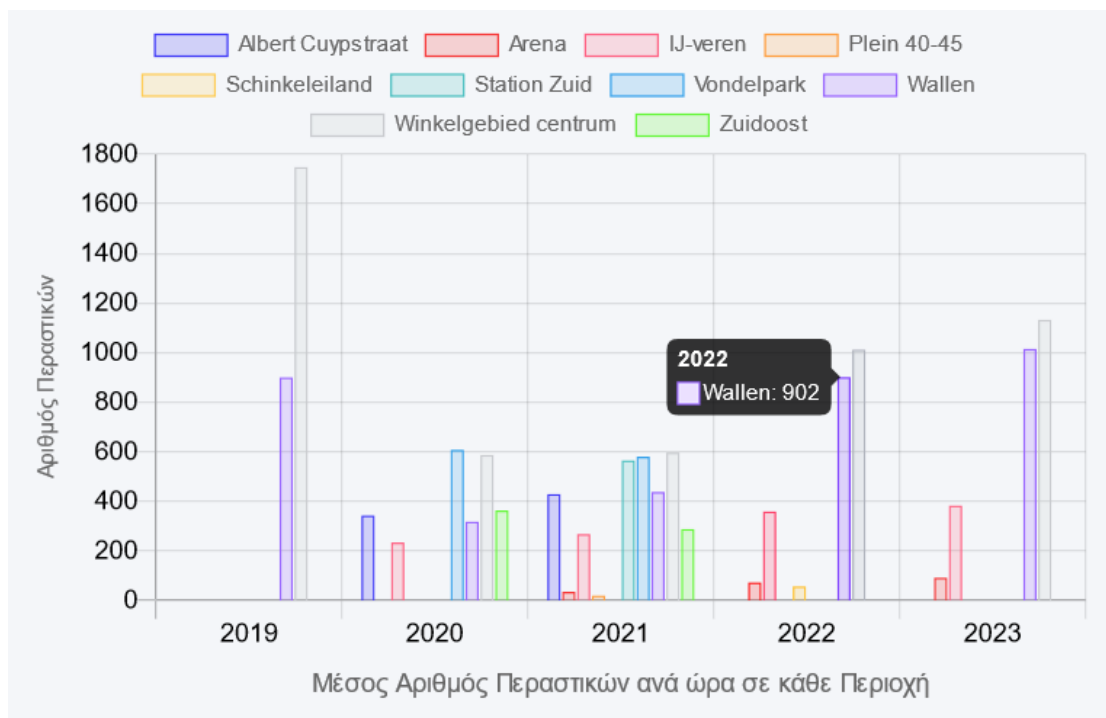


Εικόνα 16 Κεντρική Σελίδα Οπτικοποίησης της Διαδραστικής Πλατφόρμας

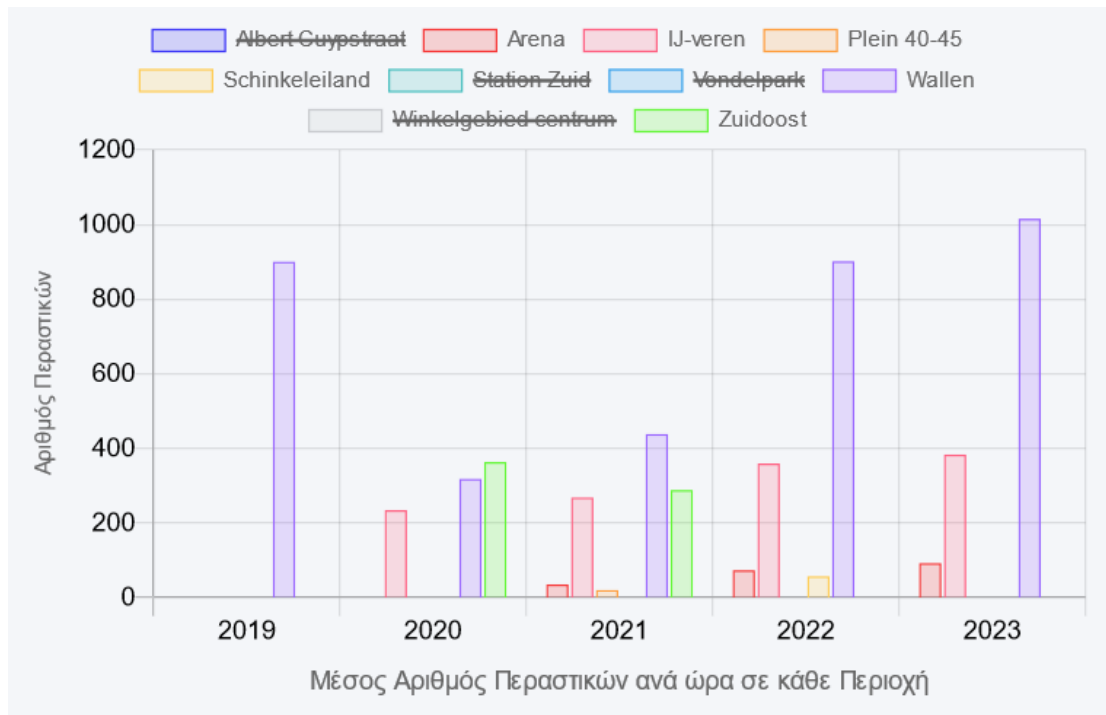
Αναλυτικότερα έχουν αναπτυχθεί κείμενα και οπτικοποιήσεις σχετικές με τη υποδομή και τις περιοχές που πραγματοποιείται η μέτρηση πλήθους. Ο ενδιαφερόμενος μπορεί να πληροφορηθεί σε ποιες περιοχές υπάρχουν αισθητήρες και να αντλήσει γενικές πληροφορίες για αυτές. Επιπλέον με την αποτύπωση σε χάρτη μπορεί να αναζητήσει τη θέση αισθητήρων και να αντλήσει πληροφορίες για αυτούς.

Στη δεύτερη ενότητα της κύριας περιοχής οπτικοποίησης (Εικόνα 16.2) παρουσιάζονται δύο γραφήματα που έχουν υλοποιηθεί με τις βιβλιοθήκες της Javascript, D3.js και Graph.js. Και στις δύο περιπτώσεις επιδιώκεται η αλληλεπίδραση με το χρήστη, γεγονός που επιτυγχάνεται από τις ιδιαίτερες δυνατότητες που προσφέρουν προς αυτή τη κατεύθυνση οι συγκεκριμένες βιβλιοθήκες.

Στο πρώτο ιστόγραμμα, παρουσιάζεται η μέτρηση του μέσου όρου των περαστικών ανά περιοχή την ώρα για κάθε έτος για το οποίο διατηρούνται και διατίθενται στοιχεία. Ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει το ποντίκι του σε κάθε μπάρα και να πληροφορηθεί, σχετικά με τα μεγέθη των περαστικών σε κάθε περιοχή (Εικόνα 17). Επιπλέον δύναται να απενεργοποιήσει περιοχές (Εικόνα 18) εστιάζοντας την προσοχή του σε μία ή περισσότερες επιλογές, στοχεύοντας στην εξαγωγή συμπερασμάτων από τη μέτρηση πλήθους.

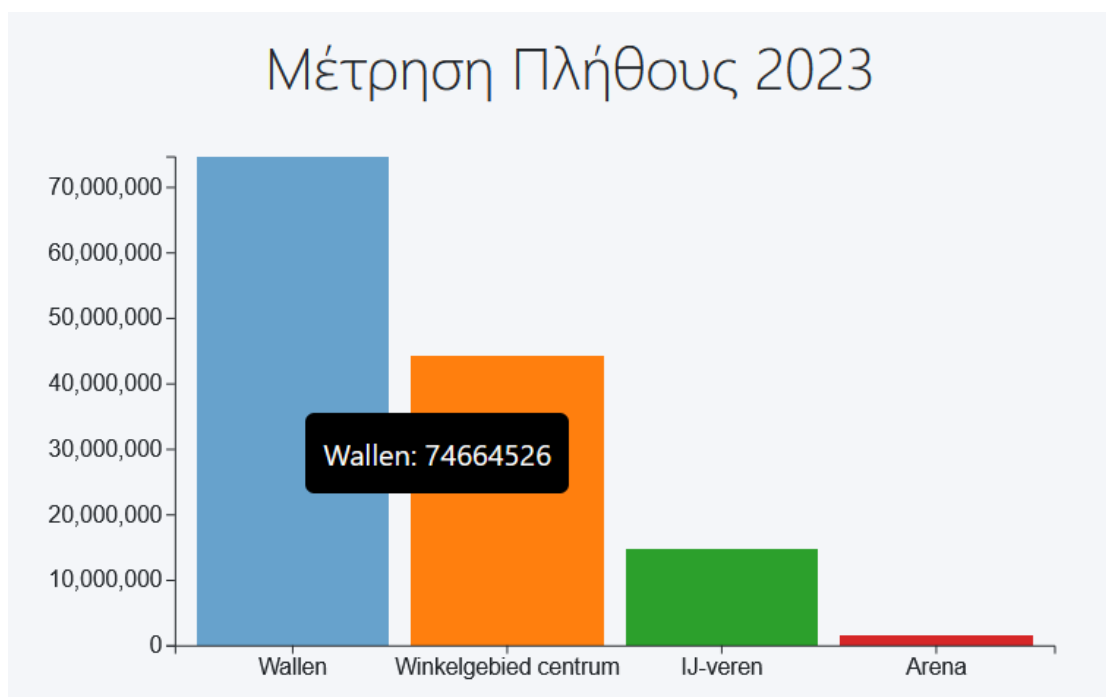


Εικόνα 17 Οπτικοποίηση του Μέσου Όρου της Συγκέντρωσης Πλήθους ανά Ώρα



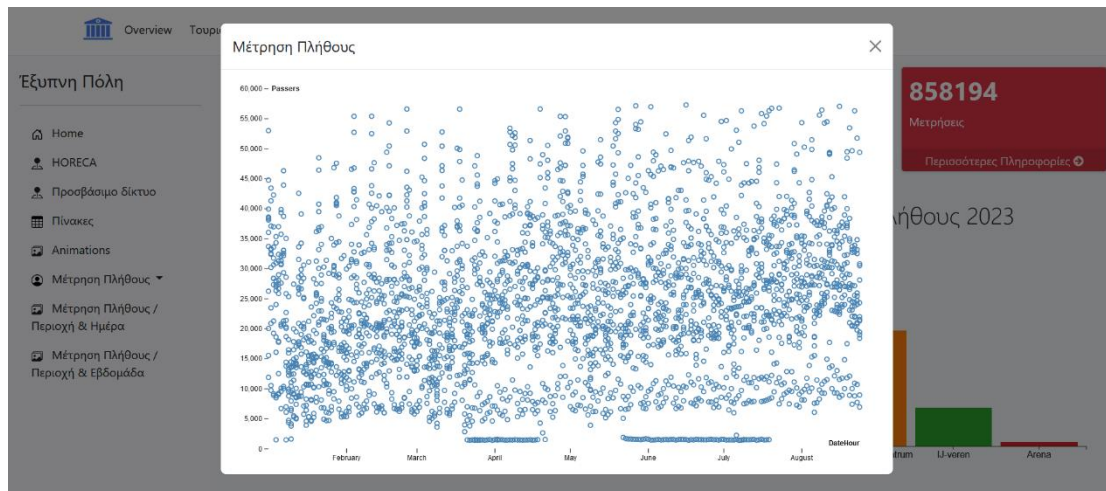
Εικόνα 18 Οπτικοποίηση Πληροφορίας μέσω της Ενεργοποίησης και Απενεργοποίησης Περιοχών

Στο δεύτερη στήλη, παρουσιάζεται διαδραστικό γράφημα σχεδιασμένο με τη βιβλιοθήκη D3.js, το οποίο περιγράφει τη μετακίνηση των ατόμων. Ο ενδιαφερόμενος, μπορεί αρχικά να αποκτήσει μία γενική εικόνα για την συγκέντρωση τους πλήθους. Μετακινώντας το ποντίκι του να αντλήσει συγκεκριμένη πληροφορία για τον ακριβή συνολικό αριθμό των μετακινούμενων το τρέχον έτος (Εικόνα 19).



Εικόνα 19 Οπτικοποίηση Συγκέντρωσης Πλήθους με Χρήση της Βιβλιοθήκης D3.js

Μια επιπλέον δυνατότητα που παρέχει το προαναφερόμενο διάγραμμα είναι η εμφάνιση γραφήματος ανά ημέρα για το τρέχον έτος. Ο χρήστης επιλέγοντας κάποια από τις περιοχές του ιστογράμματος οπτικοποιούνται οι μετρήσεις των αισθητήρων σε σχετικό γράφημα σημείων (Εικόνα 20). Το γράφημα αυτό αποτυπώνει τις δυνατότητες των οπτικοποιήσεων και των πληροφοριών που μπορούν να εξαχθούν σε συνέχεια της επεξεργασίας και της ανάλυσης των ακατέργαστων δεδομένων.



Εικόνα 20 Σημειογραφία Μετακίνησης Πλήθους Τρέχοντος Έτους

Για την προαναφερόμενες οπτικοποιήσεις έγινε επεξεργασία του συνόλου των δεδομένων dataset.csv και συγκεκριμένα μετασχηματίστηκε στα απαραίτητα datasets που χρησιμοποιήθηκαν στις για τη δημιουργία των γραφημάτων στις Εικόνες 18 και 19, ενώ αφαιρέθηκαν και οι ακραίες τιμές με την Μέθοδο IQR (Interquartile Range) [84], σύμφωνα με τον ακόλουθο κώδικα:

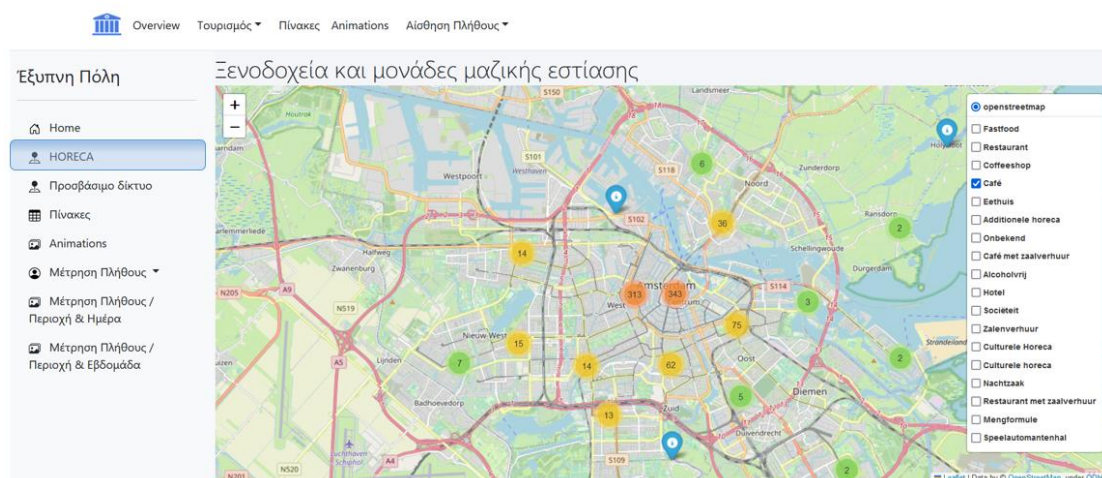
```
def passers_on_today_year(df):
    # Ανακτάται το τρέχον έτος
    year = df['Year'].max()
    # Φιλτράρεται το Dataframe στις γραμμές του τρέχοντος έτους.
    data2023 = df[df['Year']==year]
    # Δημιουργείται Dataframe στις γραμμές που ισχύει
    data2023['Period']=='uur'
    dt = data2023[data2023['Period']=='uur']
    # Δημιουργείται Dataframe με τα σύνολα της μέτρησης πλήθους για
    # κάθε περιοχή
    grouped_df = dt.groupby(['Area'])['Passers'].sum().reset_index()
    # Δημιουργείται Dataframe στις γραμμές που ισχύει
    data2023['Period']=='dag'
    passers_per_day = data2023[data2023['Period']=='dag']
    # Αφαίρεση των ακραίων τιμών με την Μέθοδο IQR (Interquartile
    # Range)
```

```

# Υπολογίζονται τα Q1 και Q3 για κάθε Περιοχή (Area)
Q1 = passers_per_day.groupby('Area')['Passers'].transform(lambda
    x: x.quantile(0.25))
Q3 = passers_per_day.groupby('Area')['Passers'].transform(lambda
    x: x.quantile(0.75))
# Υπολογίζεται το διατεταρτημοριακό διάστημα interquartile range
(IQR)
IQR = Q3 - Q1
# Ορίζονται τα πάνω και το κάτω όριο
lower_bound = Q1 - 1.5 * IQR
upper_bound = Q3 + 1.5 * IQR
# Φιλτράρονται οι τιμές πέραν των ακραίων
filtered_df = passers_per_day[(passers_per_day['Passers'] >=
lower_bound) & (passers_per_day['Passers'] <= upper_bound)]
# Επιστρέφεται το τρέχον έτος, το DataFrame των συνόλων και το
    DataFrame των ημερήσιων μετρήσεων.
return year, grouped_df.to_json(orient="records"),
        filtered_df.to_json(orient="records")
    
```

Για τις οπτικοποιήσεις χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη D3.js για την οποία έχει γίνει σχετική αναφορά στην ενότητα 5.4.3.

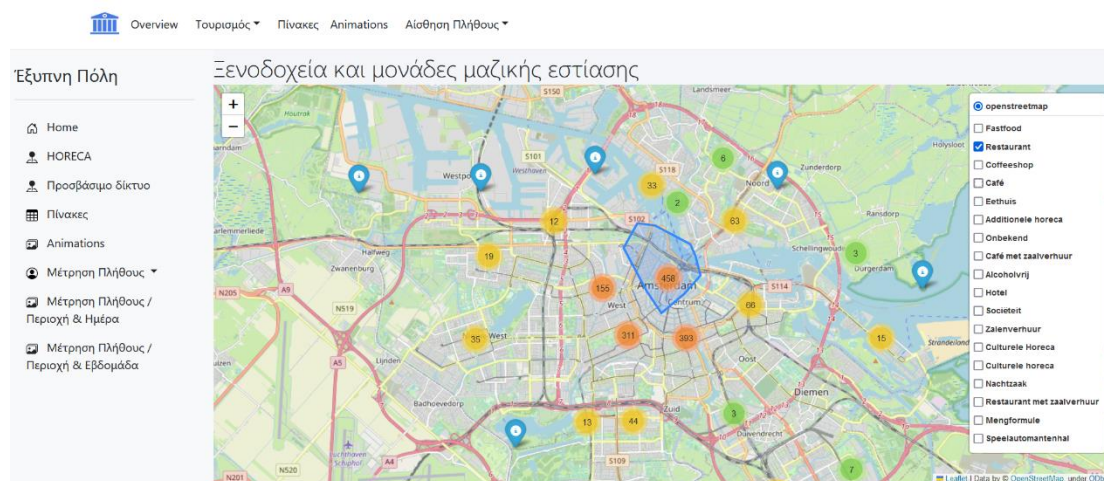
Με την βοήθεια του αριστερού μενού ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί σε διάφορες ενότητες σχετικές με θέματα που αφορούν είτε στην κινητικότητα είτε σε πτυχές της προσβασιμότητας. Η ενότητα 'HORECA' δείχνει έναν χάρτη του Άμστερνταμ, με δείκτες που υποδεικνύουν τις τοποθεσίες των διαφόρων υπηρεσιών της πόλης σε σχέση με τη φιλοξενία και τη μαζική εστίαση (Εικόνα 21).



Εικόνα 21 Οπτικοποίηση Ξενοδοχείων και Υπηρεσιών Μαζικής Εστίασης σε Χάρτη

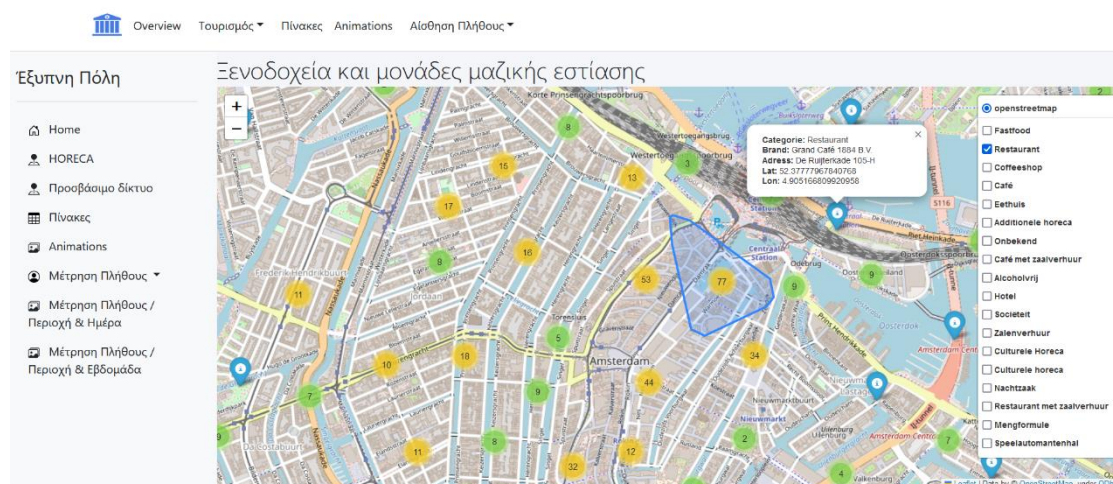
Οι δυνατότητες διάδρασης σε αυτή την περίπτωση είναι αρκετές. Αρχικά, επισυνάπτεται υπόμνημα μέσω του οποίου, ο ενδιαφερόμενος μπορεί να επικεντρωθεί

σε κάποια κατηγορία HORECA. Επιπλέον εστιάζοντας σε κάποιο κυκλικό εμφανίζονται τα όρια της περιοχής αναφοράς της επιλογής του χρήστη (Εικόνα 22).



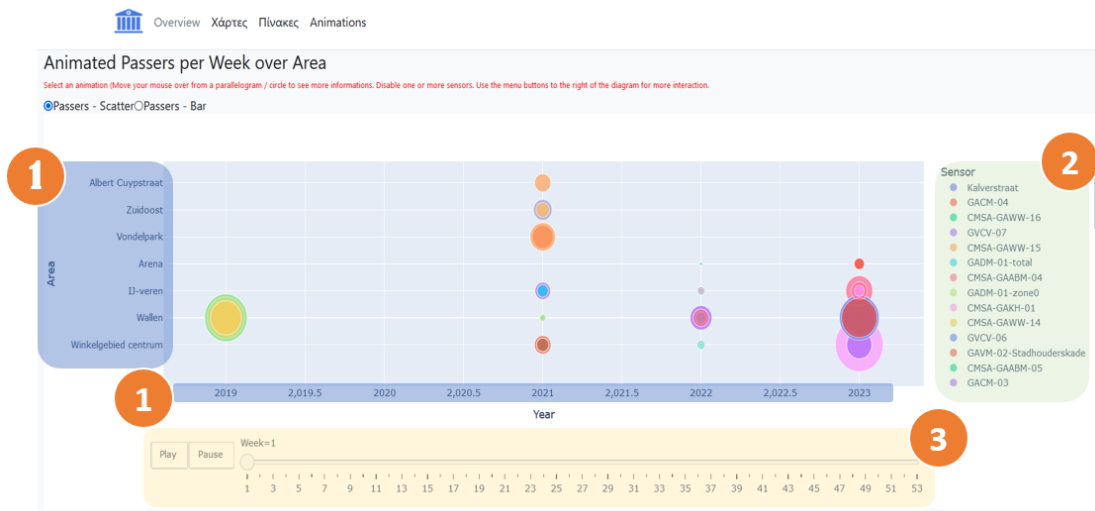
Εικόνα 22 Οπτικοποίηση Ορίων της Περιοχής Αναφοράς Κυκλικού Δείκτη

Με ένα κλικ σε έναν κυκλικό δείκτη η εστίαση μεταφέρεται σε μία συγκεκριμένη περιοχή ενώ επιλέγοντας ένα δείκτη σημείου ενδιαφέροντος οπτικοποιούνται περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την υπηρεσία που αναζητά, όπως η επωνυμία της επιχείρησης, η κατηγορία που αναφέρεται και η θέση της (Εικόνα 23). Η ιστοσελίδα βασίζεται σε στοιχεία από το σύνολο δεδομένων horeca_data.csv.



Εικόνα 23 Εμφάνιση Στοιχείων Δείκτη Σημείου Ενδιαφέροντος

Μία ιδιαίτερη μορφή απεικόνισης που παρουσιάζεται στη διαδραστική πλατφόρμα είναι η οπτικοποίηση μέσω Κινούμενων Αναπαραστάσεων (Animations). Κάτι ανάλογο παρουσιάζεται στην ενότητα "Animations" (Εικόνα 24).



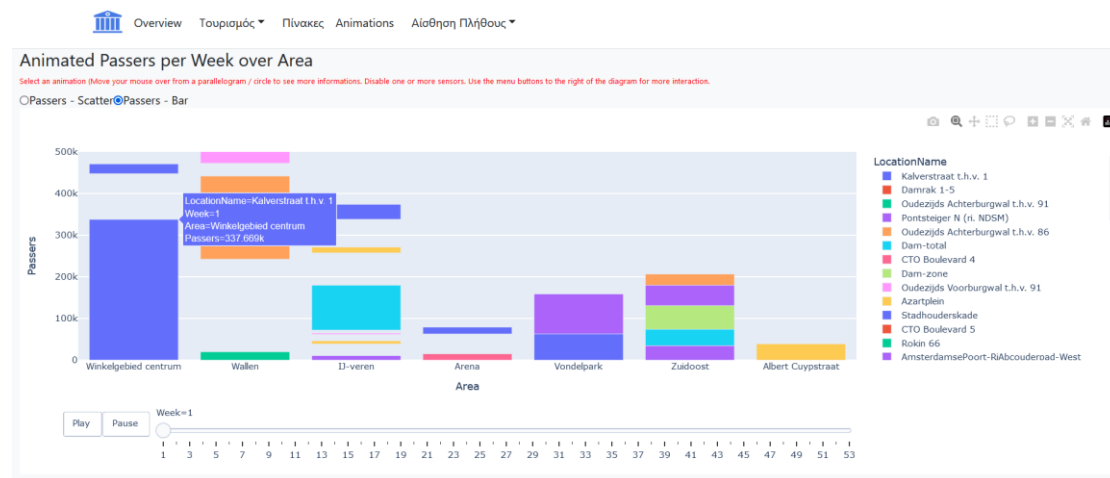
Εικόνα 24 Οπτικοποίηση με Χρήση Κινούμενων Αναπαραστάσεων (Animations)

Συγκεκριμένα σε μία χρονολογική σειρά των ετών 2019 έως 2023 στον άξονα x, σε συνάρτηση με την περιοχή στον άξονα y (Εικόνα 24.1), παρουσιάζονται σε πολύχρωμους κύκλους διαφορετικών μεγεθών και χρωμάτων, η μετακίνηση ατόμων ανά τοποθεσία ή σε πολύχρωμα παραλληλόγραμμα (Εικόνα 25). Το μέγεθος των κύκλων – παραλληλογράμμων αντιπροσωπεύει το μέγεθος των μετακινούμενων. Το υπόμνημα στη δεξιά πλευρά της απεικόνισης δείχνει ότι τα χρώματα των κύκλων – παραλληλογράμμων αντιπροσωπεύουν ονόματα αισθητήρων (Εικόνα 24.2) ή τοποθεσιών (Εικόνα 25), όπου πραγματοποιείται η καταμέτρηση. Στο κάτω μέρος της σελίδας (Εικόνα 24.3), εμφανίζεται μπάρα αλληλεπίδρασης που αποτυπώνει τη χρονική σειρά των καταμετρήσεων, σε εβδομάδες.

Η προαναφερόμενη οπτικοποίηση, παρουσιάζεται σε δύο εκδοχές: Την εκδοχή της διασποράς (Passers - Scatter) (Εικόνα 24) και την εκδοχή των ράβδων (Passers – Bar) (Εικόνα 25). Ο ενδιαφερόμενος έχει διάφορες δυνατότητες αλληλεπίδρασης. Αρχικά μπορεί χρησιμοποιώντας το υπόμνημα και απενεργοποιώντας ή ενεργοποιώντας αισθητήρες ή τοποθεσίες στρέφοντας την προσοχή του σε ιδιαιτερότητες των μετακινήσεων ανά αισθητήρα - περιοχή ή ομάδα αισθητήρων - περιοχών. Μετακινώντας το ποντίκι του πάνω σε κάποιο κύκλο ή παραλληλόγραμμα μπορεί να δει πληροφορίες αναφορικά με την εβδομάδα και το έτος καταμέτρησης.

Και στις δύο περιπτώσεις, επιτρέπεται η αναπαραγωγή και παύση των μετακινήσεων ανά περιοχή και τοποθεσία με την πάροδο του χρόνου ανά εβδομάδα μέσω των

αντίστοιχων κουμπιών. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει κατά το δοκούν την εβδομάδα, παρατηρώντας τις μετρήσεις στη συγκεκριμένη επιλογή του.



Εικόνα 25 Εκδοχή Οπτικοποίησης με Παραλληλόγραμμα ανά Τοποθεσία

Σημαντική συνεισφορά της συγκεκριμένης οπτικοποίησης η παρουσίαση πέντε μεταβλητών (πλήθος, περιοχή, τοποθεσία, έτος και εβδομάδα) σε ένα διάγραμμα. Το γεγονός αυτό προσδίδει σημαντικά πλεονεκτήματα στην εξαγωγή συμπερασμάτων από τους ενδιαφερόμενους για την προσβασιμότητα στις εξεταζόμενες περιοχές της πόλης του Άμστερνταμ.

Η ενότητα της μετακίνησης του πλήθους σε μία συγκεκριμένη περιοχή υλοποιείται από τον ακόλουθο κώδικα:

```

app = DjangoDash('anime_visuals')

app.layout = html.Div([

    html.Div([

        # Μηνήματα
        html.Div(
            "Select an animation (Move your mouse over from a
            parallelogram / circle to see more informations.
            Disable one or more sensors. Use the menu buttons
            to the right of the diagram for more
            interaction.",
            style={"color": "red", "font-size": "10px",
                  "normal": "bold", "height": "20px"}),
        # Δημιουργία επιλογέα τύπου radio με επιλογές "Passers
        - Scatter" και "Passers - Bar"
        dcc.RadioItems(
  
```

```
        id='animations-x-selection',
        options=["Passers - Scatter", "Passers - Bar"],
        value='Passers - Scatter',
    )
]),

# Δημιουργία συστήματος αξόνων
dcc.Loading(dcc.Graph(id="animations-x-graph"),
            type="cube"),
])

@app.callback(
    Output("animations-x-graph", "figure"),
    Input("animations-x-selection", "value"))

def display_animated_graph(selection):
    df_anime = create_df_for_animate('dataset.csv')
    # Ταξινόμηση του πλαισίου δεδομένων κατά τη στήλη "Year"
    df_anime = df_anime.sort_values('Week')

    animations = {
        'Passers - Scatter': px.scatter(
            df_anime, x="Year", y="Area",
            animation_frame="Week",
            animation_group="LocationName", size="Passers",
            color="Sensor",
            hover_name="LocationName", log_x=True,
            size_max=55),
        'Passers - Bar': px.bar(
            df_anime, x="Area", y="Passers",
            color="LocationName",
            animation_frame="Week", animation_group="Sensor",
            range_y=[0,500000]),
    }

    animation = animations[selection]

    animation.update_layout(
        width=1500, # Ορίστε το πλάτος του διαγράμματος
        height=500, # Ορίστε το ύψος του διαγράμματος
        updatemenus=[
            {
                "type": "buttons",
                "buttons": [
                    {
                        "label": "Play",
                        "method": "animate",
```

```

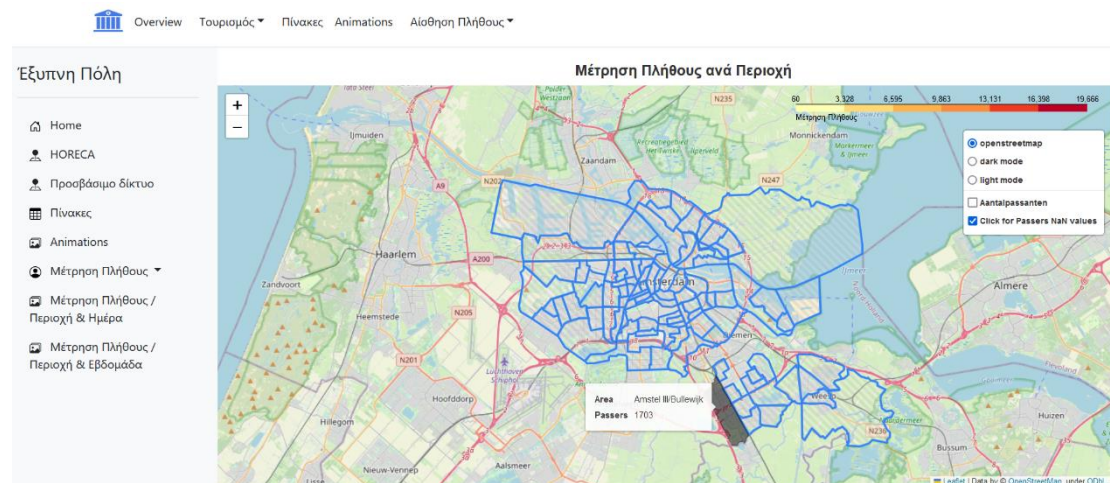
        "args": [None, {"frame": {"duration":
1000}, "fromcurrent": True}]
    },
    {
        "label": "Pause",
        "method": "animate",
        "args": [[None], {"frame":
{"duration": 0}, "mode": "immediate"}]
    }
]
}
]
)

return animation

def anime_visuals(request)
    return render(request, 'smartcity/anime_visuals.html',
        {'dash_app': app})

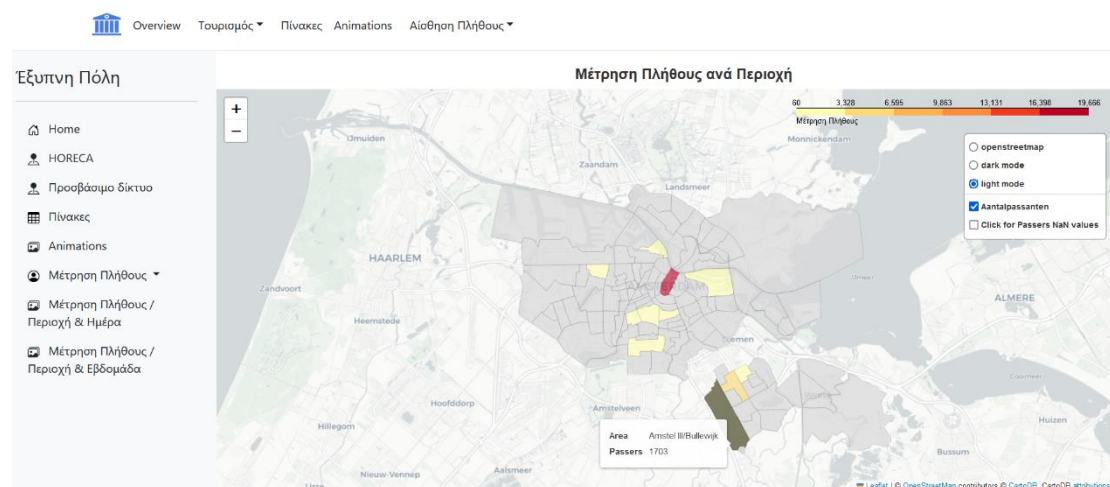
```

Μία σελίδα που συνδυάζει διαφορετικά σύνολα δεδομένων και τελικά απεικονίζει το σύνολο των περαστικών σε διάφορες περιοχές της πόλης του Άμστερνταμ, είναι αυτή που παρουσιάζεται στην ενότητα "Μέτρηση Πλήθους / Περιοχή". Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το σύνολο dataset.csv και συνδυάζοντας τις συντεταγμένες σημείου με τις συντεταγμένες περιοχής από το σύνολο δεδομένων gebieden-wijken.csv, συγκεντρώνεται το πλήθος των περαστικών ανά περιοχή και παρουσιάζεται σε ένα χάρτη. Ο χάρτης αποτυπώνει τα όρια των περιοχών και με βάση αυτά, ο χρήστης περνώντας το ποντίκι του πάνω από τη κάθε περιοχή, μπορεί να πληροφορηθεί για τον αριθμό των περαστικών στην επιλεγμένη περιοχή αλλά και για το όνομα της περιοχής που εστιάζει (Εικόνα 26).



Εικόνα 26 Οπτικοποίηση Συγκέντρωσης Πλήθους ανά Περιοχή

Ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει και με το υπόμνημα που βρίσκεται δεξιά στη σελίδα. Μέσω αυτού υπάρχει η δυνατότητα για διαφορετικές μορφές λειτουργίας π.χ. dark mode ή light mode αλλά και για την αποτύπωση με κλιμακούμενο χρωματισμό όσον αφορά την συγκέντρωση πλήθους (Εικόνα 27).



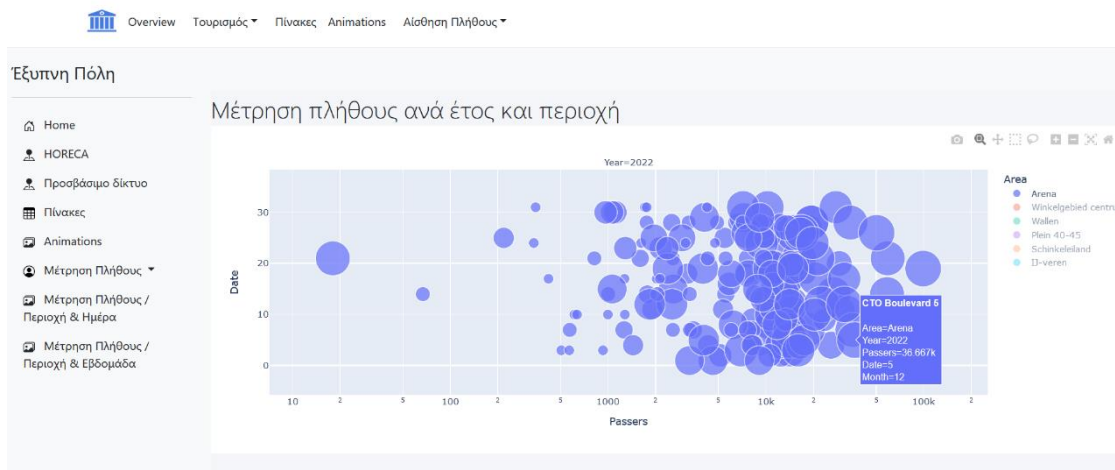
Εικόνα 27 Οπτικοποίηση Συγκέντρωσης Πλήθους ανά Περιοχή - Light Mode

Στο θέμα της συγκέντρωσης πλήθους εστιάζουν και άλλες οπτικοποιήσεις, αφού πρόκειται για ένα ολόκληρο κεφάλαιο στη μελέτη της ανθρώπινης κινητικότητας και στην αξιολόγηση της προσβασιμότητας σε μία πόλη. Η αποτύπωση της *μέτρησης του πλήθους ανά έτος και περιοχή*, είναι μία ιδιαίτερα ευχάριστη οπτικοποίηση η οποία συνδυάζει χρωματισμούς και μεγέθη κύκλων για την εμφάνιση της πληροφορίας (Εικόνα 28).



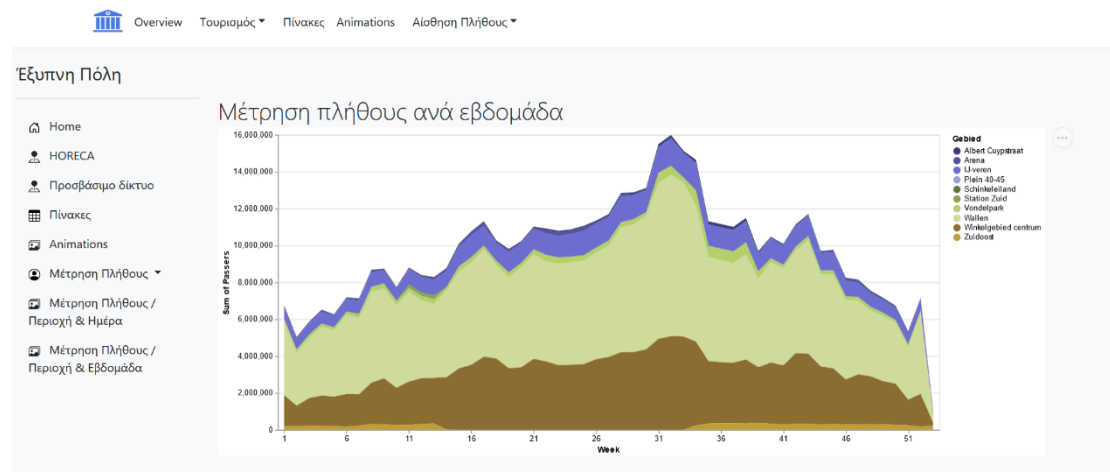
Εικόνα 28 Αποτύπωση Μέτρηση Πλήθους ανά Έτος και Περιοχή

Οι χρήστες μπορούν να εξάγουν πληροφορίες από την εικόνα για το μέγεθος του πλήθους (άξονας x), σε συγκεκριμένη ημέρα (άξονας y) του μήνα (το μέγεθος κύκλου αντιστοιχεί στη σειρά του μήνα στο χρόνο), σε συγκεκριμένη περιοχή (επιλογή στο υπόμνημα δεξιά) ή για περισσότερες, στο χρόνο που έχουν επιλέξει από την αναπτυσσόμενη λίστα, *Μέτρηση Πλήθους*, στο μενού αριστερά. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα εμφάνισης της απόλυτης πληροφορίας για τις επιλογές του μετακινώντας το ποντίκι πάνω σε οποιοδήποτε κύκλο (Εικόνα 29σ).



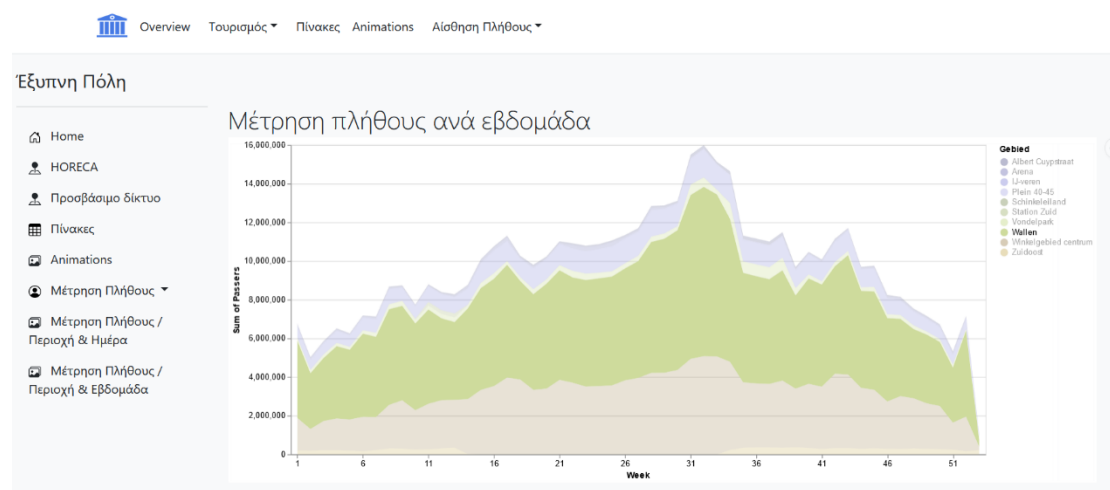
Εικόνα 29 Εμφάνιση Πληροφορίας σε Επιλεγμένη Ημερομηνία για Ορισμένο Πλήθος

Η τελευταία αποτύπωση έχει να κάνει με τη μετακίνηση των ατόμων για κάθε εβδομάδα του έτους σε κάθε περιοχή της πόλης του Άμστερνταμ. Οι περιοχές αποδίδονται με χρωματισμούς και οι οπτικοποίηση αφορά σε τέσσερις μεταβλητές, Έτος, Περιοχή, Εβδομάδα και μέγεθος πλήθους. Από προεπιλογή στο διάγραμμα εμφανίζονται οι μετρήσεις για όλες τις περιοχές (Εικόνα 30).



Εικόνα 30 Γενική Εικόνα για την Μετακίνηση των Ατόμων ανά Εβδομάδα Έτους

Ο χρήστης όμως μπορεί να αλληλεπιδράσει με το υπόμνημα δεξιά και αναζητήσει την σχετική πληροφορία για συγκεκριμένη περιοχή χωρίς να λαμβάνει υπόψη του τις προαναφερόμενες (Εικόνα 31).



Εικόνα 31 Εικόνα για την Μετακίνηση των Ατόμων ανά Εβδομάδα Έτους σε Ορισμένη Περιοχή

Συμπερασματικά και υλοποιώντας την διαδραστική πλατφόρμα για τις ανάγκες της εργασίας, θα πρέπει να τονίσουμε ότι, καθώς τα αστικά περιβάλλοντα εξελίσσονται συνεχώς, καθιστώντας την κατανόηση και την αξιοποίηση των προτύπων ανθρώπινης κινητικότητας αλλά και των δυνατοτήτων στην απρόσκοπτη πρόσβαση, ζωτικής σημασίας, οι διαδραστικές πλατφόρμες, μπορούν, παρέχοντας διαισθητικές απεικονίσεις των προτύπων κινητικότητας και των μετρήσεων της προσβασιμότητας, να φέρουν επανάσταση στον αστικό σχεδιασμό και να προάγουν τη συνεκτικότητα. Συνδυάζοντας δεδομένα και τεχνολογία, οι πόλεις μπορούν να γίνουν πιο έξυπνες, χωρίς αποκλεισμούς και έτοιμες για τις μελλοντικές προκλήσεις και ευκαιρίες.

7. Αποτελέσματα και συζήτηση

Η εργασία πραγματοποιήθηκε την «Οπτικοποίηση της Ανθρώπινης Κινητικότητας και Προσβασιμότητας σε Έξυπνες Πόλεις». Η διαδραστική πλατφόρμα που αναπτύχθηκε, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύπλευρο εργαλείο για την ανάλυση δεδομένων, τη συμμετοχή του κοινού και τον αστικό σχεδιασμό. Οι δυνατότητές της, που στοχεύουν στις λεπτομερείς απεικονίσεις μέσω της φιλικής προς τον χρήστη πλοήγησης, την καθιστούν ακρογωνιαίο λίθο για τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων για μια πιο έξυπνη και χωρίς αποκλεισμούς πόλη.

7.1 Οπτικοποίηση μοτίβων ανθρώπινης κινητικότητας

Οι δυνατότητες οπτικοποίησης της διαδραστικής πλατφόρμας προσφέρουν μια άποψη για την ανθρώπινη κινητικότητα εντός της πόλης του Άμστερνταμ. Χρησιμοποιώντας μια ποικιλία οπτικών εργαλείων, από διαδραστικά γραφήματα έως κινούμενες απεικονίσεις (animations), η πλατφόρμα επιτρέπει την παρακολούθηση, σε πραγματικό χρόνο, των κινήσεων του πλήθους σε περιοχές, χρονικά διαστήματα και συγκεκριμένες τοποθεσίες. Για παράδειγμα, το ιστόγραμμα που απεικονίζει τους περαστικούς ανά περιοχή και έτος προσφέρει ένα ανεκτίμητο χρονικό στιγμιότυπο. Ομοίως, οι κινούμενες απεικονίσεις, που παρουσιάζουν την κίνηση του πλήθους από το 2019 έως το 2023, σε διάφορες περιοχές ή ανά αισθητήρα, παρέχουν μια επισκόπηση της συγκέντρωσης και των ροών της ανθρώπινης κυκλοφορίας. Αυτές οι οπτικοποιήσεις όχι μόνο καθιστούν την πλατφόρμα φιλική προς τον χρήστη, αλλά και καθιστούν τα δεδομένα πιο προσιτά και κατανοητά, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη κατανόηση από το κοινό και τη διοίκηση των προτύπων κινητικότητας.

7.2 Αξιολόγηση της προσβασιμότητας και της συμμετοχικότητας

Μία άλλη χρησιμότητα της πλατφόρμας, αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας και της συμμετοχής στην πόλη. Η ενότητα "HORECA", η οποία απεικονίζει τοποθεσίες παροχής υπηρεσιών φιλοξενίας και εστίασης, επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους να εστιάσουν και να εντοπίσουν περιοχές που ενδέχεται να στερούνται ορισμένες ανέσεις. Αυτό μπορεί να είναι κρίσιμο για μελλοντικό σχεδιασμό γύρω από τη βελτιωμένη προσβασιμότητα. Επιπλέον, παρέχοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, η χρήση της πλατφόρμας επιτρέπει άμεσες προσαρμογές, διασφαλίζοντας ότι οι

αστικές υπηρεσίες θα είναι δίκαιες και θα προσεγγίζουν αποτελεσματικά όλους τους πολίτες. Η εύκολη πλοήγηση τόσο σε οριζόντια όσο και σε κάθετα μενού που υιοθετήθηκε στη σχεδίαση της πλατφόρμας, διασφαλίζει ότι οι χρήστες διαφορετικών τεχνολογικών γνώσεων μπορούν να αλληλεπιδράσουν και να επωφεληθούν από αυτήν, ενισχύοντας έτσι τη συμμετοχή.

7.3 Επιπτώσεις στον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων

Η πλατφόρμα στοχεύει στη παραγωγή γνώσεων, οι οποίες μπορούν να αναβαθμίσουν τον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη χάραξη πολιτικής. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την κίνηση του πλήθους μπορούν να βοηθήσουν τους πολεοδόμους να εντοπίσουν σημεία συμφόρησης ή περιοχές με λιγότερη επισκεψιμότητα, διευκολύνοντας την αποτελεσματικότερη κατανομή των πόρων. Για παράδειγμα, εάν μια συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζει σταθερά υψηλές συγκεντρώσεις πλήθους, θα μπορούσαν να προγραμματιστούν πρόσθετες διαδρομές δημόσιας συγκοινωνίας για αυτήν την περιοχή. Αντίθετα, περιοχές χαμηλής κυκλοφορίας θα μπορούσαν να αποτελέσουν στόχο για έργα αστικής αναζωογόνησης. Οι απεικονίσεις επιτρέπουν επίσης στις αρχές της πόλης να διεξάγουν "what-if" σενάρια, βοηθώντας έτσι στον σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης. Η πλατφόρμα μπορεί να συμβάλει στην της στρατηγικής μεταφορών, αλλά και να βοηθήσει, με την ενσωμάτωση και άλλων συνόλων δεδομένων, σε τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, η ακίνητη περιουσία και η δημόσια ασφάλεια.

8. Συμπεράσματα - Μελλοντικές κατευθύνσεις

Η εργασία πραγματοποιήθηκε τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας διαδραστικής πλατφόρμας για την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις. Αυτή η πλατφόρμα αξιοποιεί δημόσια δεδομένα από την πόλη του Άμστερνταμ από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων, κινητών συσκευών και δημόσιων βάσεων δεδομένων, για να απεικονίσει την αστική κινητικότητα και την προσβασιμότητα. Δίνοντας έμφαση στα διαδραστικά εργαλεία οπτικοποίησης, γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ των προγραμματιστών πόλεων και των πολιτών. Παρά τις αρχικές προκλήσεις με τα εργαλεία ανάπτυξης και τους χρονικούς περιορισμούς στην σχεδίαση και υλοποίησή της, έχει δυνατότητες επεκτασιμότητας σε διάφορα μεγέθη πόλεων. Οι μελλοντικές κατευθύνσεις περιλαμβάνουν την αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών, την επέκταση των πηγών δεδομένων, τη συνεργασία με οργανισμούς αστικής κινητικότητας, την ενσωμάτωση με άλλα εργαλεία έξυπνων πόλεων και τη δημιουργία ενός μηχανισμού ανάδρασης με τους πολίτες για τη βελτίωση της χρησιμότητάς του.

8.1 Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της υλοποίησης της Πλατφόρμας, χρησιμοποιήσαμε δεδομένα που παρέχονται από την πόλη του Άμστερνταμ, δείχνοντας πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν δημόσια δεδομένα για να βοηθήσουν στον βιώσιμο σχεδιασμό την αστική κινητικότητα και πώς μπορούν να βοηθήσει τους χρήστες να κατανοήσουν την τρέχουσα κατάσταση της πόλης και να εντοπίσουν πιθανές περιοχές για βελτίωση.

Δίνοντας έμφαση στην οπτικοποίηση της κινητικότητας και της προσβασιμότητας, χρησιμοποιώντας διαγράμματα, χάρτες, χάρτες θερμότητας και άλλα διαδραστικά εργαλεία, στοχεύουμε να γεφυρώσουμε το χάσμα επικοινωνίας μεταξύ των προγραμματιστών της πόλης και του γενικού πληθυσμού, προωθώντας μια συνεργατική προσέγγιση αστικής ανάπτυξης. Χρησιμοποιώντας διαδραστικά εργαλεία οπτικοποίησης, επιτρέπεται στους χρήστες να εξερευνούν διαφορετικές πτυχές της πόλης, όπως ροές κυκλοφορίας, δημόσια μέσα μεταφοράς, ποδηλατόδρομους, πεζόδρομους και άλλες μορφές προσβασιμότητας που αφορούν στη καθημερινότητα του πολίτη. Με αυτό το τρόπο παρουσιάζεται η δυνατότητα της

ανάδειξης της συνέργειας μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών προσπαθειών για την προώθηση των έξυπνων πόλεων.

Η υλοποίηση της πλατφόρμας αποτέλεσε επίσης μια μαθησιακή εμπειρία στην εργασία με εργαλεία ανάπτυξης όπως η Python, το Django, βιβλιοθηκών οπτικοποίησης και άλλων βοηθητικών εργαλείων. Ο προβληματισμός και η τριβή με τα διάφορα εργαλεία δείχνει την επαναληπτική φύση των τεχνολογικών προόδων, τη σημασία της συνεχούς μάθησης αλλά και της συνεχούς ανάγκης βελτίωσής της καθώς οι τεχνολογίες διαφοροποιούνται και βελτιστοποιούνται.

Επιθυμία, η χρήση της πλατφόρμα να ευθυγραμμίζεται με το όραμα της έξυπνης πόλης και να τοποθετείται ως εργαλείο που μπορεί να ενσωματωθεί στους δήμους, με τη βοήθεια ενδιαφερομένων που θα ειδικεύονται στην αστική κινητικότητα και τη προσβασιμότητα. Αν και η υλοποίησή της βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο, η πλατφόρμα αναδεικνύει τα θεμέλια πάνω στα οποία μπορούν να ενσωματωθούν περισσότερα χαρακτηριστικά και δεδομένα για την πόλη. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να αποτελέσει ένα ευέλικτο εργαλείο για την ανάδειξη διάφορες αστικές εγκαταστάσεις, τόσο σε πολυσύχναστες μητροπόλεις όσο και αστικά κέντρα.

8.2 Μελλοντικές κατευθύνσεις

Η διαδραστική πλατφόρμα που παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία είναι μια απόδειξη της ιδέας που δείχνει τις πολλές προκλήσεις και ευκαιρίες που εξακολουθούν να υπάρχουν για μελλοντική έρευνα σε μορφές οπτικοποίησης της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις.

Στοχεύοντας σε μια πλατφόρμα πιο διαδραστική και πιο χρηστοκεντρική, μπορεί να δημιουργηθεί ένας βρόχος ανατροφοδότησης με τους πολίτες. Αυτό θα παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή των απεικονίσεων στον πραγματικό κόσμο και την αποτελεσματικότητά τους στη μετάδοση σύνθετων αστικών δεδομένων.

Η πλατφόρμα αξιοποιεί προς το παρόν δεδομένα από την πόλη του Άμστερνταμ. Σίγουρα ήταν σημαντικό να εξερευνηθούν οι δυνατότητες ενσωμάτωσης και άλλων πηγών δεδομένων, όπως τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης ή τα δεδομένα του ιδιωτικού τομέα, που μπορούν να παρέχουν πιο ολοκληρωμένες και ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με την αστική κινητικότητα και την προσβασιμότητα. Μια εξίσου σημαντική

αναβάθμιση θα ήταν η ενσωμάτωση δεδομένων από άλλες πόλεις με σκοπό τη δημιουργία μιας ενότητας συγκριτικής ανάλυσης.

Η πλατφόρμα έχει σχεδιαστεί για να είναι ένα αυτόνομο εργαλείο στο οποίο μπορούν οι ενδιαφερόμενοι να έχουν πρόσβαση μέσω ενός προγράμματος περιήγησης ιστού. Ωστόσο, για να αυξηθεί ο αντίκτυπος και η απήχυσή του, θα μπορούσε να ενσωματωθεί με άλλα εργαλεία και πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται από έξυπνες πόλεις, όπως πίνακες εργαλείων, πύλες ή εφαρμογές για κινητές συσκευές, που μπορούν να παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες ή υπηρεσίες σχετικά με την αστική κινητικότητα και την προσβασιμότητα.

Εξίσου σημαντική και θα είναι καθοριστικής σημασίας, παραμένει η συνεργασία με οργανισμούς που ειδικεύονται στην αστική κινητικότητα και την προσβασιμότητα. Η πλατφόρμα στοχεύει να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ πολεοδομών και πολιτών παρέχοντας ένα κοινό έδαφος για επικοινωνία και συνεργασία. Αυτές οι συνεργασίες θα χρησιμεύσουν για να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας και να διασφαλίσουν την πρακτική εφαρμογή της σε σενάρια πραγματικού κόσμου. : Ωστόσο, για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, είναι απαραίτητο να εμπλακούν διαφορετικοί ενδιαφερόμενοι στη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης της πλατφόρμας, όπως κυβερνητικοί φορείς, ΜΚΟ, επιχειρήσεις ή ομάδες κοινότητας, που μπορούν να παρέχουν σχόλια και πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες της πλατφόρμας.

Τέλος, κατά τη δημιουργία των μελλοντικών εκδόσεων της πλατφόρμας, θα πρέπει η προσοχή να στρέφεται στον εξορθολογισμό των διαδικασιών ανάπτυξης λόγω, των χρονικών περιορισμών που προκύπτουν από την ταχεία μεταβολή του αστικού περιβάλλοντος και των αναγκών που αυτή δημιουργεί, αλλά και της καμπύλης μάθησης που σχετίζεται με την ανάδειξη νέων εργαλεία ανάπτυξης.

Σκοπός της εργασίας είναι να τονίσει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη σχετικά με την οπτικοποίηση της ανθρώπινης κινητικότητας και προσβασιμότητας σε έξυπνες πόλεις, δεδομένου ότι πρόκειται για έναν νευραλγικό τομέα που μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών και στη δημιουργία πιο βιώσιμων και ανθεκτικών αστικών περιβαλλόντων.

Βιβλιογραφία

1. Ibrahim Abaker Targio Hashem, Raja Sher Afgun Usmani, Mubarak S. Almutairi, Haruna Chiroma, Ashraf Osman Ibrahim, Abubakar Zakari, Faiz Alotaibi and Saadat Alhashmi, Urban Computing for Sustainable Smart Cities: Recent Advances, Taxonomy, and Open Research Challenges, *Sustainability* 15(5):3916; <http://dx.doi.org/10.3390/su15053916>.
2. John Stanley, David A. Hensher, Janet Stanley, Graham Currie, William H. Greene, and Dianne Vella-Brodrick, Social Exclusion and the Value of Mobility, *Journal of Transport Economics and Policy*, 2011, Volume 45, Part 2, 2011, pp. 197–222 <https://www.jstor.org/stable/23072175>.
3. Van Wee, B., and K. Geurs, Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2011 (4); pp. 350–367; <http://dx.doi.org/10.18757/ejtir.2011.11.4.2940>.
4. Yuren Zhou, Billy Pik Lik Lau, Chau Yuen, Bige Tuncer, Erik Wilhelm, Understanding Urban Human Mobility through Crowdsensed Data, *IEEE Communications Magazine*, 2018, 56.11, pp. 52–59; <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700569>.
5. Batty, M. A perspective on city dashboards. *Regional Studies, Regional Science*, 2015, Volume2, pp. 29–32; <https://doi.org/10.1080/21681376.2014.987540>.
6. Rob Kitchin, Gavin McArdle, Urban data and city dashboards: Six key issues, *The Programmable City Working Paper*, 2016, Paper 21; https://www.researchgate.net/publication/307545817_Urban_data_and_city_dashboards_Six_key_issues.
7. McArdle, Gavin and Kitchin, Rob, THE DUBLIN DASHBOARD: DESIGN AND DEVELOPMENT OF A REAL-TIME ANALYTICAL URBAN DASHBOARD. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016, IV-4/W1, pp. 19–25; <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W1-19-2016>.
8. Pihlajamaa Olli, Kostianen Juho, Federley Maija, Kuusisto Olli and Luhtala, Matti, Framework for developing solutions for accessible mobility, Potential

- of IoT solutions in public transportation, 2020, *Conference: Transport Research Arena*; [Σύνδεσμος](#).
9. X. Kong, Z. Xu, G. Shen, J. Wang, Q. Yang, and B. Zhang, Urban traffic congestion estimation and prediction based on floating car trajectory data, *Future Generation Computer Systems*, 2016, vol. 61, pp. 97–107; <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2015.11.013>.
 10. Feng Xia, Jinzhong Wang, Xiangjie Kong, Zhibo Wang, Jianxin Li, and Chengfei Liu, Exploring Human Mobility Patterns in Urban Scenarios: A Trajectory Data Perspective, *IEEE Communications Magazine*, 2018, 56(3); <http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700242>.
 11. Graells-Garrido E, Serra-Burriel F, Rowe F, Cucchiatti FM, Reyes P, A city of cities: Measuring how 15-minutes urban accessibility shapes human mobility in Barcelona, *PLoS One*. 2021, 16(5): e0250080; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250080>.
 12. Hanadi Al-Thani, Muammer Koç, Rima J. Isaifan and Yusuf Bicer, A Review of the Integrated Renewable Energy Systems for Sustainable Urban Mobility, *Division of Sustainable Development*, 2022, *Sustainability* 14(17):10517; <http://dx.doi.org/10.3390/su141710517>.
 13. Qi Wang and John E. Taylor, Process Map for Urban-Human Mobility and Civil Infrastructure Data Collection Using Geosocial Networking Platforms, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2015, Volume 30, Issue 2; [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000469](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000469).
 14. Bi Yu Chen, Yafei Wang, Donggen Wang, Qingquan Li, William H. K. Lam and Shih-Lung Shaw, Understanding the Impacts of Human Mobility on Accessibility Using Massive Mobile Phone Tracking Data, *Annals of the American Association of Geographers*, 2018, 108:4, pp. 1115-1133; DOI: [10.1080/24694452.2017.1411244](https://doi.org/10.1080/24694452.2017.1411244).
 15. Su Yeon Han, Ming-Hsiang Tsou, Elijah Knaap, Sergio Reyand and Guofeng Cao, How Do Cities Flow in an Emergency? Tracing Human Mobility Patterns during a Natural Disaster with Big Data and Geospatial Data Science, *Urban Sci*. 2019, 3(2), 51; <https://doi.org/10.3390/urbansci3020051>.
 16. Alvin Chua, Loris Servillo, Ernesto Marcheggiani and Andrew Vande Moere, Mapping Cilento: Using geotagged social media data to characterize tourist

- flows in southern Italy Author links open overlay panel, , Tourism Management, 2016, 57: pp. 295–310; <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.06.013>.
17. Carey Curtis and Jan Scheurer, Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid, *Progress in Planning*, 2010, 74 pp. 53–106; <https://doi.org/10.1016/j.progress.2010.05.001>.
 18. Ennio Cascetta, Armando Cartenì, Marcello Montanino, A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities, *Journal of Transport Geography*, 2016, Volume 51, pp. 45–58; <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.11.002>.
 19. Geneviève Boisjoly, Ahmed El-Geneidy, Daily fluctuations in transit and job availability: A comparative assessment of time-sensitive accessibility measures, *Journal of Transport Geography*, 2016, Volume 52, pp. 73–81; <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.03.004>.
 20. Elena Fernández-Díaz, Carmen Jambrino-Maldonado, Patricia P. Iglesias-Sánchez, Carlos de las Heras-Pedrosa, Digital accessibility of smart cities - tourism for all and reducing inequalities: Tourism Agenda 2030, *Tourism Review*, 2023, VOL. 78 NO. 2, pp. 361–380; <http://dx.doi.org/10.1108/TR-02-2022-0091>.
 21. Hansen, W.G., How accessibility shapes land use, *Journal of American Institute of Planners*, 1959, 25 (1), pp. 73–76; <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>.
 22. Dalvi M.Q. and Martin K.M., The measurement of accessibility: Some preliminary results, *Transportation* 5, 1976, pp. 17–42; <https://doi.org/10.1007/BF00165245>.
 23. Lawrence D. Burns, Transportation, Temporal and Spatial Components of Accessibility, *Lexington Books, Lexington/Toronto*, 1979; <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1981.tb00726.x>.
 24. Moshe Ben-Akiva and Steven R. Lerman, Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility, In: *David A. Hensher and Peter R. Stopher. (Eds.), Behavioural Travel Modelling*, 2021, copyright 1979, part 9; [Σύνδεσμος](#).

25. Tijs Neutens, Accessibility - equity and health care: review and research directions for transport geographers, *Journal of Transport Geography*, 2015, Volume 43, pp. 14-27; <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.12.006>.
26. Massobrio, R., Nesmachnow, S., Gómez, E., Sosa, F. and Hipogrosso, S., Public Transportation and Accessibility to Education Centers in Maldonado, Uruguay, *Smart Cities. ICSC-CITIES 2020. Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1359; https://doi.org/10.1007/978-3-030-69136-3_9.
27. Eleni Apostolidou and Paris A. Fokaides, Enhancing Accessibility: A Comprehensive Study of Current Apps for Enabling Accessibility of Disabled Individuals in Buildings, *Buildings* 2023, 13(8), 2085; <https://doi.org/10.3390/buildings13082085>.
28. Various, G3ict researched in collaboration with AT&T, Internet of Things: New Promises for Persons with Disabilities, *Global Initiative for Inclusive Information and Communications Technologies (G3ict)*, 2015; [Σύνδεσμος](#).
29. H. Varun Chand, J. Karthikeyan, Survey on the Role of IoT in Intelligent Transportation System, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 2018, pp. 936-941; <http://dx.doi.org/10.11591/ijeecs.v11.i3.pp936-941>.
30. Ebony Cartera, Patrick Adama, Deon Tsakisa, Stephanie Shawa, Richard Watsonb and Peter Ryan, Enhancing pedestrian mobility in Smart Cities using Big Data, *Journal of Management Analytics*, 2020, Vol. 7, No. 2, pp.173–188; [Σύνδεσμος](#).
31. Y. Beeharry, T. P. Fowdur, V. Hurbungs, V. Bassoo1, V. Ramnarain-Seetohul, Analysing Transportation Data with Open Source Big Data Analytic Tools, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, 2017, pp. 174-184; <http://dx.doi.org/10.11591/ijeel.v5i2.297>.
32. Jinwoo Park and Daniel W. Goldberg, A Review of Recent Spatial Accessibility Studies That Benefitted from Advanced Geospatial Information: Multimodal Transportation and Spatiotemporal Disaggregation, *International Journal of Geo-Information*, 2021; [Σύνδεσμος](#).
33. Mahtot Gebresselassie, Thomas W. Sanchez, “Smart” Tools for Socially Sustainable Transport: A Review of Mobility Apps, *Urban Sci*, 2018; <https://www.mdpi.com/2413-8851/2/2/45>.

34. Gregor Broll, Hu Cao¹, Peter Ebben, Paul Holleis, Koen Jacobs, Johan Koolwaaij, Marko Luther, Bertrand Souville, TRIPZOOM: A system to motivate sustainable urban mobility, *1st International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies*, 2012, Article No.: 57; <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2406367.2406436>.
35. Alberto Dianin , Elisa Ravazzoli, Georg Hauger, Implications of Autonomous Vehicles for Accessibility and Transport Equity: A Framework Based on Literature, *Sustainability*, 2021, 13(8), 4448; <https://doi.org/10.3390/su13084448>.
36. Fahimeh Golbabaie, Tan Yigitcanlar & Jonathan Bunker, The role of shared autonomous vehicle systems in delivering smart urban mobility: A systematic review of the literature, *International Journal of Sustainable Transportation*, 2021, <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1798571>.
37. Higinio Mora, Virgilio Gilart-Iglesias, Raquel Pérez-del Hoyo, María Dolores Andújar-Montoya, A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities, *Sensors*, 2017 - mdpi.com, <https://doi.org/10.3390/s17081834>.
38. Open Access Government, Connectivity: The fundamental ingredient of a successful smart city <https://www.openaccessgovernment.org/smart-mobility/124429/>, πρόσβαση 26-7-2023.
39. Deepti Sehrawat and Nasib Singh Gill, Smart Sensors: Analysis of Different Types of IoT Sensors, *Proceedings of the Third International Conference on Trends in Electronics and Informatics*, 2019 pp. 523-528, <https://www.researchgate.net/publication/336416629>.
40. Reddy, S., Mun, M., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., & Srivastava, M., Using mobile phones to determine transportation modes, *ACM Transactions on Sensor Networks*, 2010, pp. 1-27; <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1689239.1689243>.
41. Carlos SerrãoCarlos SerrãoNuno Miguel de Figueiredo GarridoNuno Miguel de Figueiredo Garrido, A Low-Cost Smart Parking Solution for Smart Cities Based on Open Software and Hardware: *Second EAI International Conference, INTSYS* 2018, pp. 1-11; http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-14757-0_2.
42. Vial, A., Daamen, W., Ding, A. Y., van Arem, B., & Hoogendoorn, S.. AMSense: How Mobile Sensing Platforms Capture Pedestrian/Cyclist Spatiotemporal Properties in Cities, *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 2022, 14, pp. 29-43, <https://doi.org/10.1109/MITS.2019.2953509>.

43. Jos'e Joaquín Peralta Abadía, Christian Walther, Ammar Osman and Kay Smarsly, A systematic survey of Internet of Things frameworks for smart city applications, *Sustainable Cities and Society* Volume 83, 2022; <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103949>.
44. Juan Guerrero-Ibáñez, Sherali Zeadally and Juan Contreras-Castillo, Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems, *Sensors*, 2018, 18(4), 1212; <https://doi.org/10.3390/s18041212>.
45. Abbas Shah Syed, Daniel Sierra-Sosa, Anup Kumar and Adel Elmaghraby, IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges, *Smart Cities* 2021, 4(2), pp. 429-475; <https://doi.org/10.3390/smartcities4020024>.
46. Adil Mehmood Khan, Young-Koo Lee, Sungyoung Lee, Tae-Seong Kim, Accelerometer's position independent physical activity recognition system for long-term activity monitoring in the elderly, *Medical & Biological Engineering & Computing*, 2010; <http://dx.doi.org/10.1007/s11517-010-0701-3>.
47. Esma Dilek and Murat Dener, Computer Vision Applications in Intelligent Transportation Systems: A Survey, *Sensors* 2023, pp. 1-65; <https://doi.org/10.3390/s23062938>.
48. Anshu Prakash Murdan, Vicky Bucktowar, Vishwamitra Oree and Marcus P. Enoch, Low-cost bus seating information technology system, *IET Intelligent Transport Systems*, Volume14, Issue10, 2020 pp. 1303-1310; <https://doi.org/10.1049/iet-its.2019.0529>.
49. Kapileswar Nellore and Gerhard P. Hancke, A Survey on Urban Traffic Management System Using Wireless Sensor Networks, *Sensors* 2016, 16(2), 157; <https://doi.org/10.3390/s16020157>.
50. Daniele Di Mitri, Khaleel Asyraaf Mat Sanusi, Kevin Trebing and Stefano Bromuri, MOBIUS: Smart Mobility Tracking with Smartphone Sensors, *Science and Technologies for Smart Cities*, 2021; http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-76063-2_31.
51. Apostolos Meliones and Demetrios Sampson, Blind MuseumTourer: A System for Self-Guided Tours in Museums and Blind Indoor Navigation, *Technologies* 2018, 6(1), 4; <https://doi.org/10.3390/technologies6010004>.
52. Zheng YANG, Chenshu WU, Zimu ZHOU, Xinglin ZHANG, Xu WANG and Yunhao LIY, Mobility Increases Localizability: A Survey on Wireless Indoor

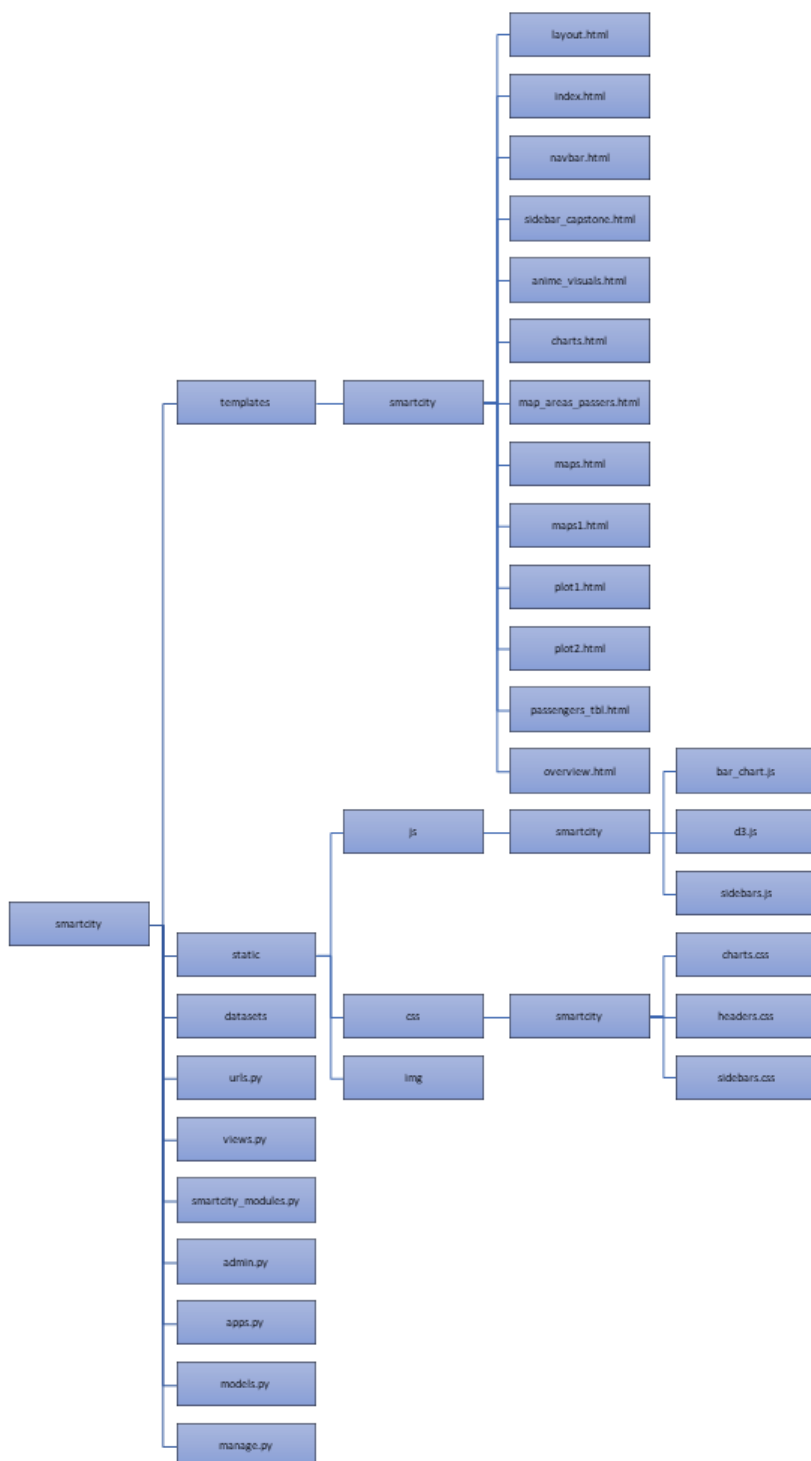
- Localization using Inertial Sensors, *ACM Computing Surveys*, 2015; <https://doi.org/10.1145/2676430>.
53. Jayavardhana Gubbi, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic and Marimuthu Palaniswami, Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions, *Future Generation Computer Systems*, Volume 29, Issue 7, 2013, pp. 1645-1660; <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>.
54. Βίτκος Μιχαήλ, Τεχνολογίες διασφάλισης της ιδιωτικότητας στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 2021; <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/24947/pIoT.pdf?sequence=1>.
55. Gonçalo Vítor, Pedro Rito, Susana Sargento and Filipe Pinto, A scalable approach for smart city data platform: Support of real-time processing and data sharing, *Computer Networks*, 2022; <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109027>.
56. Vaia Moustaka, Athena Vakali and Leonidas G. Anthopoulos, A systematic review for smart city data analytics, *ACM Computing Surveys*, 2018; <https://doi.org/10.1145/3239566>.
57. Mina Farmanbar and Chunming Rong, Triangulum City Dashboard: An Interactive Data Analytic Platform for Visualizing Smart City Performance, *Processes* 8(2):250, 2020; <http://dx.doi.org/10.3390/pr8020250>.
58. Garrett, J.J., The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond, Chapter 1, *Publisher(s): New Riders*, ISBN: 9780321688651; [Σύνδεσμος](#).
59. Gandhi, Parul & Pruthi, Jyoti. (2020). Data Visualization Techniques: Traditional Data to Big Data; http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-2282-6_4.
60. Ajibade, Samuel and Adediran, Anthonia, An Overview of Big Data Visualization Techniques in Data Mining, *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, pp. 105-113; https://www.researchgate.net/publication/305905594_An_Overview_of_Big_Data_Visualization_Techniques_in_Data_Mining.
61. Jing He, Haonan Chen, Yijin Chen, Xinming Tang and Yebin Zou, Diverse Visualization Techniques and Methods of Moving-Object-Trajectory Data: A Review, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2019, 8(2), 63; <https://doi.org/10.3390/ijgi8020063>.

62. WIKIPEDIA, Comma-separated values; https://en.wikipedia.org/wiki/Comma-separated_values, πρόσβαση 11/7/2023.
63. WIKIPEDIA, Project Jupyter, https://en.wikipedia.org/wiki/Project_Jupyter, πρόσβαση 11/7/2023
64. Jupyter, Project Jupyter Documentation, <https://docs.jupyter.org/en/latest/>, πρόσβαση 11/7/2023.
65. Geeks for Geeks, Top 10 Frameworks for Web Applications <https://www.geeksforgeeks.org/top-10-frameworks-for-web-applications/>, πρόσβαση 5/6/2023.
66. FUIOR, F., Introduction in Python frameworks for web development, *Romanian Journal of Information Technology & Automatic*, 2021, 31(3); https://rria.ici.ro/wp-content/uploads/2021/09/art._Fuior.pdf.
67. Pandas, About pandas; <https://pandas.pydata.org/about/index.html>, πρόσβαση 2/3/2023.
68. W3 schools, Pandas Tutorial; <https://www.w3schools.com/python/pandas/default.asp>, πρόσβαση 2/3/2023.
69. GeoPandas, GeoPandas 0.13.2 - Description <https://geopandas.org/en/stable/>, πρόσβαση 5/8/2023.
70. Shapely, Shapely 2.0.1 Documentation; <https://shapely.readthedocs.io/en/stable/>, πρόσβαση 10/8/2023.
71. Shapely, The Shapely User Manual <https://shapely.readthedocs.io/en/stable/manual.html>, πρόσβαση 12/8/2023.
72. Django Plotly Dash, Introduction; <https://django-plotly-dash.readthedocs.io/en/latest/introduction.html>, πρόσβαση 15/7/2023.
73. Geeks for Geeks, Python Plotly tutorial; <https://www.geeksforgeeks.org/python-plotly-tutorial/#Installation>, πρόσβαση 2/7/2023.
74. Folium, Python data, leaflet.js maps; <https://python-visualization.github.io/folium/>, πρόσβαση 3/7/2023.
75. ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, HTML; <https://en.wikipedia.org/wiki/HTML5>, πρόσβαση 02/07/2023.
76. H. Henderson, Facts on File Science Library, *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, 2008; [access](#).

77. Geeks for Geeks, Bootstrap 5; <https://www.geeksforgeeks.org/bootstrap-5/>, πρόσβαση 02/07/2023.
78. Chart.js, Documentation; <https://www.chartjs.org/docs/latest/>, πρόσβαση 29/08/2023.
79. ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, Chart.js; <https://en.wikipedia.org/wiki/Chart.js>, πρόσβαση 29/08/2023.
80. D3, Introduction; <https://d3js.org/what-is-d3>, πρόσβαση 31/08/2023.
81. Geeks for Geeks, D3.js; <https://www.geeksforgeeks.org/d3-js/>, πρόσβαση 31/08/2023.
82. Zulfikar Dinar Wahidayat Putra and Wim GM van der Knaap, Urban Innovation System and the Role of an Open Web-based Platform: The Case of Amsterdam Smart City, *Journal of Regional and City Planning*, 2018, 29(3), pp. 234-249; <http://dx.doi.org/10.5614/jrcp.2018.29.3.4>.
83. United Nations, The World's Cities in 2018, Economic and Social Affairs; ([Access](#)).
84. ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, Interquartile range; https://en.wikipedia.org/wiki/Interquartile_range, πρόσβαση 23/08/2023.
85. Theodora Koulouri, Stanislaos Lauria, and Robert D. Macredie, Teaching Introductory Programming: A Quantitative Evaluation of Different Approaches. *ACM Trans. Comput. Educ.* 14, 2015, 4, Article 26, pp 1-28; <https://doi.org/10.1145/2662412>.
86. Amsterdam Smart City; <https://amsterdamsmartcity.com/>, πρόσβαση 17/08/23.

Παράρτημα Κώδικα

Δομή Κώδικα



Κείμενο Κώδικα

Ο κώδικας που ακολουθεί είναι διαθέσιμος στο ακόλουθο repository του Github:

https://github.com/ASkouloudakis/capstone_A_Skouloudakis.git

python code

apps.py

```
from django.apps import AppConfig
class SmartcityplatformConfig(AppConfig):
    default_auto_field = 'django.db.models.BigAutoField'
    name = 'smartcity'
```

urls.py

```
from django.urls import path
from . import views

# For each URL, add to the urlpatterns list the path function
with two or three arguments:
# A string with the URL path, a function from views.py that we
wish to call when that URL is visited,
# and (optionally) a name for that path, in the format
name="something".
app_name = 'smartcity' # Define the app namespace

urlpatterns = [
    path("", views.index, name="index"),
    path('overview/', views.overview, name='overview'),
    path('plot2/', views.plot2, name='plot2'),
    path('passengers_tbl/', views.passengers_tbl,
         name='passengers_tbl'),
    path('passengers_tbl/<int:page>/', views.passengers_tbl,
         name='passengers_tbl'),
    path('maps/', views.maps, name='maps'),
    path('maps1/', views.maps1, name='maps1'),
    path('plot1/', views.plot1, name='plot1'),
    path('map_areas_passers/', views.map_areas_passers,
         name='map_areas_passers'),
    path('anime_visuals/', views.anime_visuals,
         name='anime_visuals'),
]
```

smartcity_modules.py

```
import pandas as pd
import geopandas as gpd
import numpy as np
import folium
import pyproj
import os
import plotly.express as px
import json
from folium.plugins import MarkerCluster
from folium.plugins import StripePattern
import ast
from shapely.geometry import Point
from shapely import wkt
from shapely.ops import transform
from shapely.wkt import loads

# ----- Get
# Datasets -----
def get_polygons():
    # Συνδυάζει τον κατάλογο του τρέχοντος σεναρίου με το
    # όνομα αρχείου 'gebieden-wijken.csv' για να δημιουργήσει
    # μια πλήρη διαδρομή προς αυτό το αρχείο, από οπουδήποτε
    # στο σύστημα αρχείων
    file_path = os.path.join(os.path.dirname(__file__),
                              'datasets/gebieden-wijken.csv')

    # Μετατροπή του αρχείου CSV σε ένα pandas DataFrame με το
    # όνομα 'polygons'.
    polygons = pd.read_csv(file_path)
    return polygons

def get_roads(file_name):
    file_path = os.path.join(os.path.dirname(__file__),
                              'datasets/' + file_name)

    # Μετατροπή του αρχείου CSV σε ένα pandas DataFrame με το
    # όνομα 'road_edges'.
    road_edges = pd.read_csv(file_path)

    return road_edges

def get_horeca_data(file_name):
    file_path = os.path.join(os.path.dirname(__file__),
                              'datasets/' + file_name)
```

```
# Μετατροπή του αρχείου CSV σε ένα pandas DataFrame με το
όνομα 'horeca_position'.
horeca_position = pd.read_csv(file_path)

return horeca_position

def get_areas_crowd_sens():

    file_path = os.path.join(os.path.dirname(__file__),
                              'datasets/areas_crowd_sens_df.csv')

    # Μετατροπή του αρχείου CSV σε ένα pandas DataFrame με το
    όνομα 'areas_crowd_sens'.
    areas_crowd_sens = pd.read_csv(file_path)

    return areas_crowd_sens

def get_areas_polygons_of_amsterdam():

    file_path = os.path.join(os.path.dirname(__file__),
                              'datasets/areas_polygons_of_amsterdam.csv')

    # Μετατροπή του αρχείου CSV σε ένα pandas DataFrame με το
    όνομα 'areas_polygons_of_amsterdam'.
    areas_polygons_of_amsterdam = pd.read_csv(file_path)

    return areas_polygons_of_amsterdam

def read_csv_file():

    # Ορισμός των τύπων των στηλών του dataframe
    dtypes = {
        'Sensor': str,
        'Periode': str,
        'Naamlocatie': str,
        'Datumuur': str,
        'Aantalpassanten': int,
        'Gebied': str,
        'Geometrie': str,
        'Year':int,
        'Month':int,
        'Date':int,
        'Hour':int
    }

    # Μετατροπή του αρχείου CSV σε ένα pandas DataFrame με το
    όνομα 'areas_polygons_of_amsterdam'.
```

```
df = pd.read_csv('smartcity/datasets/dataset.csv',
dtype=dtypes)

# Μετονομασία των στηλών του dataframe df
df.columns=['id', 'Sensor', 'Period', 'LocationName',
'DateHour', 'Passers', 'Area', 'Geometry', 'Year', 'Month',
'Date', 'Hour']
return df

# ----- Create
Displays -----
def display_table():

    # Διαβάζεται το csv αρχείο dataset και αποδίδεται στο
dataframe df.
    df = read_csv_file()

    # Φιλτράρισμα του df για όλες της τιμές της στήλης
'Period' όταν είναι ίση με 'uur'.
    df = df[df['Period'] == 'uur']

    # Δημιουργία λίστών με μοναδικές τιμές για τις στήλες
sensors, location_names και areas.
    sensors = df['Sensor'].unique().tolist()
    location_names = df['LocationName'].unique().tolist()
    areas = df['Area'].unique().tolist()

    # Επιστροφή του φιλτραρισμένου df και των λιστών sensors,
location_names και areas.
    return df, sensors, location_names, areas

def filter_dataframe(df, area, location_name, sensor):
    filtered_df = df
    if area != 'all':
        filtered_df = df[df['Area'] == area]
    if location_name != 'all':
        filtered_df = df[df['LocationName'] == location_name]
    if sensor != 'all':
        filtered_df = df[df['Sensor'] == sensor]

    print(f"{sensor} {location_name} {area}")

    return filtered_df

def chart_bar_pivot(df): #

    ##### Δημιουργία Pivot dataframe για το το
ChartBar #####
```

```
# Επιλογή στηλών από το dataframe που εισάγεται ως όρισμα
και δημιουργία του dataframe 'chart_ar_year_pass'.
chart_ar_year_pass = df[['DateHour', 'Passers',
'Area']].copy()

# Αντικατάσταση των τιμών της στήλης 'DateHour' με το έτος
της εκάστοτε ημερομηνίας.
chart_ar_year_pass['DateHour'] =
pd.to_datetime(chart_ar_year_pass['DateHour']).dt.year

# Groups chart_ar_year_pass data by 'Area' and 'DateHour',
υπολογισμό μερήσιου μέσου όρου ανά έτος
# σε κάθε περιοχή και δημιουργία του dataframe grouped.
grouped = chart_ar_year_pass.groupby(['Area', 'DateHour'],
as_index=False).mean()

# Δημιουργία Pivot table με ευρετήριο τη στήλη 'Area'
pivot = grouped.pivot(index='Area', columns='DateHour',
values='Passers')

# Επανάφορα του ευρετηρίου και μετατροπή του ευρετηρίου
'Area' σε στήλη
pivot.reset_index(inplace=True)

# Συμπλήρωση των τιμών που λείπουν με 0
pivot.fillna(0, inplace=True)

# Μετατροπή των τιμών της στήλης 'Passers' σε ακεραίους
pivot[pivot.columns[1:]] = pivot.iloc[:, 1:].astype(int)

##### End of create the dataframe Pivot
#####

# Create datasets for chartBar
dataset_graph_json = []

# Επιλογή των χρωμάτων για τις μπάρες του γραφήματος
rgb = ['63, 57, 247', '247, 57, 57', '255, 99, 132', '255,
159, 64', '255, 205, 86', '75, 192, 192', '54, 162, 235',
'153, 102, 255', '201, 203, 207', '101, 247, 57']

index = 0
for i, row in pivot.iterrows():
    # Δημιουργία χρώματος φόντου σε μορφή RGBA
    χρησιμοποιώντας την τιμή RGB από τη λίστα 'rgb' με αδιαφάνεια
    0,2.
    rgba_bgc = 'rgba('+ rgb[index] + ', 0.2)'
```

```
# Δημιουργία χρώματος περιγράμματος σε μορφή RGBA
χρησιμοποιώντας την τιμή RGB από τη λίστα 'rgb' με πλήρη
αδιαφάνεια.
rgba_border = 'rgba('+ rgb[index] + ', 1)'

# Ανάκτηση της περιοχής της τρέχουσας σειράς.
area = row['Area']

# Ανάκτηση των τιμών δεδομένων από τη δεύτερη στήλη
και μετά, για τη τρέχουσα σειρά.
data = list(row.iloc[1:])

# Ορισμός backgroundColor borderColor και borderWidth
των στοιχείων του γραφήματος για τη τρέχουσα σειρά.
backgroundColor = rgba_bgc
borderColor = rgba_border
borderWidth = 1
dataset_graph_json.append({'label': area, 'data':
data, 'backgroundColor': backgroundColor, 'borderColor':
borderColor, 'borderWidth': borderWidth})

index += 1
return dataset_graph_json, chart_ar_year_pass # Επιστροφή
του γραφήματος και του dataframe 'chart_ar_year_pass'

def point_to_lonlat(point):
    # Εξαγωγή των συντεταγμένων από τη συμβολοσειρά 'point'
    x, y = point.split("POINT (")[1].split(" ")[0].split()
    x = float(x)
    y = float(y)

    # Ορισμός συστημάτων αναφοράς συντεταγμένων
    # Σύστημα αναφοράς συντεταγμένων - Πηγή
    source = pyproj.CRS.from_string("+proj=sterea
+lat_0=52.15616055555555 +lon_0=5.38763888888889 +k=0.9999079
+x_0=155000 +y_0=463000 +ellps=bessel
+towgs84=565.417,50.3319,465.552,-0.398957,0.343988,-
1.8774,4.0725 +units=m +no_defs")
    # Σύστημα αναφοράς συντεταγμένων - Στόχος
    target = pyproj.CRS.from_string("EPSG:4326")

    # Δημιουργία μετατροπέα χρησιμοποιώντας το καθορισμένο CRS
    transformer = pyproj.Transformer.from_crs(source, target,
always_xy=True)

    # Μετατροπή των συντεταγμένων
    lon, lat = transformer.transform(x, y)
```

```
# Επιστροφή γεωγραφικού μήκους and γεωγραφικού πλάτους
return lon, lat

#
*****
*****88

def create_interactive_mobility_map(data):
    # Δημιουργία χάρτη
    amsterdam_map = folium.Map(location=[52.379189, 4.899431],
    zoom_start=12, width='96%', height=550)

    # Διατρέχεται το Dataframe που έχει εισαχθεί ως όρισμα
    for _, row in data.iterrows():

        # Ανάκτηση των συντεταγμένων της στήλης
        'geometrie_epsg_4326', στην τρέχουσα γραμμή
        lat_lng_coords_str = row['geometrie_epsg_4326']

        # Μετατροπή των συντεταγμένων της στήλης
        'lat_lng_coords_str' σε μια λίστα, στην τρέχουσα γραμμή.
        lat_lng_coords = ast.literal_eval(lat_lng_coords_str)

        # Δημιουργείται ένα αντικείμενο PolyLine και
        προστίθεται στο χάρτη
        folium.PolyLine(locations=lat_lng_coords,
        color='blue').add_to(amsterdam_map)

    # Επιστρέφεται ο χάρτης
    return amsterdam_map

def create_sensors_map(data): # Δημιουργία χάρτη αισθητήρων

    coord = []
    coord_WGS_84 = []

    data['Sensor_Geometry'] = data['Sensor'] + ";" +
    data['LocationName'] + ";" + data['Geometry']

    Sensor_Geometry =
    data['Sensor_Geometry'].drop_duplicates()

    for row in Sensor_Geometry:
        # Split rows
        result = row.split("POINT")
        sensor = result[0].split(";")[0]
        locationName = result[0].split(";")[1]
```

```
result = result[1][2:-1]

result = result.split(" ")
# Temporary tuple is created with system coordinates
SRID=28992
    coord.append((sensor, locationName, result[0],
result[1]))

for coordinates in coord:
    x3 = float(coordinates[2])
    x4 = float(coordinates[3])

    point = Point(x3, x4)
    point_gpd = gpd.GeoSeries([point], crs='epsg:28992')

    # Reproject the point to WGS 84
    point_gpd = point_gpd.to_crs(epsg=4326)

    coord_WGS_84.append((coordinates[0], coordinates[1],
point_gpd.y[0], point_gpd.x[0]))

data = pd.DataFrame(coord_WGS_84)
data.columns = ['Sensor', 'LocationName', 'Latitude',
'Longitude']

lat = data['Latitude']
lon = data['Longitude']
sensor = data['Sensor']
locationName = data['LocationName']

sensors_map = folium.Map(location=[lat.mean(),
lon.mean()], zoom_start=12)

# Define a list of colors for markers
colors = ['red', 'blue', 'green', 'orange', 'purple',
'pink', 'gray', 'yellow', 'black', 'brown']

for _, row in data.iterrows():
    lat = row['Latitude']
    lon = row['Longitude']
    sensor = row['Sensor']
    locationName = row['LocationName']

    # Get the color for the marker based on its index
    color = colors[_ % len(colors)]

    # Create the marker with the specified color
```

```
marker = folium.Marker(location=[lat, lon],
popu=f"<b>{locationName}</b> - sensor: {sensor}",
icon=folium.Icon(color=color))

# Add the marker to the map
marker.add_to(sensors_map)

return sensors_map

def create_horeca_map(data): # Δημιουργία χάρτη HORECA

# data = data[data['Zaakcategorie']=='Restaurant']
categories = data['Zaakcategorie'].unique()

# Centered the map
map = folium.Map(location=[52.373338, 4.891206],
zoom_start=12, width='97%', height=550)

# Creating an instance of MarkerCluster() and adding to
map
# marker_cluster = MarkerCluster().add_to(map)

# colors = ['blue']

for category in categories:

if category == "Café":
show=True
else:
show=False
# Create a feature group for the current category
feature_group = folium.FeatureGroup(name=category,
show=show)

# Create marker cluster and add it to the feature
group
marker_cluster = MarkerCluster().add_to(feature_group)

# Filter the data for the current category
filtered_data = data[data['Zaakcategorie'] ==
category]

for _, row in filtered_data.iterrows():
if row['Lat'] and row['Lon']:
lat = row['Lat']
lon = row['Lon']
categorie = row['Zaakcategorie']
brand_name = row['Zaaknaam']
```

```

address = row['Adres']

# Create the marker with the specified color
marker = folium.Marker(
    location=[lat, lon],
    popup=f"<div style='width: 200px;'> <b>
Categorie:</b> {categorie}</br> <b>Brand:</b>
{brand_name}</br> <b>Adress:</b> {address}<b></br> Lat:</b>
{lat} <b></br> Lon:</b> {lon} </div>",
    icon=folium.Icon(color='blue'),
).add_to(marker_cluster)

# Add the feature group to the map
feature_group.add_to(map)

folium.LayerControl(collapsed=False).add_to(map)

return map

def bubble_plot(df, year, x, y, size, color, hover_name,
default_option):

    fig = px.scatter(df.query(year), x=x, y=y,
                    size=size, color=color,
                    hover_name=hover_name, log_x=True,
size_max=50, facet_col="Year")

    for trace in fig.data:
        if default_option not in trace.name:
            trace.visible = 'legendonly'

    return fig

def areas_passers_map (df, df1):
    # Η συνάρτηση δέχεται ως όρισματά δύο DataFrames
    # Αντιγράφονται γεωμετρίες του Dataframe df1 στο df
    df['Geometrie'] = df1['Geometrie'].values

    # Αντικαθιστούμε τις περιοχές με πλήθος = 0 με NaN
    df['Aantalpassanten'] = df['Aantalpassanten'].replace(0,
np.nan)

    # Υλοποιείται συνάρτηση η οποία εξάγει τις WKT
    συντεταγμένες και τις μετατρέπουμε σε γεωμετρία Shapely
    def convert_geometry(value):
        wkt_str = value.split(";")[1]
        geometry = loads(wkt_str)
        return geometry

```

```
# Εφαρμόζουμε τη συνάρτηση convert_geometry() στη στήλη
'Geometrie'
df['Geometrie'] = df['Geometrie'].apply(convert_geometry)

# Μετατρέπουμε το DataFrame σε ένα GeoDataFrame
geoJSON_df1 = gpd.GeoDataFrame(df, geometry='Geometrie')

# Ορίζουμε το παρόν σύστημα συντεταγμένων και το
προβάλλουμε στο EPSG:4326
geoJSON_df1.crs = "EPSG:28992"
geoJSON_df1 = geoJSON_df1.to_crs("EPSG:4326")

# Ορίζουμε νέο χάρτη
map = folium.Map(location=[52.370017472433854,
4.8925988104555245], zoom_start=11, width='96%', height=550)

# Ορίζουμε τίτλο για το χάρτη
title_html = '''
    <h3 align="center" style="font-
size:20px"><b>Μέτρηση Πλήθους ανά Περιοχή</b></h3>
    '''

# Προσθέτουμε το τίτλο στο χάρτη
map.get_root().html.add_child(folium.Element(title_html))

# Ορίζουμε ένα χάρτη Choropleth
choropleth = folium.Choropleth(
    geo_data=geoJSON_df1, # Ορίζουμε την πηγή των
δεδομένων μορφής GeoJSON για το χάρτη choropleth.
    data=geoJSON_df1, # Ταίριαζουμε τα δεδομένα με
geoDataFrame
    # Ορίζουμε ποιες στήλες θα χρησιμοποιηθούν:
'Identificatie' ως αναγνωριστικό για κάθε περιοχή
    # και 'Aantalpassanten' για την τιμή δεδομένων που θα
απεικονιστεί.
    columns=['Identificatie', "Aantalpassanten"],
    key_on="feature.properties.Identificatie", # Ορισμός
Κλειδιού για την αντιστοίχιση με το 'Identificatie' στα
δεδομένα για σύνδεση του GeoJSON με τιμές δεδομένων.
    fill_color='YlOrRd',
    fill_opacity=0.7,
    line_opacity=0.2,
    legend_name="Μέτρηση Πλήθους",
    smooth_factor=0, # Μειώνεται ο αριθμός των μικρών
ατελειών στα περιγράμματα, το 0 σημαίνει χωρίς εξομάλυνση.
    Highlight=True, # # Επισημαίνονται οι περιοχές όταν
τοποθετούνται το δείκτη του ποντικιού πάνω τους.
    line_color="#0000",
```

```

        name="Aantalpassanten",
        show=False, # Ορίζεται ότι το layer δεν πρέπει να
        είναι ορατό κατά τη φόρτωση του χάρτη.
        overlay=True, # Ορίζεται ότι το layer επικαλύπτει την
        βάση του χάρτη
        nan_fill_color="lightgrey"
    ).add_to(map)

    # Προσθέτουμε στο χάρτη λειτουργία hover.
    style_function = lambda x: {'fillColor': '#ffffff',
                                'color': '#000000',
                                'fillOpacity': 0.1,
                                'weight': 0.1}
    highlight_function = lambda x: {'fillColor': '#000000',
                                    'color': '#000000',
                                    'fillOpacity': 0.50,
                                    'weight': 0.1}

    NIL = folium.features.GeoJson(
        data = geoJSON_df1,
        style_function=style_function,
        control=False,
        highlight_function=highlight_function,
        tooltip=folium.features.GeoJsonTooltip(
            fields=['Name', 'Aantalpassanten'],
            aliases=['Area', 'Passers'],
            style=("background-color: white; color: #333333;
font-family: arial; font-size: 12px; padding: 10px;")
        )
    )
    map.add_child(NIL)
    map.keep_in_front(NIL)

    # Προστίθεται cross-hatching (διασταύρωση γραμμών) για να
    εμφανιστούν οι τιμές NaN.
    nans =
    geoJSON_df1[geoJSON_df1["Aantalpassanten"].isnull()][ 'Identifi
    catie'].values
    gdf_nans =
    geoJSON_df1[geoJSON_df1['Identificatie'].isin(nans)]
    sp = StripePattern(angle=45, color='grey',
    space_color='white')
    sp.add_to(map)

    folium.features.GeoJson(name="Click για Περιοχές χωρίς
    Πλήθος",data=gdf_nans, style_function=lambda x
    :{'fillPattern': sp}, show=False).add_to(map)

    # Προσθέτουμε dark και light mode.
    
```

```

folium.TileLayer('cartodbdark_matter',name="dark
mode",control=True, show=True).add_to(map)
folium.TileLayer('cartodbpositron',name="light
mode",control=True).add_to(map)

# Προσθέτουμε ένα layer controller.
folium.LayerControl(collapsed=False).add_to(map)

return map

def create_areas_pass_per_week(data):

    # Φιλτράρισμα του Dataframe στη βάση του
data['Period']=='week'.
df=data[data['Period']=='week']

    # Ορίζεται η στήλη 'DateHour' σε τύπο datetime
df['DateHour'] = pd.to_datetime(df['DateHour'])

    # Δημιουργείται στήλη με το όνομα 'Week_Number' στην οποία
θα περιλαμβάνονται οι αριθμοί
    # των εβδομάδων με βάση την ημερομηνία στη στήλη DateHour
του DataFrame
df['Week_Number'] = df['DateHour'].dt.isocalendar().week

    # Δημιουργείται το DataFrame 'sensor_df dataframe' με
συγκεκριμένες στήλες
sensor_df = df[['Area', 'Passers', 'Week_Number',
'Year']].copy()

    # Μετατροπή του DataFrame σε μορφότυπο JSON
json_data = sensor_df.to_json(orient='records')

    # Δημιουργείται διαδραστικό γράφημα χρησιμοποιώντας τη
βιβλιοθήκη Vega-Lite για τη μέτρηση του πλήθους ανά περιοχή
και εβδομάδα
vega_spec = {
    "$schema": "https://vega.github.io/schema/vega-
lite/v5.json",
    "width": 900.0, "height": 400,
    "data": {
        "values": json.loads(json_data) # Φορτώνεται τ
σύνολο δεδομένων
    },
    "mark": "bar", # Ορίζεται ο τύπος του γραφήματος από
μία σειρά γραφημάτων π.χ. area, bar, line, circle κλπ
    "params": [{
        "name": "industry",

```

```

        "select": {"type": "point", "fields": ["Area"]},
        "bind": "legend"
    }],
    "encoding": {
        "x": {
            "field": "Week_Number", # Ορίζεται η στήλη
            του DataFrame στον άξονα x
            "type": "ordinal", # Ορίζεται ο τύπος για
            διακριτές τιμές
            "axis": {
                "title": "Εβδομάδα", # Ορίζεται ο τίτλος
                "labelAngle": 0, # Περιστρέφονται οι
                ετικέτες του άξονα σε -45 μοίρες
                "labelSeparation": 20, # Ορίζεται ο
                διαχωρισμός μεταξύ των τιμών του άξονα x
                "values": list(range(1, 53, 5)) #
                Εμφανίζεται ο αριθμός για κάθε 5η εβδομάδα
            }
        },
        "y": {
            "aggregate": "sum", "field": "Passers",
            #Ορίζεται η στήλη του DataFrame στον άξονα y και ο τρόπος
            διαχείρισης σε 'sum'
            "axis": {
                "title": "Αθροισμα Πλήθους" # Ορίζεται ο
            τίτλος
            }
        },
        "color": {
            "field": "Area", # Ορίζεται το πεδίο βάσης για
            τον προσδιορισμό του χρώματος των σημείων δεδομένων.
            "scale": {"scheme": "goldred"} # Εφαρμόζεται ο
            συνδυασμός χρωμάτων "category20b"
        },
        "opacity": {
            "condition": {"param": "industry", "value":
            1}, # Για τις επιλεγμένες περιοχές η αδιαφάνεια είναι 1
            "value": 0.2 # Για τις μη επιλεγμένες περιοχές
            η αδιαφάνεια είναι 0.2
        }
    }
}

# Convert the Vega-Lite specification to a JSON string and
return it
return json.dumps(vega_spec)

def passers_on_today_year(df):

```

```
# Ανακτιάται το τρέχον έτος
year = df['Year'].max()

# Φιλτράρεται το Dataframe στις γραμμές του τρέχοντος
έτους.
data2023 = df[df['Year']==year]

# Δημιουργείται Dataframe στις γραμμές που ισχύει
data2023['Period']=='uur'
dt = data2023[data2023['Period']=='uur']

# Δημιουργείται Dataframe με τα σύνολα της μέτρησης
πλήθους για κάθε περιοχή
grouped_df =
dt.groupby(['Area'])['Passers'].sum().reset_index()

# Δημιουργείται Dataframe στις γραμμές που ισχύει
data2023['Period']=='dag'
passers_per_day = data2023[data2023['Period']=='dag']

# Αφαίρεση των ακραίων τιμών με την Μέθοδο IQR
(Interquartile Range)
# Υπολογίζονται τα Q1 και Q3 για κάθε Περιοχή (Area)
Q1 =
passers_per_day.groupby('Area')['Passers'].transform(lambda x:
x.quantile(0.25))
Q3 =
passers_per_day.groupby('Area')['Passers'].transform(lambda x:
x.quantile(0.75))

# Υπολογίζεται το διατεταρτημοριακό διάστημα interquartile
range (IQR)
IQR = Q3 - Q1

# Ορίζονται τα πάνω και το κάτω όριο
lower_bound = Q1 - 1.5 * IQR
upper_bound = Q3 + 1.5 * IQR

# Φιλτράρονται οι τιμές πέραν των ακραίων
filtered_df = passers_per_day[(passers_per_day['Passers']
>= lower_bound) & (passers_per_day['Passers'] <= upper_bound)]

# Επιστρέφεται το τρέχον έτος, το DataFrame των συνόλων
και το DataFrame των ημερήσιων μετρήσεων.
return year, grouped_df.to_json(orient="records"),
filtered_df.to_json(orient="records")
```

Templates

layout.html

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width,
initial-scale=1.0">
  <title>Capstone</title>
  {% load static %}
  <link rel="shortcut icon" type="image/x-icon" href="{%
static 'smartcity/img/favicon.ico' %}">
  <link
href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.1/dist/css/bo
otstrap.min.css" rel="stylesheet">

  <link rel="stylesheet"
href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/bootstrap-
datepicker/1.9.0/css/bootstrap-datepicker.min.css">
  <link rel="stylesheet"
href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-
awesome/4.7.0/css/font-awesome.min.css">
  <link rel="stylesheet" href="{% static
'smartcity/css/sidebars.css' %}">

  <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.1/dist/js/boot
strap.bundle.min.js"></script>

  <script
src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.4.1/jquery
.min.js"></script>
  <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js@2.9.3/dist/Chart.mi
n.js"></script>
  <script src="https://code.jquery.com/jquery-
3.6.0.min.js"></script>

  <script src="https://d3js.org/d3.v5.min.js"></script>
  <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@observablehq/plot@0.6"></sc
ript>

  <style>
```

```
.row {
  display: -ms-flexbox;
  display: flex;
  -ms-flex-wrap: wrap;
  flex-wrap: wrap;
  margin-right: -7.5px;
  margin-left: -7.5px;
}

.bg-info, .bg-info > a {
  color: #fff !important;
}

.small-box {
  border-radius: .25rem;
  box-shadow: 0 0 1px rgba(0,0,0,.125), 0 1px 3px
  rgba(0,0,0,.2);
  display: block;
  margin-bottom: 20px;
  position: relative;
}

.small-box > .inner {
  padding: 10px;
  color: white;
}

*, ::after, ::before {
  box-sizing: border-box;
}

.small-box h3 {
  font-size: 2.2rem;
  font-weight: 700;
  margin: 0 0 10px;
  padding: 0;
  white-space: nowrap;
}

.small-box .icon {
  color: rgba(0,0,0,.15);
  z-index: 0;
}

.small-box > .small-box-footer {
  background-color: rgba(0,0,0,.1);
  color: rgba(255,255,255,.8);
  display: block;
```

```
padding: 3px 0;
position: relative;
text-align: center;
text-decoration: none;
z-index: 10;
}

.input-label{
    position: absolute;
    top: 0;
    left: 0;
    font-size: 14px;
    padding: 8px;
    color: #9e9e9e;
    pointer-events: none;
    /*other styles*/
}

.dropdown-menu li a:hover {
    background-color: #f1f1f1;
    color: #333;
}

.nav-link:hover, .dropdown-item:hover {
    background-color: #f1f1f1;
    color: #333;
}

#fixed-column {
    position: absolute;
    top: 50;
    left: 10px;
    height: 100vh;
    overflow-y: auto;
}

#fixed-column1 {
    position: absolute;
    top: 50;
    left: 100px;
    height: 100vh;
    overflow-y: auto;
}

.rectangle:hover {
    opacity: 0.66;
}
```

```
#infoModal .modal-dialog {
    max-width: 60%;
}

#infoModal .modal-content {
    height: 450;
    overflow-y: auto; /* Add scrollbar if content
exceeds modal height */
}

</style>

<script>
$(document).ready(function() {
    $('#filter_sensor, #filter_location_name,
#filter_area').change(function() {
        $('form').submit();
    });
});
</script>

</head>
<body class="bg-light">
    {% include 'smartcity/navbar.html' %}

    {% block body %}{% endblock %}

    <!-- Συμπερίληψη των βιβλιοθηκών Vega, Vega-Lite, and
Vega-Embed -->
    <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vega@5"></script>
    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vega-
lite@5"></script>
    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vega-
embed@6"></script>

    <script src="https://code.jquery.com/jquery-
3.6.0.min.js"></script>

    <!-- Συμπερίληψη των σεναρίων υλοποίησης -->
    <script src="{% static 'smartcity/js/bar_chart.js'
%}"></script>
    <script src="{% static 'smartcity/js/d3.js' %}"></script>
    <script src="{% static 'smartcity/js/charts.js'
%}"></script>

    <script>
```

```
(() => {  
    'use strict'  
  
    // Ανάπτυξη σεναρίου για φόρμα Αυθεντικοποίησης  
    const forms = document.querySelectorAll('.needs-  
validation')  
  
    // Έλεγχος και αποτροπή της υποβολής  
    Array.from(forms).forEach(form => {  
        form.addEventListener('submit', event => {  
            if (!form.checkValidity()) {  
                event.preventDefault()  
                event.stopPropagation()  
            }  
            form.classList.add('was-validated')  
        }, false)  
    })  
})()  
</script>  
  
<script>  
    // Αντιστοίχιση κωδικών πρόσβασης και υποβολή φόρμας ή  
    κόχι  
    let alert = document.getElementById("alert");  
    if (alert !== null){  
        alert.style.display = "none";  
        let password = document.getElementById("password");  
        let checkPassword =  
document.getElementById("check_password");  
        let submitBtn =  
document.querySelector("button[type='submit']");  
        submitBtn.addEventListener("click", function(event)  
{  
            if (password.value !== checkPassword.value) {  
                alert.style.display = "block";  
                event.preventDefault();  
            } else {  
                alert.style.display = "none";  
            }  
        });  
    }  
</script>  
  
<script>  
    $(document).ready(function() {
```

```
$('#accordionPanelsStayOpenExample').on('show.bs.collapse',  
function () {  
  
$('#accordionPanelsStayOpenExample.show').collapse('hide');  
});  
});  
</script>  
  
<script type="text/javascript">  
    // Εισαγωγή της οπτικοποίησης Μέτρηση πλήθους ανά  
εβδομάδα από το περιβάλλον του Django  
    var vega_spec = {{ vega_json | safe }};  
  
    // Ενσωματώση του διαγράμματος Μέτρηση πλήθους ανά  
εβδομάδα που υλοποιείται με τη βιβλιοθήκη  
    // Vega-Lite στο τμήμα της σελίδας με id = "vis".  
    vegaEmbed('#vis', vega_spec);  
</script>  
  
<script>  
    // Δημιουργία Σεναρίου για τη Σελίδα της επισκόπησης της  
εργασίας  
    // Συνάρτηση για την μετακίνηση του ελέγχου στην κορυφή  
της σελίδας  
    function scrollToTop() {  
        window.scrollTo({top: 0, behavior: 'smooth'});  
    }  
  
    // Εμφάνιση του κουμπιού κατά την μετακίνηση προς τα  
κάτω, απόκρυψη όταν βρίσκεται στην κορυφή  
    window.onscroll = function() {  
        let btn = document.getElementById("btnTop");  
        if (document.body.scrollTop > 20 ||  
document.documentElement.scrollTop > 20) {  
            btn.style.display = "block";  
        } else {  
            btn.style.display = "none";  
        }  
    };  
</script>  
</body>  
</html>
```

index.html

```
{% extends 'smartcity/layout.html' %}
```

```

{% block body %}
  <div class="container-fluid">
    <div class="row">
      {% include 'smartcity/sidebar_capstone.html' %}
      <div class="col-10 h-100 right" style="background-color:
#f4f6f9;">
        {% if employee == '0' %}
          <div id="employee-data">
            {{ employee }}
          </div>
        {% else %}
          <div>
            <!-- Display other form data similarly -->
          </div>
        {% endif %}

        {% include 'smartcity/charts.html' %}
      </div>
    </div>
  </div>
{% endblock %}

```

navbar.html

```

{% load static %}

<header class="p-3 border-bottom bg-white sticky-top">
  <div class="container">
    <div class="d-flex flex-wrap align-items-center justify-
content-center justify-content-lg-start">
      <a href="{% url 'smartcity:index' %}" class="d-flex
align-items-center mb-2 mb-lg-0 text-dark text-decoration-
none">
        
        <!-- <svg class="bi me-2" width="40" height="32"
role="img" aria-label="Bootstrap"><use
xlink:href="#bootstrap"></use></svg> -->
      </a>

      <ul class="nav col-12 col-lg-auto me-lg-auto mb-2
justify-content-center mb-md-0">
        <li><a href="{% url 'smartcity:overview' %}"
class="nav-link px-2 link-dark">Overview</a></li>
        <li class="nav-item dropdown" id="horecadownd">

```

```

        <a class="nav-link dropdown-toggle link-dark"
href="#" role="button" data-bs-toggle="dropdown">Τουρισμός</a>
        <ul class="dropdown-menu">
            <li><a href="{% url 'smartcity:maps' %}"
class="nav-link px-2 link-dark">HORECA</a></li>
            <li><a href="{% url 'smartcity:maps1' %}"
class="nav-link px-2 link-dark">Προσβάσιμο δίκτυο</a></li>
        </ul>
    </li>
    <li><a href="{% url 'smartcity:passengers_tbl' page=1
%}" class="nav-link px-2 link-dark">Πίνακες</a></li>
    <li><a href="{% url 'smartcity:anime_visuals' %}"
class="nav-link px-2 link-dark">Animations</a></li>
    <li class="nav-item dropdown" id="crowdmeasure">
        <a class="nav-link dropdown-toggle link-dark"
href="#" role="button" data-bs-toggle="dropdown">Αίσθηση
Πλήθους</a>
        <ul class="dropdown-menu">
            <li><a href="{% url 'smartcity:plot1'
%}?year=2023" class="nav-link px-2 link-dark">Μέτρηση
Πλήθους</a></li>
            <li><a href="{% url 'smartcity:map_areas_passers'
%}" class="nav-link px-2 link-dark">Μέτρηση Πλήθους / Περιοχή
& Ημέρα</a></li>
            <li><a href="{% url 'smartcity:plot2' %}"
class="nav-link link-dark">Μέτρηση Πλήθους / Περιοχή &
Εβδομάδα</a></li>
        </ul>
    </li>
</ul>

</div>
</div>
</header>
sidebar_capstone.html

{% load static %}

<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" style="display:
none;">
    <symbol id="bootstrap" viewBox="0 0 118 94">
        <title>Bootstrap</title>
        <path fill-rule="evenodd" clip-rule="evenodd" d="M24.509
0c-6.733 0-11.715 5.893-11.492 12.284.214 6.14-.064 14.092-
2.066 20.577C8.943 39.365 5.547 43.485 0
44.014v5.972c5.547.529 8.943 4.649 10.951 11.153 2.002 6.485
2.28 14.437 2.066 20.577C12.794 88.106 17.776 94 24.51
    </path>
    </symbol>
</svg>
    
```

```

94H93.5c6.733 0 11.714-5.893 11.491-12.284-.214-6.14.064-
14.092 2.066-20.577 2.009-6.504 5.396-10.624 10.943-11.153v-
5.972c-5.547-.529-8.934-4.649-10.943-11.153-2.002-6.484-2.28-
14.437-2.066-20.577C105.214 5.894 100.233 0 93.5 0H24.508zM80
57.863C80 66.663 73.436 72 62.543 72H44a2 2 0 01-2-2V24a2 2 0
012-2h18.437c9.083 0 15.044 4.92 15.044 12.474 0 5.302-4.01
10.049-9.119 10.88v.277C75.317 46.394 80 51.21 80
57.863zM60.521 28.34H49.948v14.934h8.905c6.884 0 10.68-2.772
10.68-7.727 0-4.643-3.264-7.207-9.012-7.207zM49.948
49.2v16.458H60.91c7.167 0 10.964-2.876 10.964-8.281 0-5.406-
3.903-8.178-11.425-8.178H49.948z"></path>
</symbol>
<symbol id="home" viewBox="0 0 16 16">
    <path d="M8.354 1.146a.5.5 0 0 0-.708 0l-6 6A.5.5 0 0 0
1.5 7.5v7a.5.5 0 0 0 .5.5h4.5a.5.5 0 0 0 .5-.5v-4h2v4a.5.5 0 0
0 .5.5H14a.5.5 0 0 0 .5-.5v-7a.5.5 0 0 0-.146-.354L13
5.793V2.5a.5.5 0 0 0-.5-.5h-1a.5.5 0 0 0-.5.5v1.293L8.354
1.146zM2.5 14V7.707l5.5-5.5 5.5 5.5V14H10v-4a.5.5 0 0 0-.5-
.5h-3a.5.5 0 0 0-.5.5v4H2.5z"/>
</symbol>
<symbol id="map" viewBox="0 0 16 16">
    <svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" width="16"
height="16" fill="currentColor" class="bi bi-pin-map-fill"
viewBox="0 0 16 16">
        <path fill-rule="evenodd" d="M3.1 11.2a.5.5 0 0 1 .4-
.2H6a.5.5 0 0 1 0 1H3.75L1.5 15h13l-2.25-3H10a.5.5 0 0 1 0-
1h2.5a.5.5 0 0 1 .4.2l3 4a.5.5 0 0 1-.4.8H.5a.5.5 0 0 1-.4-
.8l3-4z"/>
        <path fill-rule="evenodd" d="M4 4a4 4 0 1 1 4.5
3.969V13.5a.5.5 0 0 1-1 0V7.97A4 4 0 0 1 4 3.999z"/>
    </svg>
</symbol>
<symbol id="table" viewBox="0 0 16 16">
    <path d="M0 2a2 2 0 0 1 2-2h12a2 2 0 0 1 2 2v12a2 2 0 0 1-
2 2H2a2 2 0 0 1-2 2V2zm15 2h-4v3h4V4zm0 4h-4v3h4V8zm0 4h-
4v3h3a1 1 0 0 0 1-1v-2zm-5 3v-3H6v3h4zm-5 0v-3H1v2a1 1 0 0 0 1
1h3zm-4-4h4V8H1v3zm0-4h4V4H1v3zm5-3v3h4V4H6zm4 4H6v3h4V8z"/>
</symbol>
<symbol id="people-circle" viewBox="0 0 16 16">
    <path d="M11 6a3 3 0 1 1-6 0 3 3 0 0 1 6 0z"/>
    <path fill-rule="evenodd" d="M0 8a8 8 0 1 1 16 0A8 8 0 0 1
0 8zm8-7a7 7 0 0 0-5.468 11.37C3.242 11.226 4.805 10 8
10s4.757 1.225 5.468 2.37A7 7 0 0 0 8 1z"/>
</symbol>
<symbol id="anime" viewBox="0 0 16 16">
    <svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" width="16"
height="16" fill="currentColor" class="bi bi-images"
viewBox="0 0 16 16">

```

```

        <path d="M4.502 9a1.5 1.5 0 1 0 0-3 1.5 1.5 0 0 0 0
3z"/>
        <path d="M14.002 13a2 2 0 0 1-2 2h-10a2 2 0 0 1-2-2v5A2
2 0 0 1 2 3a2 2 0 0 1 2-2h10a2 2 0 0 1 2 2v8a2 2 0 0 1-1.998
2zM14 2H4a1 1 0 0 0-1 1h9.002a2 2 0 0 1 2 2v7A1 1 0 0 0 15
11V3a1 1 0 0 0-1-1zM2.002 4a1 1 0 0 0-1 1v812.646-2.354a.5.5 0
0 1 .63-.06212.66 1.773 3.71-3.71a.5.5 0 0 1 .577-.09411.777
1.947V5a1 1 0 0 0-1-1h-10z"/>
    </svg>
</symbol>

</svg>

<main class="d-flex flex-nowrap">

    <div class="d-flex flex-column flex-shrink-0 p-3 bg-light"
style="width: 280px;">
        <span class="fs-4">Έξυπνη Πόλη</span>
        <hr>
        <ul class="nav nav-pills flex-column mb-auto">
            <li >
                <a href="{% url 'smartcity:index' %}" class="nav-link
link-dark" >
                    <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#home"/></svg>
                    Home
                </a>
            </li>
            <li>
                <a href="{% url 'smartcity:maps' %}" class="nav-link
link-dark">
                    <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#map"/></svg>
                    HORECA
                </a>
            </li>
            <li>
                <a href="{% url 'smartcity:maps1' %}" class="nav-link
link-dark">
                    <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#map"/></svg>
                    Προσβάσιμο δίκτυο
                </a>
            </li>
            <li>
                <a href="{% url 'smartcity:passengers_tbl' page=1 %}"
class="nav-link link-dark">

```

```

        <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#table"/></svg>
        Πίνακες
    </a>
</li>
<li>
    <a href="{% url 'smartcity:anime_visuals' %}"
class="nav-link link-dark">
        <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#anime"/></svg>
        Animations
    </a>
</li>
<li id="croudSensing" class="nav-item dropdown">
    <a class="nav-link dropdown-toggle link-dark" href="#"
id="yearDropdown" role="button" data-bs-toggle="dropdown"
aria-expanded="false">
        <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#people-circle"/></svg>
        Μέτρηση Πλήθους
    </a>
    <ul class="dropdown-menu dropdown-menu-right" aria-
labelledby="yearDropdown">
        <li><a class="dropdown-item" href="{% url
'smartcity:plot1' %}?year=2019">2019</a></li>
        <li><a class="dropdown-item" href="{% url
'smartcity:plot1' %}?year=2020">2020</a></li>
        <li><a class="dropdown-item" href="{% url
'smartcity:plot1' %}?year=2021">2021</a></li>
        <li><a class="dropdown-item" href="{% url
'smartcity:plot1' %}?year=2022">2022</a></li>
        <li><a class="dropdown-item" href="{% url
'smartcity:plot1' %}?year=2023">2023</a></li>

    </ul>
</li>
<li>
    <a href="{% url 'smartcity:map_areas_passers' %}"
class="nav-link link-dark">
        <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#anime"/></svg>
        Μέτρηση Πλήθους / Περιοχή & Ημέρα
    </a>
</li>
<li>
    <a href="{% url 'smartcity:plot2' %}" class="nav-link
link-dark">

```

```

      <svg class="bi pe-none me-2" width="16"
height="16"><use xlink:href="#anime"/></svg>
      Μέτρηση Πλήθους / Περιοχή & Εβδομάδα
    </a>
  </li>

</ul>

</div>

<div class="b-example-divider b-example-vr"></div>

```

anime_visuals.html

```

{% load plotly_dash %}
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width,
initial-scale=1.0">
  {% plotly_header %}
  <title>Anime Visuals</title>

</head>
{% block body %}
<!--      <body > -->

      <div id="container" style="margin-left: 20px;">
        <h4>Animated Passers per Week over Area</h4>
        <!-- Load the plotly_dash template tags -->

        {% plotly_direct name='anime_visuals' %}
      </div>
<!--      </body> -->
  {% plotly_footer %}
<!-- </html> -->
{% endblock %}

```

charts.html

```

<div class="row m-3" height="25%">
  <div class="col-lg-3 col-6">
    <!-- small box -->
    <div class="small-box bg-info">
      <div class="inner">
        <h3>{{ areas | length }}</h3>

        <p>Περιοχές</p>
      </div>
      <div class="icon">

```

```

<i class="ion ion-bag"></i>
</div>
    
```

```

<a href="#" class="small-box-footer" data-bs-
toggle="modal" data-bs-target="#myModal">Περισσότερες
Πληροφορίες <i class="fa fa-arrow-circle-right"></i></a>
    
```

```

<!-- The Modal -->
<div class="modal fade" id="myModal">
  <div class="modal-dialog" style="max-width: 60%;
height: 90%;">
    <div class="modal-content" style="height: 100%;">

      <!-- Modal Header -->
      <div class="modal-header">
        <h4 class="modal-title text-body">Περιοχές
Πρόσβασης</h4>
        <button type="button" class="btn-close" data-
bs-dismiss="modal"></button>
      </div>

      <!-- Modal body -->
      <div class="modal-body text-body"
style="overflow-y: auto; max-height: calc(90% - 60px);">
        <h2>Λίγα Λόγια για τις Δημοφιλέστερες Περιοχές
Πρόσβασης</h2>

        <div class="card">
          <div class="card-body">
            <p ><strong>Albert Cuypstraat:
</strong>Στην πολυσύχναστη γειτονιά του De Pijp, ο Albert
Cuypstraat είναι ένας διάσημος δρόμος γνωστός για την
πολυσύχναστη υπαίθρια αγορά του, την αγορά Albert Cuyp.
Προσφέρει μεγάλη ποικιλία προϊόντων, όπως φρέσκα προϊόντα,
ρούχα, λουλούδια και τοπικές λιχουδιές.</p>
            <p ><strong>Arena, Zuidoost: </strong>Η
Arena είναι μια γειτονιά που βρίσκεται στο νοτιοανατολικό
τμήμα του Άμστερνταμ, γνωστή για το πολυλειτουργικό της
στάδιο, Johan Crujff ArenA. Η περιοχή διαθέτει επίσης ένα
εμπορικό κέντρο που ονομάζεται Amsterdamse Poort και φιλοξενεί
διάφορες συναυλίες, αθλητικές εκδηλώσεις και πολιτιστικές
δραστηριότητες.</p>
            <p><strong>IJ-veren: </strong>Το IJ-veren
αναφέρεται στις υπηρεσίες πορθμείων που εκτελούν δρομολόγια
στον ποταμό IJ, που συνδέουν διάφορα μέρη του Άμστερνταμ. Αυτά
τα δωρεάν πλοία προσφέρουν γραφική θέα στον ορίζοντα της πόλης
    
```

και αποτελούν ένα ευχάριστο μέσο μεταφοράς για ντόπιους και τουρίστες.

Plein 40-45: Το Plein 40-45 είναι μια πλατεία στη γειτονιά Άμστερνταμ-Δύση, που πήρε το όνομά της από τα έτη 1940-1945, συμβολίζοντας την περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Έχει ιστορική σημασία και διαθέτει μια υπαίθρια αγορά γνωστή ως αγορά Plein 40-45, που προσφέρει διάφορα αγαθά.

Schinkeleiland: Το Schinkeleiland είναι μια ήσυχη κατοικημένη περιοχή στο δυτικό Άμστερνταμ. Βρίσκεται ανάμεσα στα κανάλια Schinkel και Schinkelkanaal, προσφέρει όμορφη θέα στη θάλασσα και μια αίσθηση γαλήνης. Με έναν συνδυασμό μοντέρνων διαμερισμάτων και γοητευτικών σπιτιών, προσφέρει μια γαλήνια απόδραση, ενώ εξακολουθεί να είναι βολικά συνδεδεμένο με την πόλη.

Station Zuid: Ο σταθμός Zuid, επίσημα γνωστός ως Amsterdam Zuid station, είναι ένας σημαντικός συγκοινωνιακός κόμβος που βρίσκεται στο νότιο τμήμα του Άμστερνταμ. Παρέχει συνδέσεις για τρένα, τραμ, λεωφορεία και γραμμές μετρό, καθιστώντας το ζωτικό σύνδεσμο για επιβάτες και ταξιδιώτες.

Wallen: Το Wallen, γνωστό και ως Red Light District του Άμστερνταμ, είναι μια ιστορική γειτονιά στο κέντρο της πόλης. Είναι διάσημο για τη νομιμοποιημένη πορνεία του, με τις εργάτριες του σεξ ορατές στα παράθυρα που φωτίζονται με κόκκινο χρώμα. Η περιοχή διαθέτει επίσης χώρους ψυχαγωγίας για ενήλικες, μπαρ και εστιατόρια.

Winkelgebied centrum: Το Winkelgebied centrum μεταφράζεται στην «εμπορική περιοχή στο κέντρο της πόλης» του Άμστερνταμ. Αυτή η περιοχή περιλαμβάνει διάφορους εμπορικούς δρόμους, όπως Kalverstraat, Leidsestraat και Nieuwendijk, προσφέροντας μεγάλη ποικιλία από καταστήματα, μπουτίκ, πολυκαταστήματα και δημοφιλείς διεθνείς μάρκες.

Vondelpark: Το Vondelpark είναι ένα διάσημο δημόσιο πάρκο που βρίσκεται στο κέντρο του Άμστερνταμ. Είναι ένας μεγάλος χώρος πρασίνου γνωστός για τους όμορφους κήπους, τις λιμνούλες και τις εγκαταστάσεις αναψυχής του. Το πάρκο είναι δημοφιλές για περπάτημα, ποδηλασία, πικ νικ και φιλοξενεί πολιτιστικές εκδηλώσεις και παραστάσεις.

Zuidoost: Το Zuidoost, που σημαίνει «νοτιοανατολικά» στα ολλανδικά, είναι μια συνοικία που βρίσκεται νοτιοανατολικά του κέντρου της πόλης. Πρόκειται για μια ποικιλόμορφη οικιστική περιοχή με μοντέρνα αρχιτεκτονική, όπως το εμπορικό κέντρο Amsterdamse Poort, η

αρένα Ziggo Dome και το γήπεδο ποδοσφαίρου Amsterdam
ArenA.

```

        </div>
    </div>
</div>

<!-- Modal footer -->
<div class="modal-footer text-body">
    <button type="button" class="btn btn-danger"
data-bs-dismiss="modal">Close</button>
</div>

</div>
</div>
</div>
<!-- <a href="#" class="small-box-footer">Περισσότερες
Πληροφορίες <i class="fa fa-arrow-circle-right"></i></a> -->

</div>
</div>

<div class="col-lg-3 col-6">
    <!-- small box -->
    <div class="small-box bg-success">
        <div class="inner">
            <h3>{{ location_names | length }}</h3>

            <p> Τοποθεσίες </p>
        </div>
        <div class="icon">
            <i class="ion ion-stats-bars"></i>
        </div>
        <a href="#" class="small-box-footer">Περισσότερες
Πληροφορίες <i class="fa fa-arrow-circle-right"></i></a>
    </div>
</div>

<div class="col-lg-3 col-6">
    <!-- small box -->
    <div class="small-box bg-info">
        <div class="inner">
            <h3>{{ sensors | length }}</h3>

            <p> Αισθητήρες </p>
        </div>
        <div class="icon">
            <i class=" ion ion-person-add "></i>
        </div>
    </div>

```

```

        <a href="#" class="small-box-footer" data-bs-
toggle="modal" data-bs-target="#sensorsModal">Τοποθεσίες
Αισθητήρων <i class="fa fa-arrow-circle-right"></i></a>

<!-- The Modal -->
<div class="modal fade" id="sensorsModal">
    <div class="modal-dialog" style="max-width: 60%;
height: 90%;">
        <div class="modal-content" style="height: 100%;">

            <!-- Modal Header -->
            <div class="modal-header">
                <h4 class="modal-title text-body">Τοποθεσίες
Αισθητήρων</h4>
                <button type="button" class="btn-close" data-bs-
dismiss="modal"></button>
            </div>

            <!-- Modal body -->
            <div class="modal-body text-body" style="overflow-
y: auto; max-height: calc(90% - 60px);">
                <h2>Χάρτης Αμστερνταμ</h2>
                <div class="card">
                    <div class="card-body">{{ sensors_map | safe
}}</div>
                </div>
            </div>

            <!-- Modal footer -->
            <div class="modal-footer text-body">
                <button type="button" class="btn btn-danger"
data-bs-dismiss="modal">Close</button>
            </div>

        </div>
    </div>
</div>

<!-- <a href="#" class="small-box-footer">Τοποθεσίες
Αισθητήρων <i class="fa fa-arrow-circle-right"></i></a> -->

</div>
</div>

<div class="col-lg-3 col-6">
    <!-- small box -->

```

```

<div class="small-box bg-danger">
  <div class="inner">
    <h3>{{ df_length }}</h3>

    <p>Μετρήσεις</p>
  </div>
  <div class="icon">
    <i class="ion ion-pie-graph"></i>
  </div>
  <a href="{% url 'smartcity:passengers_tbl' page=1
%}" class="small-box-footer">Περισσότερες Πληροφορίες <i
class="fa fa-arrow-circle-right"></i></a>
  </div>
</div>
</div>

<div class="row m-3" >
  <div class="col-6" id="divBarChart" data-value="{{ dataset
}}" >
    <canvas id="barChart" style="display: inline-block;
height: 380px; width: 586px;"></canvas>
  </div>
  <div class="col-6">
    <!-- ***** MODAL
***** -->
    <div class="modal fade" id="infoModal" tabindex="-1" aria-
labelledby="infoModalLabel" aria-hidden="true" data-value="{{
passers_per_day }}">
      <div class="modal-dialog">
        <div class="modal-content">
          <div class="modal-header">
            <h5 class="modal-title"
id="infoModalLabel">Μέτρηση Πλήθους</h5>
            <button type="button" class="btn-close" data-bs-
dismiss="modal" aria-label="Close"></button>
          </div>
          <div class="modal-body">
            <!-- Modal content goes here. We'll update this
with D3.js -->
          </div>
        </div>
      </div>
    </div>
    <div id="divD3BarChart" style="text-align: center;"
class="fs-2 fw-light text-dark" data-value="{{ data }}">

```

```
Μέτρηση Πλήθους {{ year }}  
<div id="d3-container"/>  
</div>  
</div>  
</div>  
  
</main>
```

map_areas_passers.html

```
{% extends 'smartcity/layout.html' %}  
{% load static %}  
  
{% block body %}  
  
{% include 'smartcity/sidebar_capstone.html' %}  
<div class="col-10 h-100 right" style="background-color:  
#f4f6f9; margin-left: 10px; margin-right: 10px;">  
    <div >  
        {{ map | safe }}  
    </div>  
</div>  
{% endblock %}
```

maps.html

```
{% extends 'smartcity/layout.html' %}  
{% load static %}  
  
{% block body %}  
  
{% include 'smartcity/sidebar_capstone.html' %}  
<div class="col-10 h-100 right" style="background-color:  
#f4f6f9; height: 75%; margin-left: 10px; margin-right: 10px;">  
    <div >  
        <div class="fs-2 fw-light text-dark">Ξενοδοχεία και  
μονάδες μαζικής εστίασης</div>  
        {{ horeca_map | safe }}  
    </div>  
</div>  
{% endblock %}
```

maps1.html

```
{% extends 'smartcity/layout.html' %}  
{% load static %}
```

```
{% block body %}

{% include 'smartcity/sidebar_capstone.html' %}
<div class="col-10 h-100 right" style="background-color:
#f4f6f9; height: 75%; margin-left: 10px; margin-right: 10px;">

    <div>
        <div class="fs-2 fw-light text-dark">Προσβάσιμο
Δίκτυο</div>
        {{ mobility_map | safe }}
    </div>
</div>
{% endblock %}
```

plot1.html

```
{% extends 'smartcity/layout.html' %}
{% load static %}

{% block body %}

{% include 'smartcity/sidebar_capstone.html' %}
<div class="col-10 h-100 right" style="background-color:
#f4f6f9; margin-top: 60px; margin-left: 10px; margin-right:
10px; ">
    <div class="fs-2 fw-light text-dark">Μέτρηση πλήθους ανά
έτος και περιοχή</div>
    <div >
        {{ plot1 | safe }}
    </div>
</div>
{% endblock %}
```

Plot2.html

```
{% extends 'smartcity/layout.html' %}
{% load static %}

{% block body %}
{% include 'smartcity/sidebar_capstone.html' %}
    <!-- Main content -->
    <div style="margin-top: 60px; margin-left: 10px; margin-
right: 10px; width: 800px; height: 600px;">
        <div class="fs-2 fw-light text-dark">Μέτρηση πλήθους
ανά εβδομάδα</div>
```

```

        <div id="vis" ></div>
    </div>
{% endblock %}

```

passengers_tbl.html

```

{% extends 'smartcity/layout.html' %}

{% block body %}

{% include 'smartcity/sidebar_capstone.html' %}
<div class="col-10 h-100 right" style="background-color:
#f4f6f9;">
    <div class="container-fluid">
        <div class="text-center">
            <h1>Πίνακας Πλήθους Επισκεπτών</h1>
        </div>

        <div>
            <!-- Ορισμός Πίνακα Πλήθους Επισκεπτών -->
            <table class="table table-primary table-striped table-
bordered table-hover">

                <!-- Ορισμός Επικεφαλίδας Πίνακα Πλήθους Επισκεπτών
-->

                <!-- -->
                <thead>
                    <form method="POST">
                        {% csrf_token %}
                    <tr>
                        <th class="table-15">
                            <select class="form-control form-select"
id="filter_sensor" name="sensor" >
                                <option value="all"><span class="fw-
bold">Sensor   (All)</span></option>
                                {% for sensor in sensors %}
                                    <option value="{ { sensor } }" {% if
sensor == selected_sensor %}>selected{% endif %}>{{ sensor
}}</option>
                                {% endfor %}
                            </select>
                        </th>
                        <th class="table-10">Period</th>
                        <th class="table-30">
                            <select class="form-control form-select"
id="filter_location_name" name="location_name">

```

```

        <option value="all"><span class="fw-
bold">Location Name (All)</span></option>
        {% for location_name in location_names %}
            <option value="{{ location_name }}" {%
if location_name == selected_location_name %}>selected{% endif
%}>{{ location_name }}</option>
        {% endfor %}
    </select>
</th>
<th class="table-15">Date</th>
<th class="table-15">Passengers</th>
<th class="table-15">
    <select class="form-control form-select"
id="filter_area" name="area">
        <option value="all"><span class="fw-
bold">Area (All)</span></option>
        {% for area in areas %}

            <option value="{{ area }}" {% if sensor
== selected_area %}>selected{% endif %}>{{ area }}</option>
        {% endfor %}
    </select>
</th>
</tr>

</form>
</thead>

<!-- Ορισμός Κυρίου Μέρους Πίνακα Πλήθους Επισκεπτών
-->

<tbody id="table-body">
    {% for row in page_obj %}
        <tr>
            <td>{{ row.Sensor }}</td>
            <td>{{ row.Period }}</td>
            <td>{{ row.LocationName }}</td>
            <td>{{ row.DateHour }}</td>
            <td style="text-align: center;">{{ row.Passers
}}</td>
            <td>{{ row.Area }}</td>
        </tr>
    {% endfor %}
</tbody>
</table>
</div>

<div class="pagination">
    <span class="step-αψψεζος">

```

```

        {% if page_obj.has_previous %}
            <a href="?page=1" class="btn btn-
primary">first</a>
            <a href="?page={{
page_obj.previous_page_number }}" class="btn btn-
primary">previous</a>
        {% endif %}

        Page {{ page_obj.number }} of {{
page_obj.paginator.num_pages }}

        {% if page_obj.has_next %}
            <a href="?page={{ page_obj.next_page_number
}}" class="btn btn-primary">next</a>
            <a href="?page={{ page_obj.paginator.num_pages
}}" class="btn btn-primary">last </a>
        {% endif %}
    </span>
</div>

</div>
</div>
{% endblock %}

```

Static

js

passengers_tbl.html

```

var element = document.getElementById("barChart");
var dataset =
document.getElementById("divBarChart").getAttribute("data-
value");
var dataset = JSON.parse(dataset);

console.log(dataset)

if (element !== null){
    var barCtx =
document.getElementById('barChart').getContext('2d');
    var barChart = new Chart(barCtx, {
        type: 'bar',
        data: {
            labels: ['2019', '2020', '2021', '2022', '2023'],
            datasets:dataset
        },
    },

```

```

options: {
  scales: {
    xAxes: [{
      scaleLabel: {
        display: true,
        fontSize: 14,
        labelString: 'Μέσος Αριθμός Περραστικών
ανά ώρα σε κάθε Περιοχή',
      },
      ticks: {
        fontSize: 14,
        fontColor: 'black'
      }
    }],
    yAxes: [{
      scaleLabel: {
        display: true,
        labelString: 'Αριθμός Περραστικών'
      },
      ticks: {
        fontSize: 14,
        fontColor: 'black'
      }
    }
  ]
}
});
    
```

d3.js

```

document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const modal = new
bootstrap.Modal(document.getElementById('infoModal'));

  var data =
document.getElementById("divD3BarChart").getAttribute("data-
value");
  var data = data.replace(/'/g, '');

  var data = JSON.parse(data);

  var passers_per_day_2023 =
document.getElementById("infoModal").getAttribute("data-
value");
  var passers_per_day_2023 =
passers_per_day_2023.replace(/'/g, '');
    
```

```
var passers_per_day_2023 =
JSON.parse(passers_per_day_2023);

const maxScore = d3.max(data, d => d.Passers);

const width = 800;
const height = 400;
const margin = { top: 10, bottom: 45, left: 100, right:
80}

const svg = d3.select('#d3-container')
  .append('svg')
  .attr('height', height - margin.top - margin.bottom)
  .attr('width', width - margin.left - margin.right)
  .attr('viewBox', [0, 0, width, height]);

const x = d3.scaleBand ()
  .domain(d3.range(data.length))
  .range([margin.left, width - margin.right])
  .padding(0.1);

const y = d3.scaleLinear()
  .domain([0, maxScore])
  .range([height - margin.bottom, margin.top]);

const colorScale = d3.scaleOrdinal()
  .domain(data.map((d, i) => i))
  .range(d3.schemeCategory10);

let tooltip = d3.select("body")
  .append("div")
  .style("position", "absolute")
  .style("z-index", "10")
  .style("visibility", "hidden")
  .style("background", "black")
  .style("color", "white")

  .style("border-radius", "5px")
  .style("padding", "10px");

svg
  .append('g')
  .selectAll('rect')
  .data(data.sort((a, b) => d3.descending(a.Passers,
b.Passers)))
  .join('rect')
    .attr('x', (d, i) => x(i))
```

```

        .attr('y', (d) => y(d.Passers))
        .attr('height', d => y(0) - y(d.Passers))
        .attr('width', x.bandwidth())
        .attr('fill', (d, i) => colorScale(i))
        .attr('class', 'rectangle')
    .on('click', function(d) {

        console.log("Bar clicked! Data:", d);

        // Call the createGraph function with the clicked
        bar's Area value
        const graphSvg = createGraph(passers_per_day_2023,
        d.Area);

        // Append the created graph to the modal body
        document.querySelector('#infoModal .modal-
        body').innerHTML = '';
        document.querySelector('#infoModal .modal-
        body').appendChild(graphSvg);

        const modalInstance = new
        bootstrap.Modal(document.getElementById('infoModal'));
        modalInstance.show();
    })
    .on('mouseover', function(d, i) {
        tooltip.text(`${d.Area}: ${d.Passers}`);
        return tooltip.style("visibility", "visible");
    })
    .on('mousemove', function(d) {
        return tooltip.style("top", (d3.event.pageY - 10)
        + "px").style("left", (d3.event.pageX + 10) + "px");
    })
    .on('mouseout', function(d) {
        return tooltip.style("visibility", "hidden");
    });

    function xAxis(g) {
        g.attr('transform', `translate(0, ${height -
        margin.bottom})`)
        .call(d3.axisBottom(x).tickFormat(i=>data[i].Area))
        .attr('font-size', '16px')
    };

    function yAxis(g) {
        g.attr('transform', `translate(${margin.left}, 0)`)
        .call(d3.axisLeft(y).ticks (null, data.format))
        .attr('font-size', '16px')
    }
    
```

```
svg.append('g').call(yAxis);
svg.append('g').call(xAxis);
svg.node();
});

function createGraph(data, areaValue) {

    const filteredData = data.filter(d => d.Area ===
areaValue);
    // Specify the chart's dimensions.
    const width = 900;
    const height = 530;
    const marginTop = 10;
    const marginRight = 30;
    const marginBottom = 20;
    const marginLeft = 50;

    // Create the horizontal (x) scale for DateHour.
    const x = d3.scaleTime() // Use scaleTime for dates
        .domain(d3.extent(filteredData, d => new
Date(d["DateHour"]))) // Convert string to Date object
        .range([marginLeft, width - marginRight]);

    // Create the vertical (y) scale for Passers.
    const y = d3.scaleLinear()
        .domain([0, d3.max(filteredData, d =>
d["Passers"])]).nice()
        .range([height - marginBottom, marginTop]);

    // Create the SVG container.
    const svg = d3.create("svg")
        .attr("viewBox", [0, 0, width, height])
        .property("value", []);

    // Append the axes.
    svg.append("g")
        .attr("transform", `translate(0,${height -
marginBottom})`)
        .call(d3.axisBottom(x))
        .call(g => g.select(".domain").remove())
        .call(g => g.append("text")
            .attr("x", width - marginRight)
            .attr("y", -4)
            .attr("fill", "#000")
            .attr("font-weight", "bold")
            .attr("text-anchor", "end")
            .text("DateHour"));
```

```

svg.append("g")
    .attr("transform", `translate(${marginLeft},0)`)
    .call(d3.axisLeft(y))
    .call(g => g.select(".domain").remove())
    .call(g => g.select(".tick:last-of-type text").clone()
        .attr("x", 4)
        .attr("text-anchor", "start")
        .attr("font-weight", "bold")
        .text("Passers"));

// Append the dots.
const dot = svg.append("g")
    .attr("fill", "none")
    .attr("stroke", "steelblue")
    .attr("stroke-width", 1.5)
    .selectAll("circle")
    .data(filteredData)
    .join("circle")
    .attr("transform", d => `translate(${x(new
Date(d["DateHour"])}),${y(d["Passers"])}))`)
    .attr("r", 3)
    .on('mouseover', function(d, i) {
        tooltip.text(`${d.DateHour}: ${d.Passers}`);
        return tooltip.style("visibility", "visible");
    })
    .on('mousemove', function(d) {
        return tooltip.style("top", (d3.event.pageY - 10)
+ "px").style("left", (d3.event.pageX + 10) + "px");
    })
    .on('mouseout', function(d) {
        return tooltip.style("visibility", "hidden");
    });

// Create the brush behavior.
svg.call(d3.brush().on("start brush end", ({selection}) =>
{
    let value = [];
    if (selection) {
        const [[x0, y0], [x1, y1]] = selection;
        value = dot
            .style("stroke", "gray")
            .filter(d => x0 <= x(new Date(d["DateHour"])) && x(new
Date(d["DateHour"])) < x1
                && y0 <= y(d["Passers"]) && y(d["Passers"]) <
y1)
            .style("stroke", "steelblue")
            .data();
    }
}
    
```

```
} else {  
    dot.style("stroke", "steelblue");  
}  
  
// Inform downstream cells that the selection has changed.  
svg.property("value", value).dispatch("input");  
});  
  
return svg.node();  
}
```