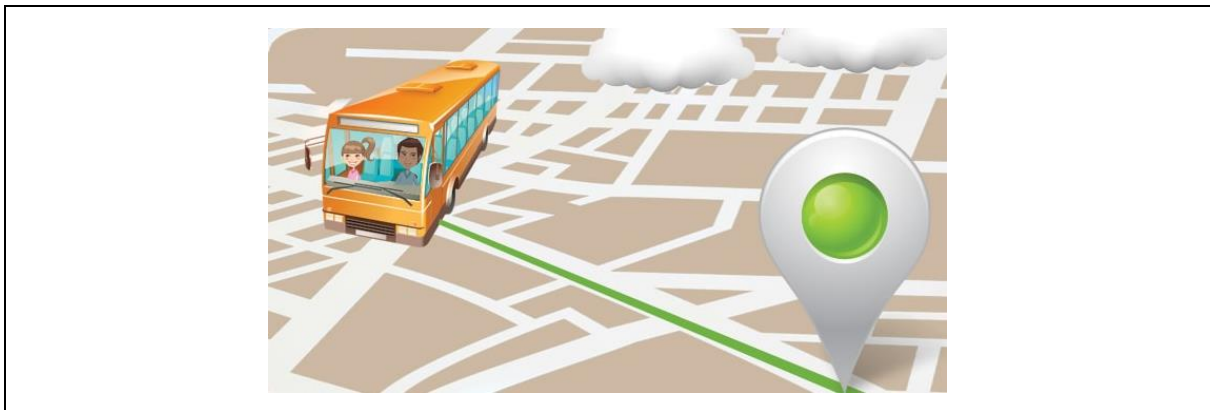


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Δημιουργία συστήματος παρακολούθησης,
καταγραφής και ελέγχου αριθμού επιβατών
λεωφορείου»



Του φοιτητή
ΣΙΩΤΑ ΦΩΤΙΟΥ
Αρ. Μητρώου: elem52023m

Επιβλέπων
ΑΓΓΕΛΟΣ ΓΙΑΚΟΥΜΗΣ
Βαθμίδα: Επίκουρος Καθηγητής

Ημερομηνία 20/09/2023

Τίτλος Δ.Ε. : Δημιουργία συστήματος παρακολούθησης, καταγραφής και ελέγχου αριθμού επιβατών
λεωφορείου

Κωδικός Δ.Ε. : 21320

Όνοματεπώνυμο φοιτητή : Φώτιος Σιώτας

Όνοματεπώνυμο εισηγητή : Άγγελος Γιακουμής

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. : 30-09-2021

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. : 30-09-2023

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Σιώτα Φώτιου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιοδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Αφιέρωση»

Θα ήθελα να αφιερώσω την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία στην αγαπημένη μου σύντροφο Κατερίνα, για την υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής μου περιπέτειας. Η συναισθηματική και οικονομική της βοήθεια μου επέτρεψε να κυνηγήσω το όνειρό μου και να επιτύχω τους στόχους μου. Η ενθάρρυνση και η πίστη της σε μένα αποτελούσε συνεχώς πηγή δύναμης, ειδικά σε στιγμές αδυναμίας. Μου συμπαραστάθηκε στα εύκολα και στα δύσκολα με αγάπη και αφοσίωσή. Είμαι πραγματικά τυχερός που την έχω στη ζωή μου.

Πρόλογος

Την σήμερον ημέρα, τα δρομολόγια των λεωφορείων δεν ανταποκρίνονται επαρκώς στις ανάγκες των επιβατών. Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες συμβάλλουν σε αυτό, όπως εκτελούμενα έργα, ώρες αιχμής, γιορτές, Σαββατοκύριακα, ώρες εργασίας και οι συγκεκριμένες τοποθεσίες με υψηλές ανάγκες εξυπηρέτησης, όπως τα πανεπιστήμια. Παρά τις προσπάθειες βελτίωσης των δρομολογίων, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου τα λεωφορεία φτάνουν σε πλήρη χωρητικότητα, αφήνοντας τους επιβάτες εκτεθειμένους και προκαλώντας προβλήματα στην καθημερινότητά τους. Επιπλέον, ενδέχεται να υπάρχουν δρομολόγια λεωφορείων που υπολειτουργούν. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι απώλειες κερδών ή περιττά έξοδα για την εταιρεία λεωφορείων. Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, προτείνεται η εφαρμογή ενός συστήματος I.o.T. που θα συλλέγει δεδομένα σχετικά με τους επιβάτες. Πιο συγκεκριμένα, τον αριθμό των ατόμων που επιβιβάζονται και αποβιβάζονται σε κάθε στάση, καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Μετέπειτα αυτές οι πληροφορίες θα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων για ανάλυση με σκοπό τη βελτίωση των δρομολογίων. Οι δοκιμές που έγιναν έδειξαν ότι το σύστημα είναι λειτουργικό και μπορεί να εφαρμοστεί σε όσα λεωφορεία χρειάζεται. Ένα σύγχρονο σύστημα παρακολούθησης των λεωφορείων θα είναι εξαιρετικά χρήσιμο τόσο για τους επιβάτες όσο και για τις εταιρείες λεωφορείων. Είναι μια λύση που θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στον τομέα των δημόσιων μεταφορών.

Περίληψη

Η χρήση συστημάτων παρακολούθησης λεωφορείων για την συγκέντρωσή πληροφοριών είναι πολύ σημαντική για τις σύγχρονες αστικές μεταφορές. Οι παραδοσιακές μέθοδοι είναι συχνά ανεπαρκείς, παρέχοντας ελλιπή και ενίοτε ανακριβή δεδομένα σχετικά με τη ροή των επιβατών και τα δρομολόγια. Η παρούσα διατριβή παρουσιάζει ένα καινοτόμο σύστημα παρακολούθησης λεωφορείων που έχει σχεδιαστεί για να καλύψει αυτά τα κενά. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα Raspberry Pi 4 ενισχυμένο με μια μονάδα GPS/GSM, τρισδιάστατες κάμερες εγκατεστημένες σε κάθε πόρτα λεωφορείου και αισθητήρες πόρτας, συγκεντρώνοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που συμβάλλουν στην ολοκληρωμένη κατανόηση της λειτουργίας των λεωφορείων. Το Raspberry Pi 4 λειτουργεί ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας, αντλώντας δεδομένα από τις τρισδιάστατες κάμερες και τους αισθητήρες θυρών. Το σύστημα τίθεται σε λειτουργία όταν ανοίγουν οι πόρτες του λεωφορείου, χρησιμοποιώντας την κεραία GPS για να επαληθεύσει τη θέση του λεωφορείου και να προσδιορίσει τη σχετική στάση. Στη συνέχεια, οι κάμερες αρχίζουν να καταμετρούν τους επιβάτες καθώς εισέρχονται και εξέρχονται από το λεωφορείο, καθιστώντας δυνατή τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Μόλις κλείσουν οι πόρτες, η φάση συλλογής δεδομένων ολοκληρώνεται και έπειτα εστιάζουμε στη μετάδοση των δεδομένων μέσω δικτύου 4G, με τη χρήση μιας κάρτας SIM. Έτσι τα δεδομένα καταλήγουν σε μια ασφαλή βάση δεδομένων, έτοιμα να ανακληθούν για μελλοντική ανάλυση. Το σύστημα αυτό επιτρέπει μια πιο αποτελεσματική προσέγγιση στον προγραμματισμό των λεωφορείων και προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις ανάγκες των πελατών σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια και τοποθεσίες. Ερμηνεύοντας τα δεδομένα που συλλέγονται, οι φορείς εκμετάλλευσης λεωφορείων μπορούν να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις, συμβάλλοντας στη βελτιστοποίηση των δρομολογίων και του προγραμματισμού των λεωφορείων για την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών. Επιπλέον, η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως το Raspberry Pi, οι μονάδες GPS/GSM και οι τρισδιάστατες κάμερες μας επιτρέπει να ξεπεράσουμε τους περιορισμούς των παραδοσιακών μεθόδων. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, την ακριβή καταμέτρηση επιβατών και την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων, θέτοντας ισχυρά θεμέλια για την κλιμάκωση του συστήματος στο μέλλον.

«Bus Monitoring System with Passenger Counting»

«Fotios Siotas»

Abstract

The precision and accuracy of bus monitoring systems are pivotal in modern urban transportation. Traditional methods are often inadequate, providing incomplete and sometimes inaccurate data concerning passenger flow and schedules. This thesis presents an innovative Bus Monitoring System designed to close these gaps. The system uses a Raspberry Pi 4 enhanced with a GPS/GSM module, 3D cameras installed at each bus door, and door sensors, amassing data in real-time to contribute to a comprehensive understanding of bus operations. The Raspberry Pi 4 operates as the central processing unit, drawing data from the 3D cameras and door sensors. The system springs into action when the bus doors open, using the GPS antenna to verify the bus's location and identify the relevant stop. The cameras then commence counting passengers as they enter and depart the bus, making real-time data collection possible. Once the doors close, the data-collection phase concludes, and the focus shifts to transmitting the data via a 4G network. The data finds its long-term home in a secure database, ready to be recalled for future analysis. This system allows a more efficient approach to bus scheduling and yields valuable insights into customer needs according to specific timeframes and locations. By interpreting the gathered data, bus operators can make more informed decisions, helping to optimize bus routes and scheduling to boost the overall passenger experience. Moreover, the utilization of technologies such as Raspberry Pi, GPS/GSM modules, and 3D cameras lets us overcome the limitations of traditional methods. These technologies enable real-time data collection, accurate passenger counting, and reliable data transmission, setting a strong foundation for augmenting the system down the line. The Bus Monitoring System offers a promising direction for improving public transportation, harnessing advanced technology to foster efficacy and enhanced data collection.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την βαθύτατη ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για την υποστήριξη και ενθάρρυνσή που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια του ακαδημαϊκού μου ταξιδιού. Η αγάπη, η καθοδήγηση και οι θυσίες τους ήταν ανεκτίμητες και με βοήθησαν να πετύχω την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Η ακλόνητη πίστη τους σε μένα μου έδωσε τη δύναμη και την αποφασιστικότητα να ξεπεράσω αναρίθμητες προκλήσεις καθώς και τα εμπόδια που εμφανίστηκαν μπροστά μου. Τους ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου, που στάθηκαν δίπλα μου σε κάθε βήμα της διαδρομής. Είμαι πραγματικά ευλογημένος που έχω μια τόσο καταπληκτική οικογένεια, και ξέρω ότι δεν θα μπορούσα να είμαι ο άνθρωπος που είμαι σήμερα, χωρίς αυτούς.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	v
Περίληψη.....	vi
Abstract	vii
Ευχαριστίες	viii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Εικόνων	xi
Κατάλογος Πινάκων.....	xii
Συνομογραφίες.....	xiii
Κεφάλαιο 1ο: Καταμέτρηση αριθμού επιβατών λεωφορείου με Raspberry Pi.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ιστορική Αναδρομή και Στόχοι.....	1
1.3 Πλεονεκτήματα Συστήματος.....	2
1.4 Μέθοδοι Δημιουργίας και Επεξεργασίας Δρομολογίων Σήμερα.....	3
1.5 Μείωση του Κόστους και Αύξηση των Κερδών.....	4
1.5.1 Μείωση Κόστους.....	4
1.5.2 Αύξηση Κερδών	4
1.5.3 Ικανοποίηση Πελατών.....	4
1.6 Υπέρβαση Μέγιστης Χωρητικότητας	5
Κεφάλαιο 2ο: Υλικά Συστήματος και Διασύνδεση.....	6
2.1 Εισαγωγή.....	6
2.2 Αισθητήρες Συλλογής Δεδομένων	6
2.2.1 Μαγνητικοί Αισθητήρες Θυρών.....	6
2.2.2 Στερεοσκοπικές Κάμερες Τριών Διαστάσεων	7
2.2.3 Εισαγωγή Δεδομένων Πειράματος.....	9
2.3 Υλικά Συστήματος	9
2.3.1 Raspberry Pi	11
2.3.2 Waveshare UPS HAT for Raspberry Pi	12
2.3.3 Waveshare SIM7600G-H 4G HAT for Raspberry Pi.....	16
2.3.4 Κεραία GPS.....	19
2.3.5 Κεραία GSM	21
2.3.6 Κάρτα SIM	22
2.3.7 Ράστερ και Κουμπιά.....	23

2.3.8	Βάση Στήριξης	24
2.4	Διαδικασία Διασύνδεσης.....	25
Κεφάλαιο 3ο:	Επεξήγηση του Συστήματος.....	29
3.1	Μέρη του Συστήματος	29
3.1.1	Λεωφορεία.....	29
3.1.2	Main Database	30
3.1.3	Office.....	35
3.2	Μεθοδολογία Λειτουργίας Του Συστήματος	36
3.2.1	Μεθοδολογία Καταμέτρησης Επιβατών	36
3.2.2	Μεθοδολογία Αποθήκευσης – Ανάκτησης Δεδομένων	40
3.2.3	Μεθοδολογία Απεικόνισης.....	50
Κεφάλαιο 4ο:	Συμπεράσματα.....	61
4.1	Πιθανές Βελτιώσεις.....	61
4.1.1	Machine Learning.....	62
4.1.2	Αυτοματοποιημένη Αρχικοποίησης Προγραμμάτων του Συστήματος.....	62
4.1.3	Βελτιστοποίηση Προγραμμάτων	63
4.1.4	Ποιοτικός Έλεγχος	63
4.1.5	Εισαγωγή Ποιοτικών Αισθητήρων.....	64
4.1.6	Εισαγωγή Ψύξης στη συσκευή.....	64
4.1.7	Προσθήκη Περισσότερων Γραφημάτων	65
4.1.8	Λειτουργία Ζωντανών Ειδοποιήσεων	65
4.2	Πιθανά προβλήματα	65
4.2.1	Τεχνικά Προβλήματα	66
4.2.2	Ηθικά Προβλήματα	66
Βιβλιογραφία.....		68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α :	Τεχνικές Προδιαγραφές.....	69

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1 Παράδειγμα Αισθητήρα Μαγνητικής Επαφής.....	7
Εικόνα 2.2 Παράδειγμα Καταμέτρησης Επιβατών με 3D Κάμερες	7
Εικόνα 2.3 Εικόνα Κάμερας με Επεξήγηση Λειτουργίας Καταμέτρησης	8
Εικόνα 2.4 Καλώδια Εξαγωγής Δεδομένων Καταμέτρησης Καμερών	8
Εικόνα 2.5 Επεξεργασία Ρυθμίσεων Κάμερας.....	9
Εικόνα 2.6 Μοντέλα Raspberry Pi	11
Εικόνα 2.7 Raspberry Pi 4 Model B - Χαρακτηριστικά.....	12
Εικόνα 2.8 Κυκλώματα Waveshare UPS HAT	13
Εικόνα 2.9 Απεικόνιση Κατάστασης Μπαταριών.....	14
Εικόνα 2.10 Τροφοδότηση Συσκευών με το Waveshare UPS HAT	14
Εικόνα 2.11 Κάτω Μέρος της Πλακέτας του UPS και Warning Leds.....	14
Εικόνα 2.12 Μπαταρίες του UPS	15
Εικόνα 2.13 Waveshare SIM7600G-H 4G HAT.....	16
Εικόνα 2.14 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας του SIM7600	17
Εικόνα 2.15 Χαρακτηριστικά GPS Κεραίας	19
Εικόνα 2.16 Κεραία GPS με καλώδιο προέκτασης.....	19
Εικόνα 2.17 Λειτουργία Λήψης Συντεταγμένων με GPS	20
Εικόνα 2.18 GPS & GNSS.....	21
Εικόνα 2.19 Εστιαζόμενη κεραία GSM	22
Εικόνα 2.20 Μεγέθη καρτών SIM.....	22
Εικόνα 2.21 Κουμπιά Εισαγωγής Δεδομένων.....	23
Εικόνα 2.22 Βάση Στήριξης από stl αρχείο.....	24
Εικόνα 2.23 Συσκευή Καταμέτρησης	24
Εικόνα 2.24 Αποστάτες Προσαρμογής	25
Εικόνα 2.25 Εισαγωγή SIM	25
Εικόνα 2.26 Σύνδεση κεραιών με καλώδια.....	26
Εικόνα 2.27 Σύνδεση Καλωδίων Κεραιών στη Πλακέτα	26
Εικόνα 2.28 Jumpers Πλακέτας	27
Εικόνα 2.29 Σύνδεση Raspberry με SIM7600	27
Εικόνα 2.30 Πίσω Μέρος Συσκευής Καταμέτρησης	28
Εικόνα 3.1 Μέρη του Συστήματος	29
Εικόνα 3.2 Χαρακτηριστικά Cluster	31
Εικόνα 3.3 Ανάγκες Υλικού - Databricks vs Υλικός Εξοπλισμός	34
Εικόνα 3.4 Επικοινωνία Databricks Με Office.....	35
Εικόνα 3.5 Διάγραμμα Ροής Δεδομένων	36
Εικόνα 3.6 Ορισμός Δρομολογίου και Πινακίδας.....	37
Εικόνα 3.7 Tracker Python File.....	37
Εικόνα 3.8 Εισαγωγή Χρονικής Στιγμής.....	38
Εικόνα 3.9 Locator Python File.....	38
Εικόνα 3.10 Coordinates Database.....	39
Εικόνα 3.11 Requests Database	39

Εικόνα 3.12 Λίστα Δεδομένων Στάσης.....	40
Εικόνα 3.13 Databricks Workspace	40
Εικόνα 3.14 Localhost Homepage	50
Εικόνα 3.15 Full Capacity Graph – Inputs	51
Εικόνα 3.16 Full Capacity Graph.....	52
Εικόνα 3.17 Skipped Bus Stops – Inputs	53
Εικόνα 3.18 Skipped Bus Stops Graph	53
Εικόνα 3.19 Average People In - Inputs	54
Εικόνα 3.20 Average People In - Graph.....	55
Εικόνα 3.21 Average People Out – Inputs	55
Εικόνα 3.22 Average People Out – Graph	56
Εικόνα 3.23 Max Unique Persons – Inputs	57
Εικόνα 3.24 Max Unique Persons	58
Εικόνα 3.25 Average Route Duration – Inputs	59
Εικόνα 3.26 Average Route Duration in Hours	59
Εικόνα 3.27 Live Bus Capacity At Each Stop - Input.....	60
Εικόνα 3.28 Capacity At Each Bus Stop - Graph.....	60

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Λίστα Υλικών	10
Πίνακας 2.2 Χαρακτηριστικά Δημοφιλέστερων Μοντέλων Raspberry Pi	11
Πίνακας 2.3 Βασικές AT Commands.....	18
Πίνακας 2.4 Δίκτυα Υποστήριξης Μοντέλων SIM7600.....	18
Πίνακας 3.1 Τύποι Cluster	31

Συντομογραφίες

IoT	Internet of Things
Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΙΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
SIM	Subscriber Identity Module
UPS	Uninterruptible Power Supply
HAT	Hardware Attached on Top
RAM	Random Access Memory
Li-ion	Lithium Ion
GNSS	Global Navigation Satellite System
V	Volt
A, mA	Ampere, milliampere
mAh	Milliampere – Hour
MCU	Micro Controller Unit
CPU	Central Processing Unit
TF	Trans Flash
Stl	Standard Triangle Language
Database	Βάση Δεδομένων
GB	Giga Byte
Ddl	Data Definition Language
Dml	Data Manipulation Language

Κεφάλαιο 1ο: Καταμέτρηση αριθμού επιβατών λεωφορείου με Raspberry Pi

1.1 Εισαγωγή

Ζούμε σε μια εποχή όπου η τεχνολογία επηρεάζει την καθημερινότητά μας, από την πρόσβαση σε πληροφορίες έως τη διαχείριση αστικών κέντρων. Η εφαρμογή της τεχνολογίας στις δημόσιες συγκοινωνίες μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη λύσεων για αυξημένη απόδοση και ασφάλεια χρηστών.

Όσον αφορά τις υπηρεσίες μεταφοράς, η τεχνολογία μπορεί να παίξει έναν κρίσιμη ρόλο στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας, χωρίς να αποτελεί μια απλή, ψηφιοποίηση των ήδη υπαρχόντων συστημάτων.

Σε αυτό το πλαίσιο, αυτή η Δ.Ε. παρουσιάζει μια νέα καινοτόμα εφαρμογή που χρησιμοποιεί το Raspberry Pi για τον έλεγχο των λεωφορείων. Οι λεπτομέρειες του υλικού και του λογισμικού που εφαρμόστηκαν, καθώς και τα αποτελέσματα της χρήσης αυτού του συστήματος, παρέχονται στις επόμενες ενότητες.

Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι να δείξει την χρησιμότητα του συστήματος, πώς μπορεί να βοηθήσει τους επιβάτες και την κοινότητα, καθώς και πώς τα δεδομένα που λαμβάνουμε μπορούν να αναλυθούν και να χρησιμοποιηθούν για την μείωση του κόστους λειτουργίας και για την αύξηση των τελικών κερδών. Η συνολική προσέγγιση είναι χρήσιμη για την δημιουργία τεχνολογικών λύσεων, για τον έλεγχο των δημοτικών μεταφορών.

1.2 Ιστορική Αναδρομή και Στόχοι

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η ταχύτερη εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρει νέες δυνατότητες σε μια σειρά τομέων, και πιο συγκεκριμένα στη διαχείριση και τη βελτίωση του συστήματος δημόσιας συγκοινωνίας. Κατόπιν αυτής της παρατήρησης, η παρούσα έρευνα προσπαθεί να εκμεταλλευτεί την εξέλιξη αυτή, αξιοποιώντας τα Raspberry Pi για τη δημιουργία ενός συστήματος παρακολούθησης λεωφορείων.

Όπως είναι γνωστό σε πολλούς από εμάς είμαστε αναγκασμένοι να περιμένουμε για μεγάλες χρονικές περιόδους για την άφιξη ενός λεωφορείου, με όλες τις αρνητικές συνέπειες που ακολουθούν. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να απαντήσει σε αυτό το πρόβλημα, ενημερώνοντας τους επιβάτες για το πότε θα φτάσει το λεωφορείο, αλλά και δίνοντας σημαντικές πληροφορίες σε ερευνητές και χειριστές για την εξέλιξη και την ποιότητα της υπηρεσίας.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες περιόδους κατά τη διάρκεια της ημέρας όπου ένα λεωφορείο μπορεί να φτάσει σε μία στάση και να μην υπάρχει κανείς που να περιμένει. Αυτό μπορεί να συμβαίνει σε πολλές φορές κατά την διάρκεια της ημέρας, απασχολώντας τον χρόνο του οδηγού και αυξάνοντας άσκοπα το κόστος καυσίμου. Με την εφαρμογή του συστήματός μας, αυτό το ζήτημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με αποτελεσματικότητα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα συλλεγόμενα δεδομένα για να κάνουμε αλλαγές στο ωράριο και στις στάσεις του λεωφορείου, προσαρμόζοντας τα παραπάνω, στις πραγματικές ανάγκες των επιβατών.

Επιπλέον, η χρήση της πλατφόρμας Raspberry Pi αποτελεί μια οικονομική λύση, ιδανική για έρευνα και ανάπτυξη. Το Raspberry Pi είναι ένας μικρός υπολογιστής που έχει σχεδιαστεί για να είναι συμβατός με διάφορες συσκευές και αισθητήρες της αγοράς, και εύκολος στη χρήση, με τη δυνατότητα να επεκτείνει τις λειτουργίες του, με επιπρόσθετο υλικό.

Έτσι, προσπαθούμε να αναδείξουμε το πόσο χρήσιμο και αποτελεσματικό μπορεί να είναι ένα σύστημα παρακολούθησης λεωφορείων, ενώ ταυτόχρονα φιλοδοξούμε να γίνει μέρος της καθημερινής ζωής.

Ιδανικά, αν δημιουργηθεί μια αρκετά μεγάλη βάση δεδομένων με ακριβείς μετρήσεις, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε αυτά τα αποτελέσματα σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη και τη λειτουργία του «machine learning» για να δημιουργήσουμε το "τέλειο" ωράριο λεωφορείων για κάθε περιοχή. Περιστατικά όπως συνωστισμένες στάσεις λεωφορείων και γεμάτα λεωφορεία θα είναι επιτέλους παρελθόν. Ο στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν οι νέες τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες αυτή τη στιγμή στην αγορά, για να γίνουν οι δημόσιες μεταφορές, όσο το δυνατόν πιο αποδοτικές και ευχάριστες για τους επιβάτες.

1.3 Πλεονεκτήματα Συστήματος

Το σύστημα παρακολούθησης λεωφορείων που αναπτύχθηκε, χρησιμοποιώντας το Raspberry Pi, προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα και στις δημόσιες συγκοινωνίες, αλλά και στην ευρύτερη κοινότητα.

Αρχικά, το σύστημα αυτό δίνει τη δυνατότητα παρακολούθησης της θέσης κάθε λεωφορείου σε πραγματικό χρόνο. Αυτό είναι εξαιρετικά χρήσιμο για τους επιβάτες, καθώς μπορούν να επιλέξουν το πιο βολικό λεωφορείο για την πορεία τους και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της μετακίνησής τους.

Επιπλέον, το σύστημα μας, παρέχει στατιστικά στοιχεία και δεδομένα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των χρονοδιαγραμμάτων και της συνολικής λειτουργίας των μέσων μαζικής μεταφοράς. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αναλυθούν για να κατανοήσουμε καλύτερα τα μοτίβα ταξιδιών, τις πιέσεις στο σύστημα κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας και τις προσδοκίες των χρηστών. Επίσης τα δεδομένα αυτά μπορούν να αποθηκευτούν έτσι ώστε να είναι διαθέσιμα σε περίπτωση που μας δημιουργηθεί κάποια απορία σχετικά με αυτά, στο μέλλον.

Με αυτό τον τρόπο, μπορούμε να κάνουμε βελτιώσεις και τροποποιήσεις ώστε να κάνουμε τις δημόσιες συγκοινωνίες πιο αποτελεσματικές, εξυπηρετώντας καλύτερα τις απαιτήσεις των επιβατών και μειώνοντας τον χρόνο αναμονής κατά τη διάρκεια αιχμής.

Τέλος, το σύστημα επιτρέπει στους διαχειριστές των δημόσιων συγκοινωνιών να αναγνωρίσουν και να αντιμετωπίσουν προβλήματα πιο γρήγορα. Είτε πρόκειται για καθυστερημένα λεωφορεία, είτε για λεωφορεία που χαλάνε κατά τη διάρκεια της διαδρομής τους. Οι διαχειριστές μπορούν να αντιδράσουν σε πραγματικό χρόνο και να λάβουν αποφάσεις βάσει ακριβών δεδομένων. Είναι πολύ απλό να προστεθεί μία λειτουργία πάνω στο Raspberry Pi που θα στέλνει μηνύματα εκτάκτου ανάγκης σε διαχειριστές, τη στιγμή που δημιουργείται ένα σενάριο ανάγκης.

1.4 Μέθοδοι Δημιουργίας και Επεξεργασίας Δρομολογίων Σήμερα

Το τρέχον σύστημα δημιουργίας και τροποποίησης δρομολογίων λεωφορείων βασίζεται κυρίως σε στατιστικές διαδικασίες και εξαρτάται από την εμπειρία των υπεύθυνων διαχείρισης. Επιπλέον, υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες λόγω της δυναμικής φύσης της ζήτησης, των αλλαγών στην κυκλοφορία και των διαφόρων αναπάντεχων συνθηκών, όπως οι κλιματικές συνθήκες, οι απεργίες ή οι απρόσμενες βλάβες.

Οι τρέχουσες μεθοδολογίες είναι διάφορες, από απλά εικαστικά σχήματα μέχρι πιο περίπλοκες λύσεις βασισμένες σε λογισμικό ανάλυσης δεδομένων. Υπάρχουν, για παράδειγμα, μέθοδοι βασισμένες στη χρήση ιστορικών δεδομένων από μελέτες, τα οποία αναζητούν σχέσεις μεταξύ διαφόρων παραγόντων, όπως η ώρα της ημέρας, οι κλιματολογικές συνθήκες ή οι εποχιακές διακυμάνσεις. Υπάρχουν επίσης μέθοδοι που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση για να προβλέψουν και να προσαρμόσουν τα δρομολόγια λεωφορείων σύμφωνα με τις ανάγκες των επιβατών.

Ωστόσο, αυτές οι μέθοδοι είναι συχνά περιορισμένες στην ικανότητά τους να προσαρμοστούν σε ξαφνικές αλλαγές ή απρόβλεπτα γεγονότα. Επιπλέον, η συλλογή και ανάλυση των απαραίτητων δεδομένων μπορεί να είναι πολύπλοκη και χρονοβόρα, καθιστώντας δύσκολη την υλοποίηση αυτών των μεθόδων σε μεγάλη κλίμακα.

Σε κοινότητες που δεν έχουν ακόμα εξελιχθεί πλήρως στον τομέα της τεχνολογίας, η συλλογή δεδομένων αποτελεί μια σημαντική πρόκληση. Είναι συνηθισμένο να χρησιμοποιούνται παλαιότερες μέθοδοι, όπως η χειρόγραφη καταγραφή πληροφοριών ή η προφορική μετάδοση πληροφοριών, που καθιστούν δύσκολη και χρονοβόρα την ανάλυση των συλλεγόντων δεδομένων.

Αντιμετωπίζεται μια σημαντική πρόκληση στη διαχείριση των μεταφορών, ειδικά των λεωφορειακών μεταφορών, λόγω της ελλιπούς αξιοποίησης της τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα στην Θεσσαλονίκη, δεν υπάρχει κάποιο σύστημα καταγραφής των μεταφερόντων, και αυτό αποτελεί πρόβλημα διότι υπάρχει τεράστια ανάγκη βελτίωσης των μεταφορών.

1.5 Μείωση του Κόστους και Αύξηση των Κερδών

Το σύστημα παρακολούθησης λεωφορείων που δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας το Raspberry Pi έχει πολλαπλά οφέλη από οικονομική άποψη. Με τη βελτιστοποίηση της παρακολούθησης και της διαχείρισης, είμαστε σε θέση να μειώνουμε το κόστος και αντίστοιχα να αυξάνουμε τα κέρδη για τις υπηρεσίες μεταφοράς.

1.5.1 Μείωση Κόστους

Πρώτον, η συγκέντρωση και η ανάλυση παραμέτρων των λεωφορείων σε πραγματικό χρόνο μας επιτρέπουν να βρίσκουμε αμέσως πιθανά προβλήματα και να εξοικονομούμε χρόνο και χρήματα αποφεύγοντας μακροχρόνιες διακοπές και επισκευές.

Επιπλέον, το σύστημα αυτό επιτρέπει την αποδοτική διαχείριση των πόρων, μειώνοντας τα αδιάθετα δρομολόγια και την χρήση καυσίμων. Με τη ρύθμιση των δρομολογίων, με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται, μπορούμε να μειώσουμε την εκπομπή των καυσαερίων, να διατηρούμε την απόδοση των λεωφορείων και να μειώνουμε το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

1.5.2 Αύξηση Κερδών

Από τα δεδομένα που συλλέγονται από το σύστημα, δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστούν στάσεις λεωφορείων ή περιοχές που έχουν μεγάλες ανάγκες. Ανταποκρινόμενοι σε αυτές τις ανάγκες με περισσότερες διαδρομές λεωφορείων ή περισσότερα λεωφορεία, θα μπορέσουμε να έχουμε μεγαλύτερα κέρδη από την πώληση περισσότερων εισιτηρίων.

1.5.3 Ικανοποίηση Πελατών

Γνωρίζοντας πότε και πού είναι πιθανότερο να υπάρχουν ανάγκες για περισσότερες υπηρεσίες, μπορούμε να προσαρμόζουμε την κυκλοφορία των λεωφορείων κατάλληλα.

Μέσω της βελτιωμένης εποπτείας και καταγραφής των λεωφορείων, το σύστημά μας παρέχει πραγματικά ακριβείς πληροφορίες ως προς την ώρα άφιξης των λεωφορείων. Αυτό μειώνει την ανασφάλεια και την αναμονή των επιβατών, δίνοντάς τους την δυνατότητα να σχεδιάσουν καλύτερα τις μετακινήσεις τους.

Το σύστημά μας παρέχει επίσης μεγάλη διαφάνεια στην λειτουργία της υπηρεσίας λεωφορείων. Οι επιβάτες έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες καταγραφής της επιτήρησης των λεωφορείων, δίνοντας τους καλύτερη ενημέρωση και αυξάνοντας την εμπιστοσύνη τους στην υπηρεσία.

Τα παραπάνω οδηγούν σε ικανοποιημένους επιβάτες, και κατ' επέκταση πελάτες. Όταν κάποιος επιβάτης έχει άσχημες εμπειρίες από τη χρήση του λεωφορείου, υπάρχει κίνδυνος να προτιμήσει άλλα

μέσα μεταφοράς. Σε αυτή την περίπτωση, η επιχείρηση χάνει πελάτες. Ένας ικανοποιημένος και ευχαριστημένος πελάτης είναι πιο πιθανό να ξαναχρησιμοποιήσει το λεωφορείο, αντί κάποιου δυσαρεστημένου.

1.6 Υπέρβαση Μέγιστης Χωρητικότητας

Είναι γνωστό ότι τα λεωφορεία χωράνε συγκεκριμένο αριθμό επιβατών. Αυτό οφείλεται, από τη μία πλευρά, στην αναγκαιότητα διατήρησης αποδεκτού βάρους, προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν τεχνικές δυσλειτουργίες και προβλήματα φθοράς στο όχημα. Από την άλλη πλευρά, γίνεται προσπάθεια να υπάρχει ποιότητα στην υπηρεσία μεταφοράς που προσφέρεται στους πολίτες. Συνεπώς, ο συγκεκριμένος αριθμός επιβατών εξυπηρετεί τη δημιουργία ασφάλειας και υγιεινής στο εσωτερικό του οχήματος, προσφέροντας στον κάθε επιβάτη το δικό του προσωπικό χώρο. Μειώνοντας την επαφή με άλλους επιβάτες αντιμετωπίζεται η πιθανότητα διασποράς νοσημάτων, ενώ ταυτόχρονα γίνεται πιο δύσκολη η κλοπή προσωπικών αντικειμένων από επίδοξους κλέφτες.

Η υπέρβαση του ορίου ατόμων που μπαίνουν στα λεωφορεία αποτελεί συχνό φαινόμενο, ιδιαίτερα σε ώρες αιχμής. Η υπέρβαση του ορίου ατόμων στα λεωφορεία είναι:

- Επικίνδυνο για την ασφάλεια των επιβατών
- Δημιουργεί άγχος και κόπωση για τους επιβάτες
- Καθίσταται την εμπειρία ταξιδιού δυσάρεστη

Αυτό είναι ένα σοβαρό πρόβλημα που πρέπει να λυθεί άμεσα. Πιθανές λύσεις αποτελούν τα παρακάτω:

1. Αύξηση του αριθμού των λεωφορείων κατά τις πιο απασχολημένες ώρες.
2. Εφαρμογή τεχνολογίας παρακολούθησης για τον έλεγχο του αριθμού των επιβατών σε κάθε λεωφορείο.
3. Ενημέρωση των επιβατών για την σημασία της τήρησης των ορίων επιβατών για την ασφάλεια όλων.
4. Δημιουργία περισσότερων στάσεων σε δρόμους κοντά στα σημεία συνωστισμού, έτσι ώστε να υπάρχουν εναλλακτικά δρομολόγια εξυπηρέτησης.

Κεφάλαιο 2ο: Υλικά Συστήματος και Διασύνδεση

2.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζεται ο τεχνικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του συστήματος παρακολούθησης των λεωφορείων. Θα αναλύσουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, τις δυνατότητες που παρέχουν και τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και την αλληλεπίδραση ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επιλογή τους είναι αποτέλεσμα μεθοδικού και σύνθετου σχεδιασμού. Η παρουσίαση των διάφορων συστατικών παρέχει εμπεριστατωμένη εξήγηση των τεχνικών λεπτομερειών του συστήματος.

Κάθε εξάρτημα είναι ζωτικής σημασίας για την άρτια λειτουργία του συστήματος. Οι συνδυασμοί αυτών των τεχνολογικών εξαρτημάτων μας επέτρεψαν να δημιουργήσουμε ένα αξιόπιστο, αποτελεσματικό και καινοτόμο σύστημα παρακολούθησης.

2.2 Αισθητήρες Συλλογής Δεδομένων

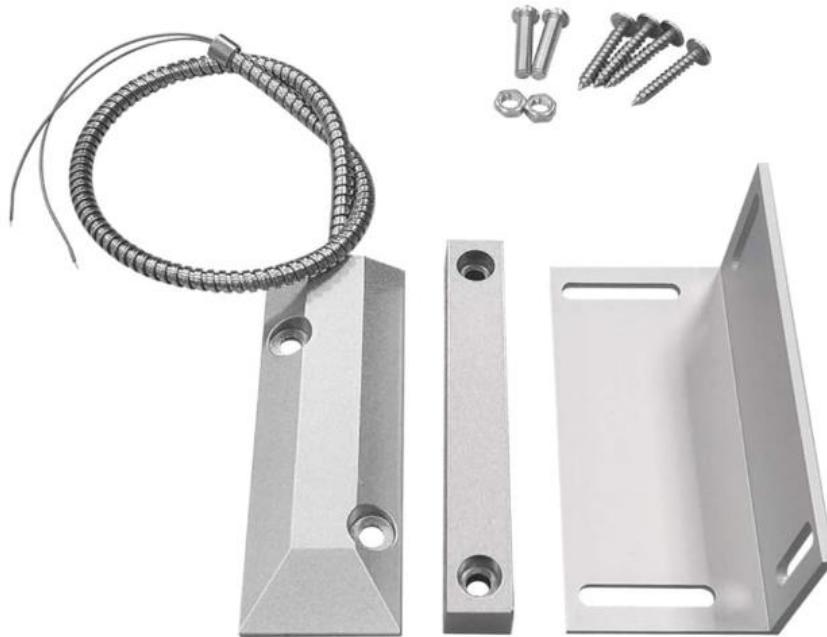
Είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι κατά τον σχεδιασμό του συστήματος, απαιτούνται δύο είδη αισθητήρων για την ακριβή λειτουργία του:

1. Μαγνητικοί αισθητήρες θυρών
2. Στερεοσκοπικές κάμερες τριών διαστάσεων με δυνατότητα μέτρησης ατόμων

Ο συνδυασμός των δύο τύπων αισθητήρων είναι απαραίτητος για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος παρακολούθησης λεωφορείων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι αισθητήρες της πόρτας επισημαίνουν την αρχή και το τέλος της απαρίθμησης, για κάθε στάση του λεωφορείου.

2.2.1 Μαγνητικοί Αισθητήρες Θυρών

Οι μαγνητικοί αισθητήρες λειτουργούν υπό δύο καταστάσεις: ανοιχτό ή κλειστό κύκλωμα. Υπάρχουν 2 μαγνήτες ένας με 2 καλώδια και ένας χωρίς. Όταν οι 2 μαγνήτες έρχονται σε επαφή τα 2 καλώδια είναι βραχυκυκλωμένα. Σε αντίθετη περίπτωση τα 2 καλώδια είναι ασύνδετα και αποτελούν ανοιχτό κύκλωμα. Το κλειστό κύκλωμα υποδηλώνει ότι οι πόρτες είναι κλειστές, ενώ το ανοιχτό ότι είναι ανοιχτές. Οι αισθητήρες πρέπει να συνδεθούν στις θύρες GPIO του Raspberry Pi και να δηλώσουν την κατάσταση της πόρτας. Για να γίνει κατανοητή, και να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί, η κατάσταση των αισθητήρων, θα πρέπει να ορίσουμε τις GPIO πόρτες του Raspberry Pi μέσα σε ένα Python πρόγραμμα. Η διαμόρφωση της συνδεσμολογίας των αισθητήρων καθορίζεται ανάλογα με τον αριθμό των πορτών που διαθέτει το λεωφορείο. Προτείνεται να τοποθετηθεί μία μαγνητική επαφή βαρέως τύπου (Heavy Duty) όπως στην Εικόνα 2.1 .



Εικόνα 2.1 Παράδειγμα Αισθητήρα Μαγνητικής Επαφής

2.2.2 Στερεοσκοπικές Κάμερες Τριών Διαστάσεων

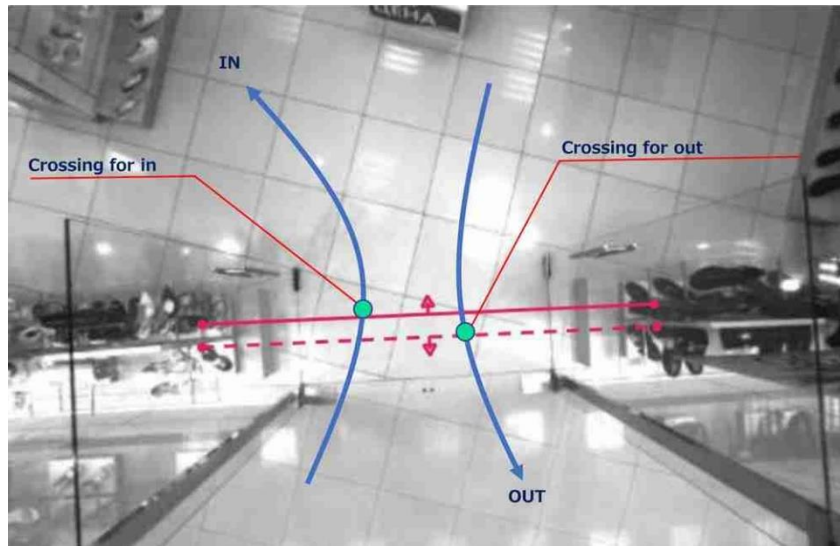
Το δεύτερο είδος αισθητήρων έχει να κάνει με την τοποθέτηση 3D καμερών. Οι κάμερες αυτές αποτελούνται από 2 φακούς καμερών τοποθετημένους δίπλα δίπλα. Αυτό δίνει την δυνατότητα να αντιλαμβάνονται την εικόνα στερεοσκοπικά. Αυτές οι κάμερες λοιπόν, είναι προγραμματισμένες από τον κατασκευαστή τους έτσι ώστε να αντιλαμβάνονται τον αριθμό των επιβατών που μπαίνουν και βγαίνουν. Για να γίνει σωστά η καταμέτρηση θα πρέπει να τοποθετηθούν ακριβώς πάνω από το σημείο εισόδου και εξόδου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2 . Οι κάμερες τοποθετούνται στο ταβάνι και εστιάζονται στο πάτωμα.



Εικόνα 2.2 Παράδειγμα Καταμέτρησης Επιβατών με 3D Κάμερες

2.2.2.1 Λειτουργία Καμερών Τριών Διαστάσεων

Το σύστημα των 3D καμερών λειτουργεί καταμετρώντας τον αριθμό των ατόμων που διασχίζουν μια εικονική γραμμή (Εικόνα 2.3) . Πιο συγκεκριμένα ο εγκαταστάτης της κάμερας ορίζει μια ευθεία γραμμή πάνω στην εικόνα που δίνει η κάμερα. Έπειτα η κάμερα εντοπίζει όλα τα κεφάλια που υπάρχουν μέσα στην εικόνα της. Όταν κάποιο κεφάλι διασχίσει την γραμμή γίνεται αναγνώριση εισόδου ή εξόδου, παίρνοντας υπόψιν την κατεύθυνση από την οποία πέρασε την γραμμή.



Εικόνα 2.3 Εικόνα Κάμερας με Επεξήγηση Λειτουργίας Καταμέτρησης

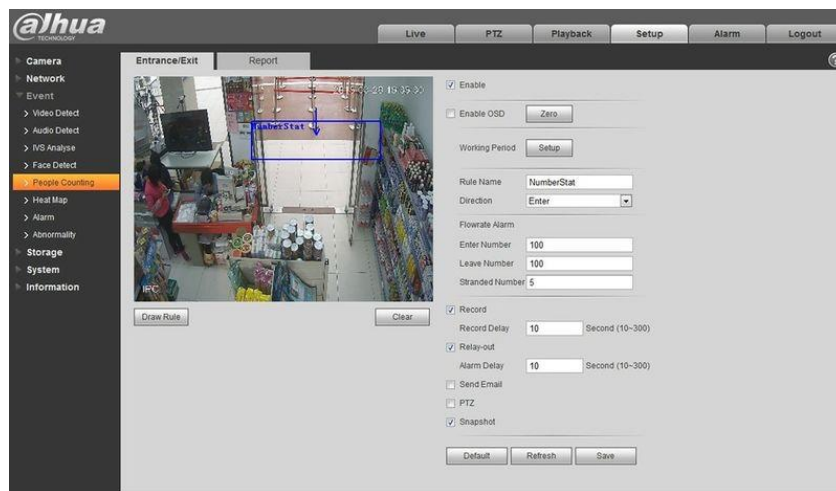
Οι κάμερες έχουν τη δυνατότητα να στείλουν τα δεδομένα μέσω καλωδίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4 . Ένα για τις εισόδους και ένα για τις εξόδους. Έτσι ,στο τέλος, όταν περάσει κάποιος την γραμμή θα σταλθεί ένα σήμα 5 Volt στο καλώδιο IN, ή στο OUT.



Εικόνα 2.4 Καλώδια Εξαγωγής Δεδομένων Καταμέτρησης Καμερών

Υπάρχουν κάποιες ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν , όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5, έτσι ώστε να παίρνονται ακριβείς μετρήσεις . Τα σημαντικότερα δεδομένα που πρέπει να ρυθμιστούν στο λογισμικό τη κάμερας είναι:

1. Το ύψος της κάμερας, καθώς αυτό επηρεάζει την αναγνώριση των κεφαλιών.
2. Η τοποθέτηση της γραμμής, η οποία πρέπει να οριστεί ακριβώς στην πόρτα του λεωφορείου, από άκρη σε άκρη
3. Η ευαισθησία της κάμερας, έτσι ώστε να μην λαμβάνει υπόψιν μωρά και παιδιά.



Εικόνα 2.5 Επεξεργασία Ρυθμίσεων Κάμερας

2.2.3 Εισαγωγή Δεδομένων Πειράματος

Οι παραπάνω αισθητήρες αποτελούν μία πολύ καλή λύση όσον αφορά τον ακριβή εντοπισμό των ατόμων. Παρόλα αυτά οι στερεοσκοπικές κάμερες είναι ιδιαίτερα ακριβές, και η τιμή τους κυμαίνεται σε εκατοντάδες ευρώ. Λόγω του κόστους επιλέχθηκε μια πιο οικονομική λύση για τον έλεγχο σωστής λειτουργίας του συστήματος μας. Θα προσομοιάσουμε τους αισθητήρες θυρών και τις κάμερες με κουμπιά πάνω σε ράστερ. Θα χρησιμοποιήσουμε 3 κουμπιά:

1. Άνοιγμα/Κλείσιμο Θυρών
2. Είσοδος Ατόμου (+1)
3. Έξοδος Ατόμου (-1)

Τέλος για να γίνει πιο εύκολος ο έλεγχος των ορθών πατημάτων των κουμπιών, τοποθετήθηκαν 3 LED διαφορετικών χρωμάτων. Το κάθε LED θα φωτίζει όταν πατιέται το αντίστοιχο κουμπί. Το LED που θα αντιπροσωπεύει την πόρτα θα παραμένει ανοιχτό μέχρι να ξαναπατήσουμε το κουμπί και να κλείσει η πόρτα.

2.3 Υλικό Συστήματος

Στον Πίνακα 2.1 φαίνεται η λίστα των υλικών που απαρτίζουν το σύστημα αυτόματης παρακολούθησης λεωφορείων. Το σύστημα βασίζεται σε μια πλατφόρμα Raspberry Pi 4 Model B, την οποία ενισχύουμε με επιπλέον εξαρτήματα για να παρέχει τις λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω.

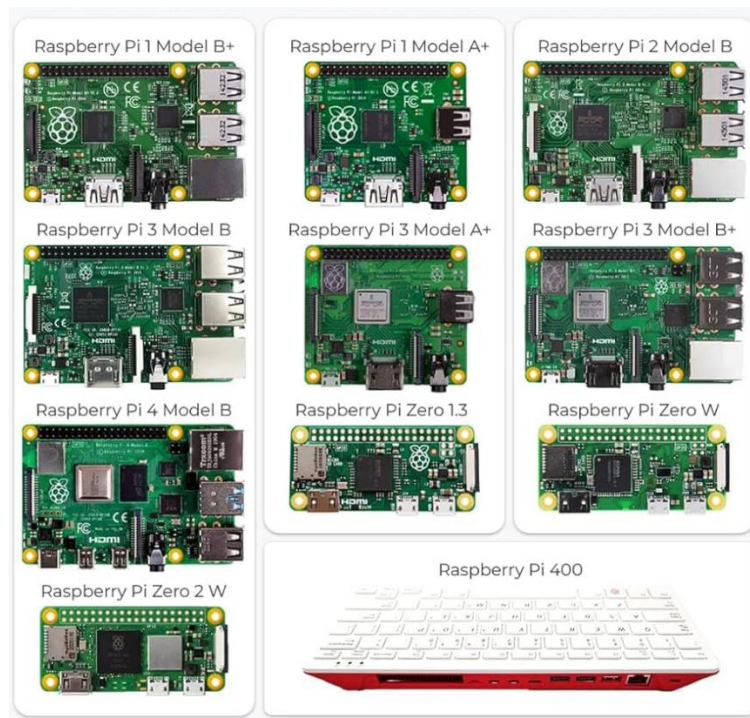
Πίνακας 2.1 Λίστα Υλικών

Υλικό	Εικόνα
Raspberry Pi 4 Model B	
Waveshare UPS HAT for Raspberry Pi	
Waveshare SIM7600G-H 4G HAT for Raspberry Pi	
Κεραία GPS	
Κεραία GSM	
Κάρτα SIM	
Ράστερ	
Βάση Στήριξης	
2 Μπαταρίες 18650 Li-ion 6800mAh	

2.3.1 Raspberry Pi

Για την υλοποίηση του συστήματος παρακολούθησης λεωφορείων θα χρησιμοποιηθεί ένα Raspberry Pi σαν πυρήνας στις συσκευής συλλογής πληροφοριών. Το Raspberry Pi είναι ένας μικρός υπολογιστής με ενσωματωμένη πλακέτα επέκτασης GPIO (General Purpose Input/Output). Αυτή η πλακέτα επιτρέπει τη σύνδεση και τον έλεγχο διάφορων αισθητήρων και συσκευών που απαιτούνται για το σύστημα παρακολούθησης.

Υπάρχουν διάφορα διαθέσιμα μοντέλα στην αγορά, μερικά από αυτά φαίνονται στην Εικόνα 2.6 . Το κάθε ένα έχει τις δικές τους τεχνικές προδιαγραφές.



Εικόνα 2.6 Μοντέλα Raspberry Pi

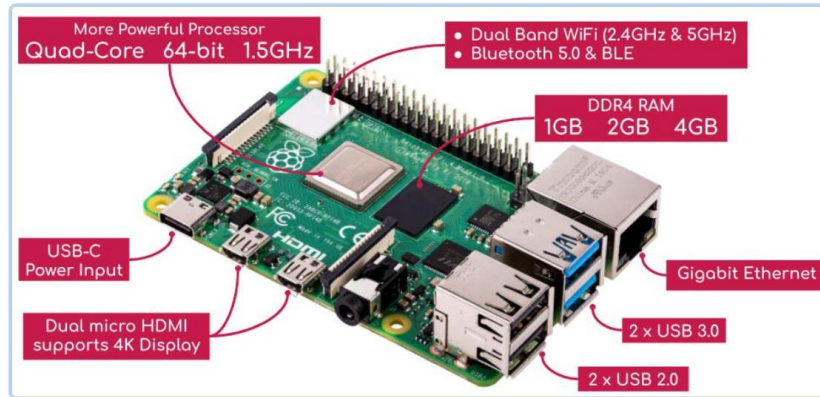
Παρακάτω φαίνεται ο Πίνακας 2.2 που συγκρίνει τα πιο δημοφιλή μοντέλα:

Πίνακας 2.2 Χαρακτηριστικά Δημοφιλέστερων Μοντέλων Raspberry Pi

Μοντέλο	Επεξεργαστής	RAM	Θύρες USB
Raspberry Pi 3 Model B+	1.4GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU	1GB LPDDR2 SDRAM	4
Raspberry Pi 4 Model B	1.5GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU	2GB, 4GB ή 8GB LPDDR4 SDRAM	2 USB 3.0, 2 USB 2.0
Raspberry Pi Zero W	1.0GHz single-core CPU	512MB RAM	1 (micro USB)

2.3.1.1 Επιλογή Raspberry Pi 4 Model B

Μετά από προσεκτική ανάλυση των απαιτήσεων του συστήματος καταμέτρησης, επιλέχθηκε το Raspberry Pi 4 Model B (Εικόνα 2.7) .



Εικόνα 2.7 Raspberry Pi 4 Model B - Χαρακτηριστικά

Βασικοί λόγοι που αιτιολογούν αυτή την επιλογή:

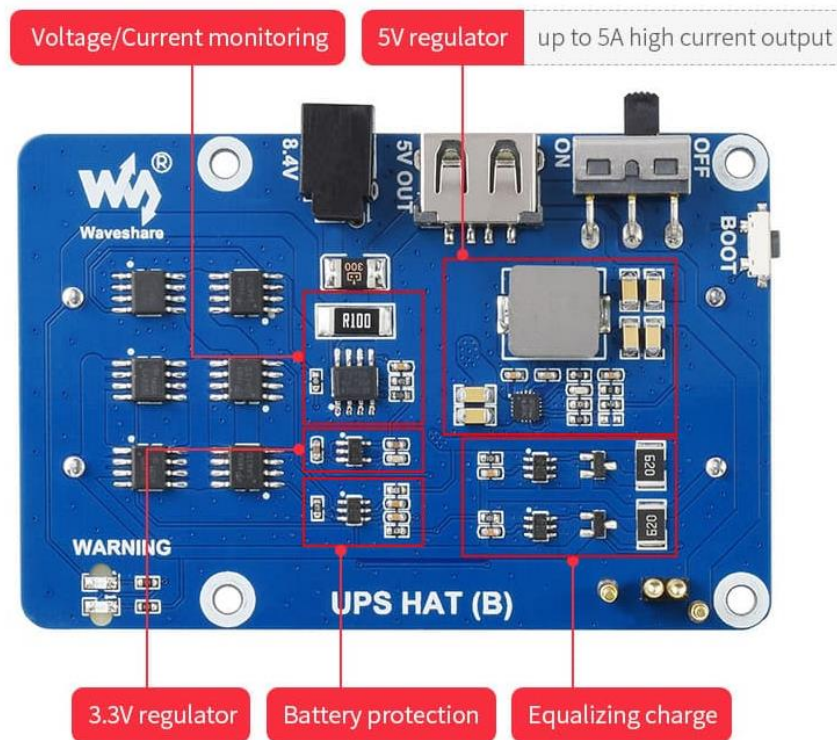
1. **Ικανοποιητική απόδοση:** Το Raspberry Pi 4 προσφέρει εξαιρετική απόδοση που είναι αρκετή για την δημιουργία του συστήματος μας. Έχει γρήγορο επεξεργαστή και μεγάλη RAM. Υποστηρίζει το λογισμικό και τα εξαρτήματα που θα προσαρμοστούν και έχει τη δυνατότητα να αντέξει παραπάνω φόρτο εργασίας στο μέλλον, αν χρειαστεί.
2. **Προσθήκη λειτουργιών μέσω Hardware:** Δίνει την δυνατότητα σύνδεσης με άλλες ηλεκτρονικές συσκευές μέσω των θυρών USB και των pins που διαθέτει. Διαθέτει αρκετές θύρες έτσι ώστε να είναι διαθέσιμες και στην περίπτωση που χρειαστεί να βελτιωθεί η συσκευή στο μέλλον, με την προσθήκη νέων υλικών.
3. **Δυνατότητα αναβάθμισης μέσω Software:** Προσφέρει μεγάλο πεδίο για μελλοντικές αναβαθμίσεις και προσθήκες, δίνοντάς μας τη δυνατότητα να διατηρήσουμε το σύστημα σύγχρονο και ανταγωνιστικό.

2.3.2 Waveshare UPS HAT for Raspberry Pi

Το Waveshare UPS HAT είναι μια εξειδικευμένη πλακέτα επέκτασης για το Raspberry Pi, το οποίο παρέχει λειτουργία αδιάλειπτης παροχής ενέργειας. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε εφαρμογές που απαιτούν συνεχή και αξιόπιστη λειτουργία, ακόμη και σε περίπτωση προβλημάτων με την παροχή ρεύματος. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε εφαρμογές που απαιτούν συνεχή λειτουργία, ακόμη και σε περίπτωση προβλημάτων με την παροχή ρεύματος.

Στην πλακέτα υπάρχουν 5 υποκατηγορίες κυκλωμάτων όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.8 . Αναλυτικά:

- Κύκλωμα παρακολούθησης Τάσης, Ρεύματος και Ισχύς των Μπαταριών
- Σταθεροποιητής Τάσης 5V με παροχή συνεχούς ρεύματος εξόδου στα 2,5 A, και παροχή στιγμιαίου ρεύματος εξόδου μέχρι τα 5 A.
- Σταθεροποιητής Τάσης 3.3V
- Κύκλωμα Προστασίας Μπαταριών
- Εξισορρόπησης Φορτίου Μπαταριών



Εικόνα 2.8 Κυκλώματα Waveshare UPS HAT

2.3.2.1 Πλεονεκτήματα και Δυνατότητες

Για να γίνει κατανοητή καλύτερα η επίδραση και η συνεισφορά του Waveshare UPS HAT στο έργο μας, θα πρέπει να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο αυτό το συστατικό δίνει τη βάση για ένα αξιόπιστο και ανθεκτικό σύστημα παρακολούθησης λεωφορείων.

Παρακάτω αριθμούνται οι βασικοί λόγοι:

- **Διασφαλίζει την Απρόσκοπτη Λειτουργία:** Το UPS HAT διασφαλίζει ότι το Raspberry Pi μας παραμένει συνεχώς λειτουργικό, αποφεύγοντας προβλήματα που προκύπτουν από απρόσμενες διακοπές ρεύματος. Όπως βλάβες σε ηλεκτρονικά εξαρτήματα των συσκευών μας.
- **Εγγυάται την Αποτελεσματικότητα των Δεδομένων:** Με τη συνεχή τροφοδοσία ρεύματος, το σύστημα μας μπορεί να λειτουργεί αδιάκοπα, εξασφαλίζοντας τη συνέπεια και την ακρίβεια των συλλεγόμενων δεδομένων. Ακόμα κι αν διακοπεί η παροχή ρεύματος, η συσκευή μας θα συνεχίσει να καταγράφει.
- **Δημιουργεί Ευέλικτο και Υγιές Σύστημα:** Η αυτόματη μεταγωγή και η δυνατότητα παρακολούθησης της κατάστασης της μπαταρίας διευκολύνουν την ευελιξία του συστήματός μας και την αντοχή του στις αλλαγές συνθηκών. Η πλακέτα χρησιμοποιεί 2 pins για την επικοινωνία με το Raspberry. Η επικοινωνία γίνεται με τη χρήση πρωτοκόλλου I2C bus. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να ελέγχου της υγείας των μπαταριών έτσι ώστε να μπορούν να αντικατασταθούν εγκαίρως σε περίπτωση ανάγκης (Εικόνα 2.9).

```

pi@spi4b:~/Documents/UPS_HAT/UPS_HAT $ python3 INA219.py
Load Voltage: 7.656 V — Batteries voltage
Current: -0.388700 A — Negative for discharging
Power: 2.976 W — Positive for recharging
Percent: 69.0% — Remaining capacity
    
```

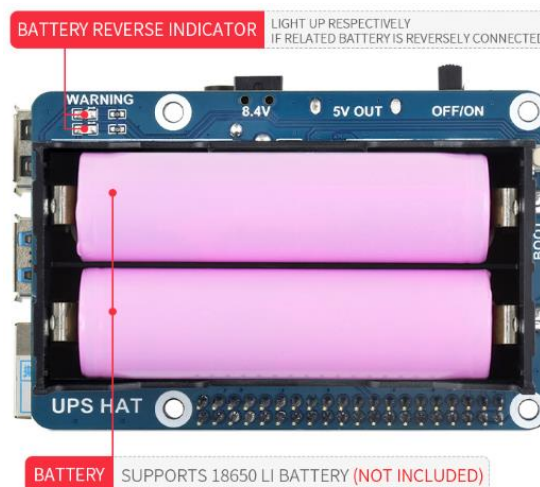
Εικόνα 2.9 Απεικόνιση Κατάστασης Μπαταριών

- **Τροφοδοτεί επιπλέον συσκευές :** Η κύρια λειτουργία του είναι η τροφοδότηση του Raspberry μέσω των pins, αλλά δίνεται η δυνατότητα να τροφοδοτηθούν επιπλέον πλακέτες μέσω της θύρας USB που δίνει 5 V. Άρα με τη σύνδεση του UPS με καλώδιο USB δεν προστατεύεται μόνο το Raspberry αλλά και η πλακέτα SIM7600, καθώς και οποιαδήποτε άλλη συσκευή θέλουμε να προσθέσουμε στο μέλλον, όπως π.χ. μία οθόνη για να έχουμε καλύτερο χειρισμό (Εικόνα 2.10) .



Εικόνα 2.10 Τροφοδότηση Συσκευών με το Waveshare UPS HAT

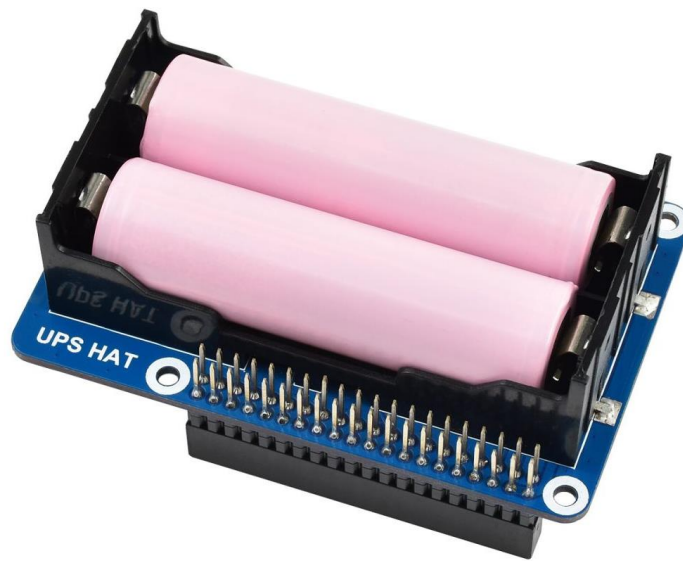
- **Διαθέτει Λειτουργία Ελέγχου Σωστής Τοποθέτησης Μπαταριών:** Η τοποθέτηση των μπαταριών με λάθος πολικότητα είναι αρκετά σύνηθες φαινόμενο. Η πλακέτα διαθέτει 2 LED, ένα για κάθε μπαταρία. Αν η μπαταρία τοποθετηθεί λάθος το LED που αντιπροσωπεύει την αντίστοιχη μπαταρία φωτίζει (Εικόνα 2.11).



Εικόνα 2.11 Κάτω Μέρος της Πλακέτας του UPS και Warning Leds

2.3.2.2 Μπαταρίες UPS

Το UPS που επιλέξαμε δεν περιείχε μπαταρίες, οπότε αγοράστηκαν ξεχωριστά δύο μπαταρίες 18650 για να λειτουργήσει (Εικόνα 2.12). Οι μπαταρίες που τοποθετήσαμε έχουν 6800 mAh η κάθε μία. Αυτό υποδηλώνει την ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να αποθηκεύσει η μπαταρία που σημαίνει ότι σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, το UPS θα μπορέσει να τροφοδοτήσει το σύστημα για μια αντίστοιχη χρονική περίοδο. Επίσης η πλακέτα του UPS τοποθετήθηκε τελευταία, κάτω από το Raspberry, έτσι ώστε να είναι εύκολη η αλλαγή των μπαταριών. Σχετικά με την αλλαγή των μπαταριών, οι μπαταρίες πρέπει να αντικατασταθούν σε περίπτωση που χαλάσουν, φτάσουν στο τέλος της ζωής τους, ή αν περάσουν 2 χρόνια λειτουργίας.



Εικόνα 2.12 Μπαταρίες του UPS

Η επιλογή των μπαταριών Li-ion ήταν βασισμένη στην υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, τη μακρά ζωή κύκλου και την ικανότητα για γρήγορη φόρτιση και αποφόρτιση που παρέχουν. Επιπλέον, οι μπαταρίες Li-ion δεν υποφέρουν από το "εφέ μνήμης" που παρατηρείται σε άλλους τύπους μπαταριών, καθιστώντας τις ιδανικές για εφαρμογές που απαιτούν συχνές διαδικασίες φόρτισης και αποφόρτισης.

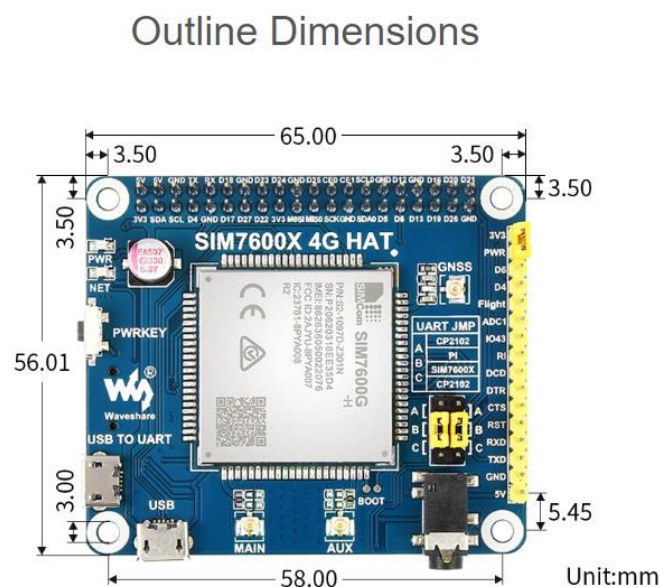
2.3.2.2.1 Memory Effect

Το "εφέ μνήμης", επίσης γνωστό ως πρόωρη αποφόρτιση, είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται κυρίως σε μπαταρίες νικελίου-καδμίου (NiCd) και νικελίου-μεταλλικό υβρίδιο (NiMH). Το "εφέ μνήμης" αναφέρεται στην τάση αυτών των μπαταριών να "χάσουν" την ικανότητά τους να φορτίζονται πλήρως εάν δεν αποφορτίζονται πλήρως πριν από μία νέα φόρτιση. Αυτό οδηγεί σε μειωμένη ενεργειακή αποδοτικότητα και μπορεί να περιορίζει τη χρήση τους σε συσκευές που απαιτούν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.

Οι μπαταρίες Li-ion, αντιθέτως, δεν εμφανίζουν το "εφέ μνήμης". Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να αποφορτιστούν πλήρως πριν από κάθε φόρτιση, επιτρέποντας τους ευέλικτες διαδικασίες φόρτισης και αποφόρτισης. Αυτή η δυνατότητα των μπαταριών Li-ion να επιτρέπει διακοπόμενες φορτίσεις και αποφορτίσεις χωρίς να χάσουν ενεργειακή τους αποδοτικότητα, τις καθιστά ιδανικές για συσκευές που απαιτούν συχνές φορτίσεις.

2.3.3 Waveshare SIM7600G-H 4G HAT for Raspberry Pi

Το Waveshare SIM7600G-H 4G HAT είναι μία πλακέτα που τοποθετείται πάνω από το Raspberry Pi, επεκτείνοντας σημαντικά τις δυνατότητες του (Εικόνα 2.13). Η ειδικότητά του είναι η αποστολή και συλλογή δεδομένων μέσω διαφόρων πρωτοκόλλων δικτύων.



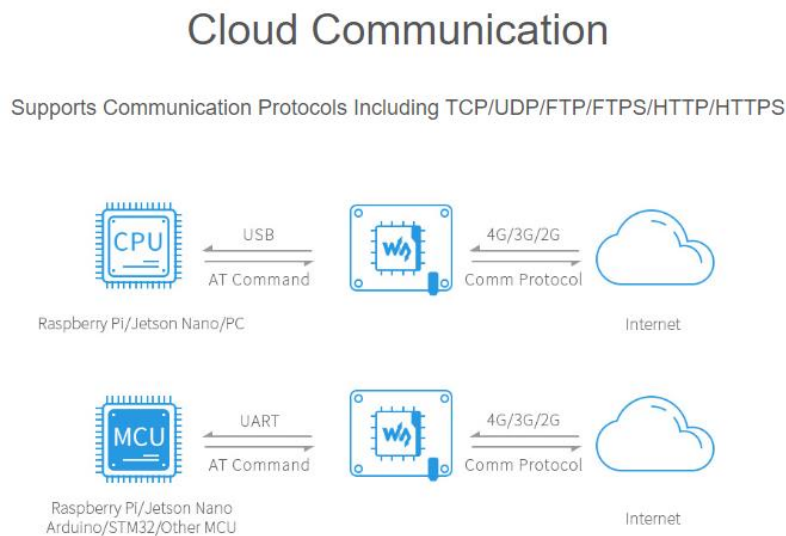
Εικόνα 2.13 Waveshare SIM7600G-H 4G HAT

2.3.3.1 Χαρακτηριστικά

Το SIM7600G-H 4G HAT είναι ένας πανίσχυρος προσαρμογέας ο οποίος επιτρέπει στο Raspberry Pi να συνδεθεί επιτυχώς σε δίκτυα GSM / GPRS / EDGE / WCDMA / HSPA / LTE-FDD για τη μετάδοση δεδομένων, φωνής και SMS. Και για την περίπτωση που χρειαστεί να γίνονται κλήσεις υπάρχει θύρα audio jack που μπορούν να συνδεθούν ακουστικά και μικρόφωνο. Είναι εξοπλισμένος με πολλαπλές λειτουργίες που την καθιστούν ένα εκπληκτικό εργαλείο για την ανάπτυξη δικτύων στις εφαρμογές IoT. Παρέχει συνδεσιμότητα 4G/3G/2G για την αποστολή και λήψη δεδομένων. Το HAT περιλαμβάνει επίσης GPS, που επιτρέπει την παρακολούθηση της ακριβούς θέσης της συσκευής. Επίσης δίνεται η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων σε κάρτα TF. Το "SIM7600" αναφέρεται στο chip της επεκτάσεως, ενώ το "G"(Global) σηματοδοτεί ότι πρόκειται για την παγκόσμια έκδοση, προσφέροντας έτσι ευελιξία ως προς τα δίκτυα που μπορεί να υποστηρίξει.

2.3.3.2 Επικοινωνία μεταξύ πλακετών

Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο μοντέλο SIM7600 δεν περιορίζει την χρήση του μόνο σε συσκευές Raspberry Pi. Είναι συμβατό με άλλες συσκευές όπως Arduino , Jetson Nano, STM32, και PC (Εικόνα 2.14) . Η επικοινωνία μεταξύ του modem και των εκάστοτε συσκευών μπορεί να γίνεται με δύο τρόπους. Είτε με USB , είτε με UART. Στο σύστημα που υλοποιήθηκε η σύνδεση και επικοινωνία γίνεται μέσω USB καλωδίου. Και στις 2 περιπτώσεις, η επικοινωνία επιτυγχάνεται με AT Commands.



Εικόνα 2.14 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας του SIM7600

2.3.3.3 AT Commands

Το AT αναφέρεται στην Αγγλικής λέξη 'Attention'. Πρόκειται για εντολές ειδικά σχεδιασμένες για να επικοινωνήσουν σχετικά με την διασύνδεση ενός μόντεμ. Στην πράξη, οι AT εντολές χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν τις λειτουργίες του μόντεμ, οι οποίες ποικίλλουν από τη διαμόρφωση της σύνδεσης μέχρι τη λήψη και την αποστολή μηνυμάτων.

Οι AT εντολές χρησιμοποιούνται συνήθως στην αυτοματοποίηση και τον έλεγχο περιφερειακών συσκευών που συνδέονται σε έναν υπολογιστή ή άλλο μηχάνημα μέσω διασύνδεσης σειριακής θύρας. Μπορείς να τα ρυθμίσεις, να διαχειριστείς την απόδοσή τους, να ελέγξεις την κατάσταση της σύνδεσης και να διορθώσεις προβλήματα βλάβης.

Στον Πίνακα 2.3 φαίνονται μερικές από τις εντολές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να ελεγχθεί η ομαλή λειτουργία του δικτύου. Επίσης με τις εντολές αυτές μπορούν να επιδιορθωθούν πιθανές βλάβες και να εμφανιστούν πληροφορίες σχετικά με τη σύνδεση του δικτύου.

Πίνακας 2.3 Βασικές AT Commands

AT Command	Function
AT	Η εντολή τεστ. Επιστρέφει OK αν το modem είναι έτοιμο και λειτουργεί σωστά.
ATE	Ελέγχει αν το modem θα πρέπει να προβάλλει τις εντολές (ECHO). ATE1 ανοίγει το ECHO, ATE0 το κλείνει.
ATI	Ζητάει πληροφορίες από το modem. ATI0 έως ATI4 δίνουν διάφορες πληροφορίες για το modem.
ATZ	Επαναφέρει το modem στις αρχικές εργοστασιακές ρυθμίσεις.
AT&F	Φορτώνει τις αρχικές ρυθμίσεις. Επαναφέρει το modem στις ρυθμίσεις που καθορίστηκαν από τον χρήστη.

2.3.3.4 Μοντέλα

Το SIM7600 είναι ένας πολυποίκιλος μόντεμ 4G LTE που διατίθεται σε διάφορα μοντέλα για να καλύπτει τις συχνότητες με τις οποίες λειτουργούν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας σε διάφορες περιοχές του κόσμου (Πίνακας 2.4) .

Πίνακας 2.4 Δίκτυα Υποστήριξης Μοντέλων SIM7600

Όνομα Μοντέλου	Περιοχές Χρήσης	Συμβατά Δίκτυα
SIM7600A-H	Βόρεια Αμερική	LTE-FDD, LTE-TDD, WCDMA, GSM
SIM7600C	Κίνα	LTE-TDD, LTE-FDD, TD-SCDMA, WCDMA, GSM
SIM7600CE	Κίνα	LTE-FDD, LTE-TDD, WCDMA, GSM
SIM7600E-H	Ευρώπη, Ασία, Αυστραλία	LTE-FDD, LTE-TDD, WCDMA, GSM
SIM7600SA	Νότια Αμερική, Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία	LTE-FDD, UMTS
SIM7600G-H	Παγκόσμιο	LTE-FDD/LTE-TDD/UMTS/HSDPA/HSUPA/HSPA+/GSM/GPRS/EDGE

Η επιλογή μας για την χρήση του παγκοσμίως αναγνωρισμένου μοντέλου SIM7600G-H δεν είναι τυχαία, αλλά βασίζεται σε δύο κρίσιμους παράγοντες. Πρώτα απ' όλα, το μοντέλο αυτό είναι συμβατό με τα δίκτυα της χώρας μας, επιτρέποντάς μας να το χρησιμοποιήσουμε στην εφαρμογή μας, χωρίς προβλήματα. Δευτερευόντως η χρήση ενός τέτοιου μοντέλου δίνει την δυνατότητα για διεθνή εμπορική προσφορά του συστήματος μας, στο μέλλον.

2.3.4 Κεραία GPS

Η κεραία GPS είναι ένα ουσιαστικό συστατικό σε οποιοδήποτε σύστημα παρακολούθησης θέσης. Επιτρέπει στη συσκευή να λαμβάνει και να αποστέλλει σήματα σε δορυφόρους. Υπό κανονικές συνθήκες, πρέπει να τροφοδοτείται συνεχώς και σταθερά για να μπορεί να λειτουργεί αποτελεσματικά. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που ήταν τόσο σημαντική η προσθήκη UPS στη συσκευή μας.



Εικόνα 2.15 Χαρακτηριστικά GPS Κεραίας

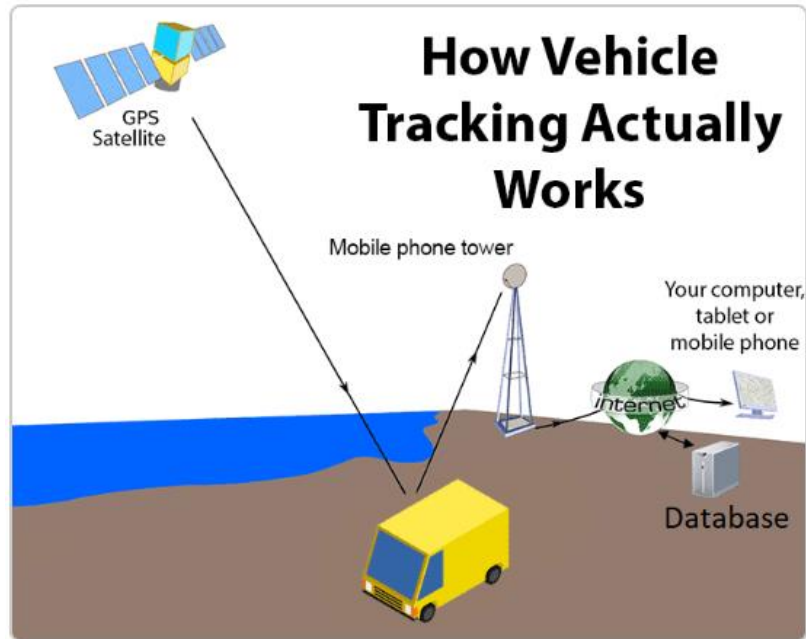
Η συγκεκριμένη κεραία GPS, που ήταν στην ίδια συσκευασία με το Waveshare SIM7600 (Εικόνα 2.15). Συνδέεται απευθείας στο SIM7600G-H μέσω της υποδοχής GNSS και διαθέτει μαγνητική βάση, επιτρέποντας την εύκολη στερέωσή της, τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά του λεωφορείου. Επιπλέον, διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο καλώδιο, προσδίδοντας επιπλέον ευελιξία στη τοποθέτηση της (Εικόνα 2.16). Τα παραπάνω καθιστούν αρκετά εύκολη την εύρεση της καλύτερης θέσης, για τη μέγιστη λήψη του σήματος.



Εικόνα 2.16 Κεραία GPS με καλώδιο προέκτασης

Η κεραία λειτουργεί όπως αναλύεται στην Εικόνα 2.17 :

1. Αναπαράγει σήματα προς τους δορυφόρους.
2. Λαμβάνει τα σήματα από τους δορυφόρους.
3. Υπολογίζει την ακριβή θέση με βάση τα σήματα λήφθηκαν.
4. Αποστέλλει αυτές τις πληροφορίες στο SIM7600.



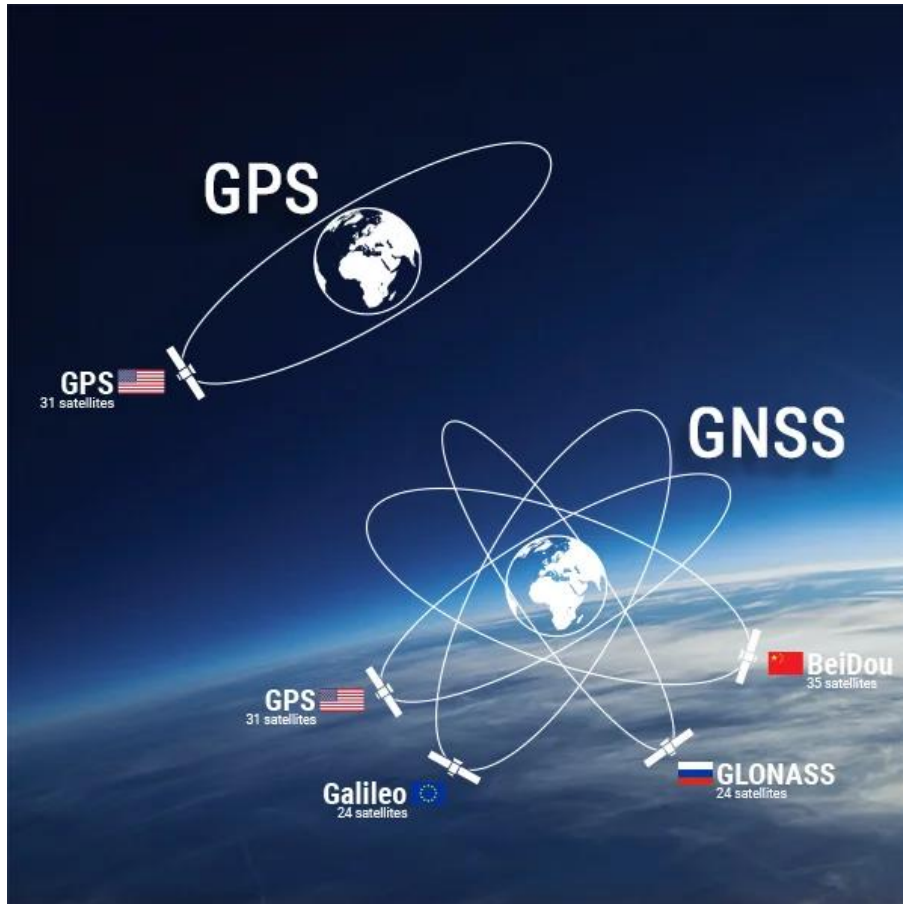
Εικόνα 2.17 Λειτουργία Λήψης Συντεταγμένων με GPS

Στη συνέχεια, το SIM7600 αποστέλλει τις GNSS συντεταγμένες στο Raspberry Pi, για επεξεργασία.

2.3.4.1 GNSS

Στο σύστημα καταμέτρησης που έχουμε δημιουργήσει, οι συντεταγμένες που λαμβάνουμε μέσω της κεραίας στο SIM7600 είναι συντεταγμένες GNSS. Το GNSS, ή Global Navigation Satellite System (Σύστημα Παγκόσμιας Πλοήγησης μέσω Δορυφόρου), είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει οποιοδήποτε σύστημα που παρέχει πληροφορίες πλοήγησης μέσω δορυφόρων. Ενώ το GPS είναι ένα παράδειγμα ενός GNSS, υπάρχουν και άλλα συστήματα, όπως το GLONASS της Ρωσίας, το Galileo της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και το BeiDou της Κίνας (Εικόνα 2.18).

Σε γενικές γραμμές, το GNSS λειτουργεί μέσω μιας ομάδας δορυφόρων που "καλύπτουν" τη Γη, στέλνοντας σήματα που μπορούν να ληφθούν από έναν δέκτη GNSS. Ο δέκτης χρησιμοποιεί τα σήματα αυτά για να διαπιστώσει την απόσταση από κάθε δορυφόρο και, συνδυάζοντας αυτές τις πληροφορίες, μπορεί να υπολογίσει την ακριβή θέση του δέκτη.

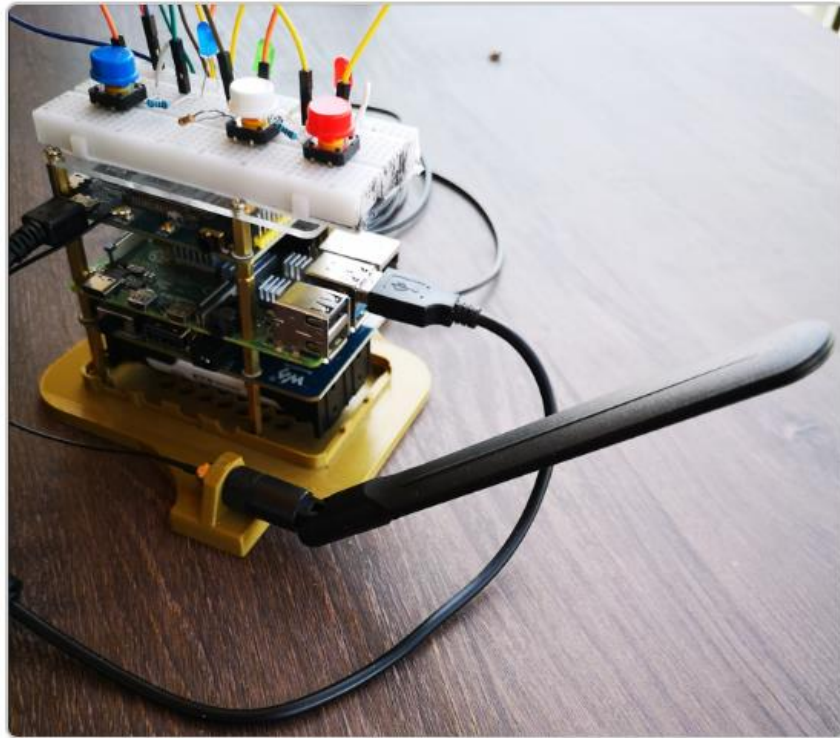


Εικόνα 2.18 GPS & GNSS

Συνεπώς, για να είναι τα δεδομένα πιο εφαρμόσιμα στην καθημερινότητα, Χρειάστηκε να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα Python για την μετατροπή των συντεταγμένων GNSS σε συντεταγμένες GPS, το οποίο είναι πιο δημοφιλές στη χώρα μας καθώς τα περισσότερα στοιχεία απεικονίζονται με αυτόν τον τρόπο.

2.3.5 Κεραία GSM

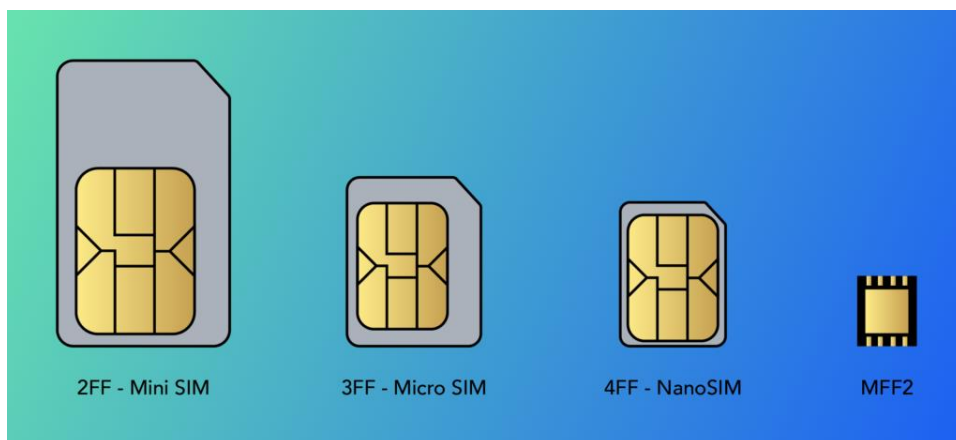
Η κεραία GSM όπως και η κεραία GPS υπάρχει στη συσκευασία του Waveshare SIM7600. Η κεραία παρουσιάζει εξαιρετική ευελιξία, καθώς μπορεί να περιστρέφεται ανάλογα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις λειτουργίας (Εικόνα 2.19) . Μπορεί να δοθεί κλίση μέχρι 90 μοίρες και περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της σε 360 μοίρες, εξασφαλίζοντας μία τέλεια προσαρμογή σε κάθε σενάριο χρήσης. Αναφορικά η SIM7600 μας παρέχει 2 θύρες για την σύνδεση της κεραίας. Η πρώτη είναι η "MAIN" και η δεύτερη η "AUX". Από τον κατασκευαστή προτείνεται η πρώτη, και η δεύτερη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτική θύρα , σε περίπτωση που χαλάσει η πρώτη. Επίσης να σημειωθεί ότι μας δίνεται η δυνατότητα να συνδέσουμε και 2 κεραίες ταυτόχρονα για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.



Εικόνα 2.19 Εστιαζόμενη κεραία GSM

2.3.6 Κάρτα SIM

Οι κάρτες SIM είναι διαθέσιμες σε διαφορετικά μεγέθη όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.20. Υπάρχει κανονική, μικρο-κάρτα SIM και νανο-κάρτα SIM, και μπορούν να αγοραστούν από διάφορους πάροχους τηλεπικοινωνιών. Στη δική μας περίπτωση απαιτείται μία Mini SIM. Η δυνατότητα επιλογής μεταξύ διαφορετικών παρόχων καθιστά τη χρήση καρτών SIM ιδιαίτερα ευέλικτη. Επιπλέον, καθιστούν δυνατή την παροχή προσαρμοσμένων λύσεων, με βάση τις απαιτήσεις και τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής.



Εικόνα 2.20 Μεγέθη καρτών SIM

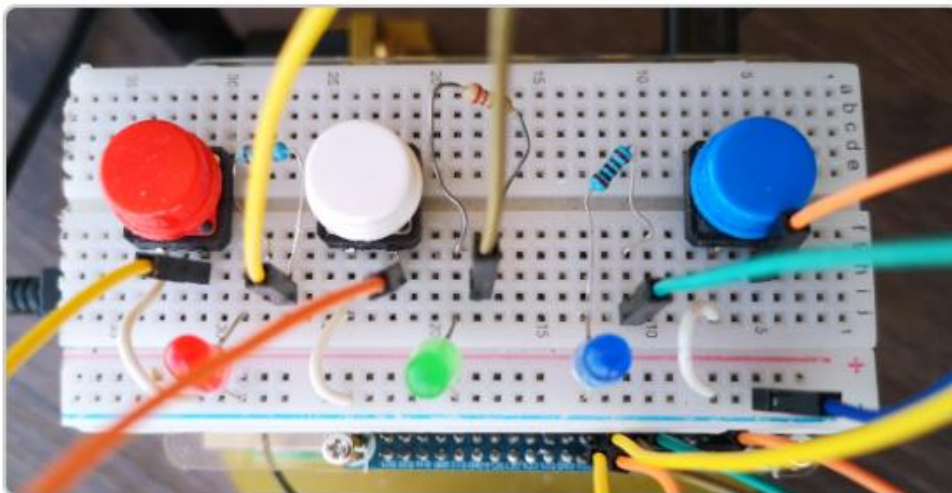
Επιτρέπουν ασύρματη επικοινωνία μεταξύ της συσκευής και του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Για την δική μας συσκευή πήραμε μία SIM VODAFONE CU και ορίσαμε ένα πακέτο με ελάχιστες παροχές για να κάνουμε τα πειράματά μας. Μια κάρτα SIM αποθηκεύει:

1. Τον αριθμό ταυτότητας του συνδρομητή (IMSI)
2. Κλειδιά κρυπτογράφησης
3. Προσωπική αρχειοθέτηση επαφών

Είναι απαραίτητο να προσέξουμε την ποιότητα της σύνδεσης που παρέχεται από την κάρτα SIM. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη συνεχή αποστολή δεδομένων μέσα από τα λεωφορεία. Είναι γνωστό ότι υπάρχουν προβλήματα και περιορισμοί , στα δίκτυα. Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι ότι ενδέχεται να μην υπάρχει επαρκές σήμα σε όλες τις περιοχές που μας ενδιαφέρουν. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χάνουμε τη σύνδεση και να είμαστε ανίκανοι να αποστείλουμε τα δεδομένα μας. Φυσικά , ακόμα και σε αυτό το σενάριο, είναι δυνατόν να τροποποιήσουμε το πρόγραμμα μας έτσι ώστε να αντιμετωπίσουμε αυτό το πρόβλημα. Η προετοιμασία για έκτακτες ανάγκες είναι ιδιαίτερα σημαντική για να διασφαλίσουμε ότι το σύστημα θα λειτουργεί ομαλά. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε τις βλάβες και να συνεχίσουμε να παρακολουθούμε τα λεωφορεία αποτελεσματικά, ακόμα και κάτω από δύσκολες συνθήκες.

2.3.7 Ράστερ και Κουμπιά

Λόγω του κόστους των 3D καμερών επιλέχθηκαν κουμπιά για την εισαγωγή δεδομένων. Τα κουμπιά , για ευκολία τοποθετήθηκαν πάνω σε ράστερ και με βραχυκυκλωτήρες συνδέθηκαν στο Raspberry Pi. Τέλος το ράστερ τοποθετήθηκε και κολλήθηκε πάνω στη συσκευή που συναρμολογήσαμε για να μπορούμε να την χειριστούμε παντού (Εικόνα 2.21) . Με τη χρήση του ράστερ μπορούν να εισαχθούν εύκολα και γρήγορα συσκευές μέσω των GPIO του Raspberry Pi και να γίνει πειραματισμός. Μοναδική προϋπόθεση ο προγραμματισμός των θυρών του Raspberry.

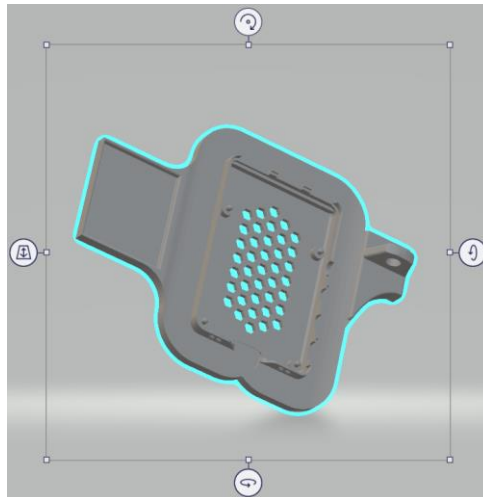


Εικόνα 2.21 Κουμπιά Εισαγωγής Δεδομένων

2.3.8 Βάση Στήριξης

Η συσκευή που συναρμολογήθηκε είναι αρκετά ευαίσθητη, και συγχρόνως πρέπει να γίνει στερέωση των κεραιών έτσι ώστε να μην φθαρθούν τα σημεία σύνδεσης τους.

Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα και συγχρόνως για να δοθεί φορητότητα στη συσκευή, δημιουργήθηκε μία πλαστική βάση μέσω "3D Printing". Τα σχέδια για την δημιουργία της βρεθήκαν στο διαδίκτυο μέσα σε stl αρχείο (Εικόνα 2.22).



Εικόνα 2.22 Βάση Στήριξης από stl αρχείο

Το κόστος είναι χαμηλό και η βάση δημιουργεί μια προστασία από ατυχήματα κατά τη μεταφορά της συσκευής κατά το πάτημα των κουμπιών και κατά την εστίαση της κεραίας GSM (Εικόνα 2.23).



Εικόνα 2.23 Συσκευή Καταμέτρησης

2.4 Διαδικασία Διασύνδεσης

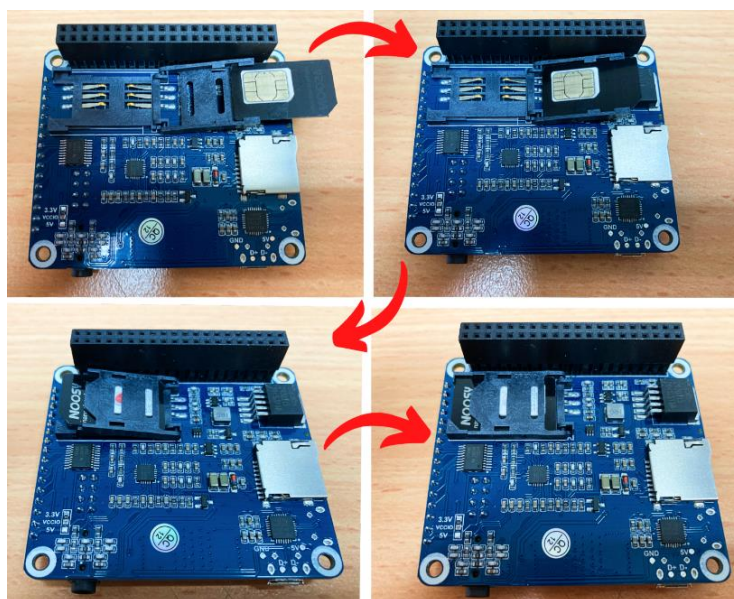
Αφού συγκεντρωθούν τα απαραίτητα υλικά θα χρειαστούν βίδες και αποστάτες για να συνδεθούν μεταξύ τους με σταθερότητα. Αγοράστηκε μια κασετίνα με πληθώρα υλικών για να κάνουμε τις ενώσεις (Εικόνα 2.24).



Εικόνα 2.24 Αποστάτες Προσαρμογής

Παρακάτω αναφέρονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τη συναρμολόγηση της συσκευής καταμέτρησης επιβατών λεωφορείων:

- τοποθετούνται 2 μπαταρίες στη πλακέτα UPS. Να σημειωθεί ότι οι μπαταρίες θα πρέπει να είναι φορτισμένες, ειδάλλως θα πρέπει να συνδεθεί τροφοδοτικό για να τις φορτίσει.
- Συνδέεται η πλακέτα UPS κάτω από το Raspberry Pi και την ασφαλίζεται με αποστάτες.
- Έπειτα γίνεται τοποθέτηση μίας ενεργοποιημένης Mini SIM στη θύρα του Waveshare SIM7600 (Εικόνα 2.25).



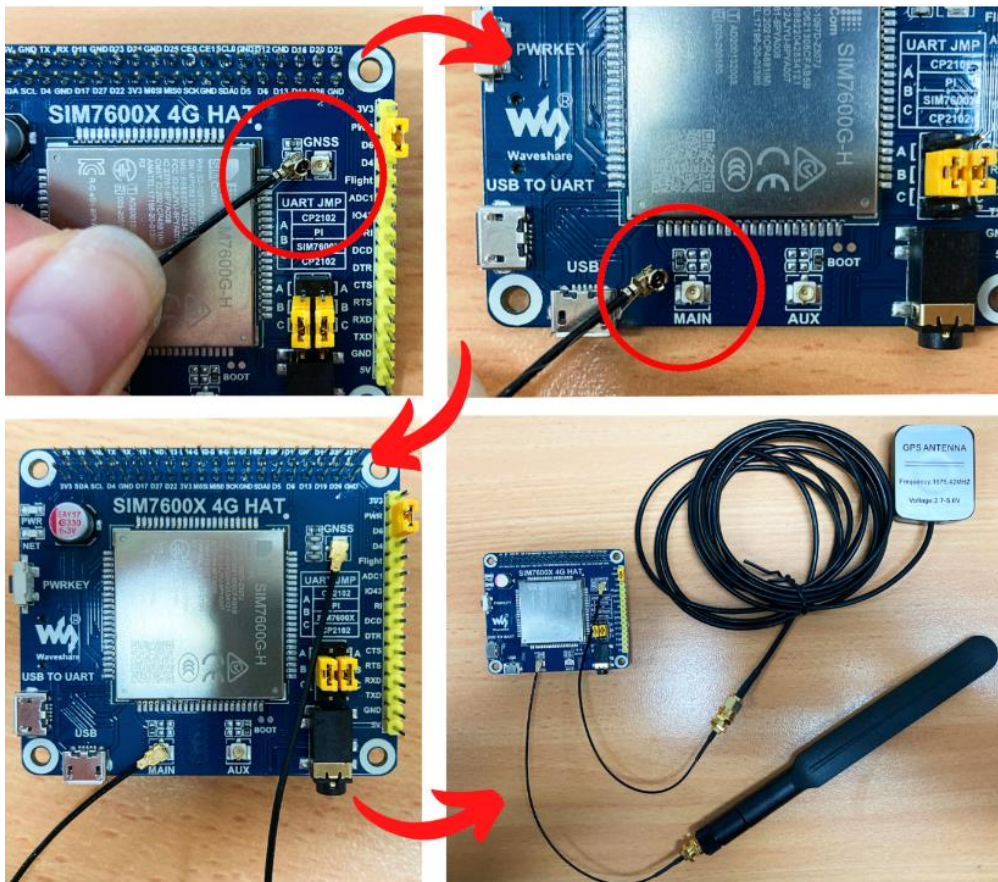
Εικόνα 2.25 Εισαγωγή SIM

- Γίνεται σύνδεση των κεραιών με τα καλώδια προσαρμογής τους, με βιδωτούς συνδέσμους (Εικόνα 2.26) .



Εικόνα 2.26 Σύνδεση κεραιών με καλώδια

- Γίνεται σύνδεση των κεραιών με την πλακέτα στις αντίστοιχες θύρες εισαγωγής. Αρχικά η κεραία GPS συνδέεται στη θύρα GNSS και έπειτα η κεραία GSM στη θύρα MAIN , της πλακέτας SIM7600 (Εικόνα 2.27) .



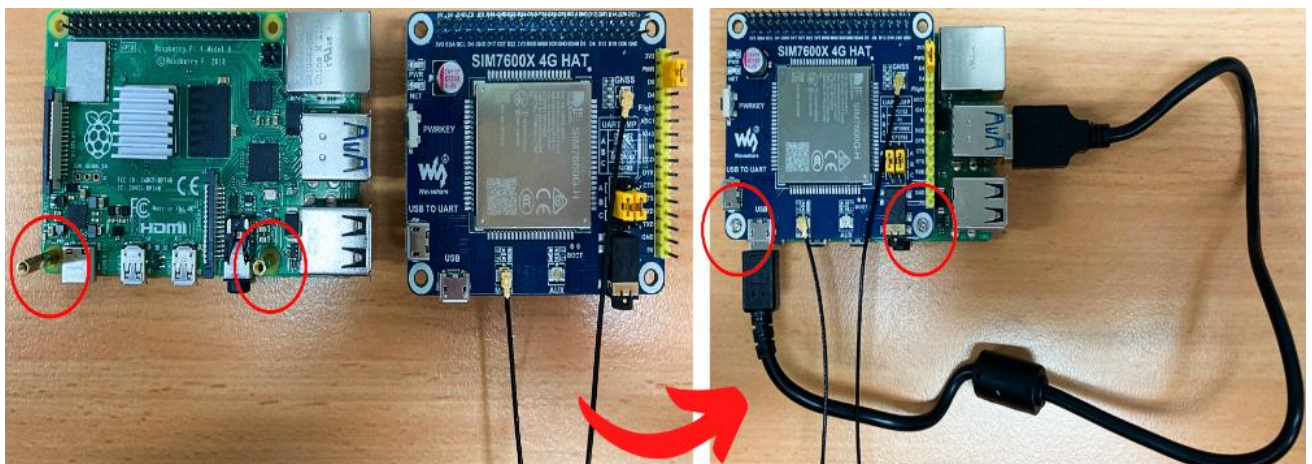
Εικόνα 2.27 Σύνδεση Καλωδίων Κεραιών στη Πλακέτα

- Γίνεται τοποθέτηση των τριών κίτρινων jumpers στις θέσεις που απαιτούνται για να υπάρχει συμβατότητα με το Raspberry Pi. Τα 2 πρώτα στη θέση B για τη συμβατότητα με το Raspberry Pi και το δεξιό στη θέση PWR-D6 για να δοθεί η δυνατότητα στο Raspberry Pi να ανοίγει και να κλείνει το SIM7600 μέσω εντολών λογισμικού (Εικόνα 2.28).



Εικόνα 2.28 Jumpers Πλακέτας

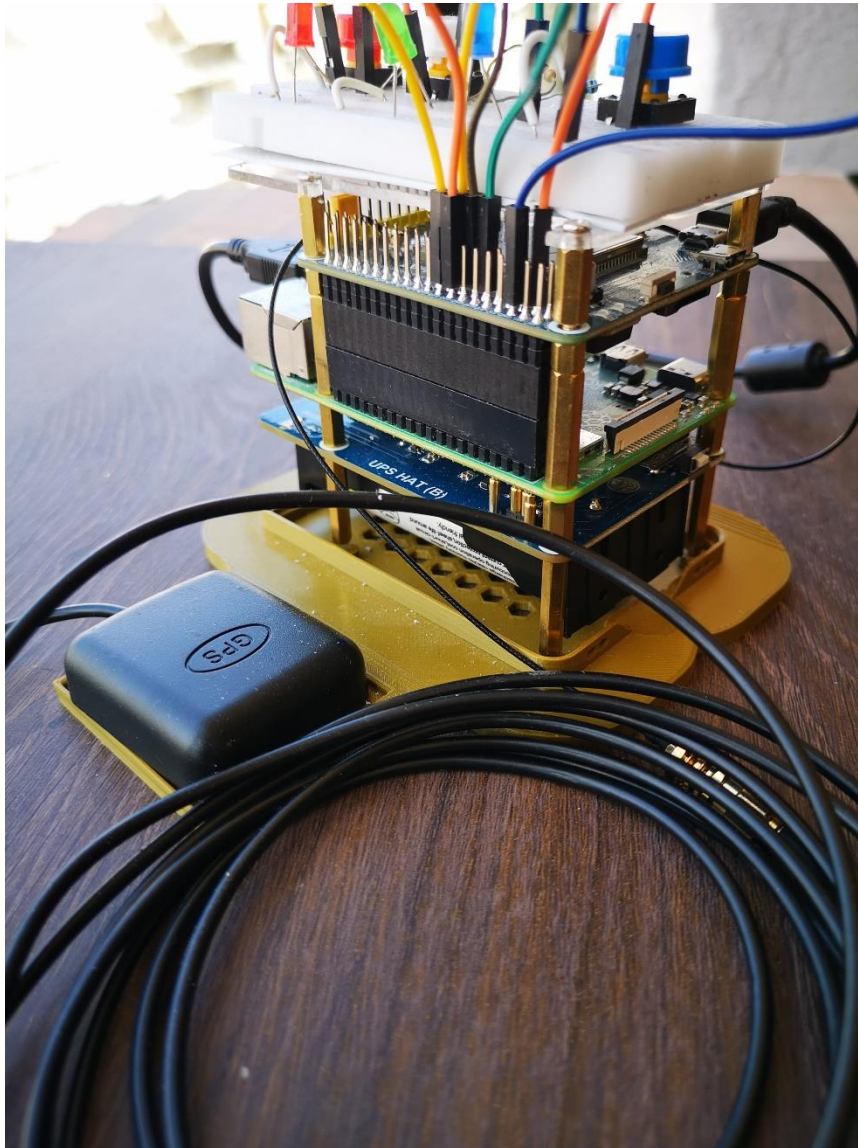
- Τοποθετούνται πάλι αποστάτες και μετά γίνεται σύνδεση με ένα καλώδιο USB μεταξύ των SIM7600 και του Raspberry Pi. Έπειτα, γίνεται τοποθέτηση του SIM7600 πάνω από το Raspberry Pi (Εικόνα 2.29).



Εικόνα 2.29 Σύνδεση Raspberry με SIM7600

Κεφάλαιο 3

- Τοποθετούνται πάλι αποστάτες για να μπει το τελευταίο κομμάτι. Βιδώνεται πάνω στους αποστάτες, με 4 βίδες, ένα μικρό κομμάτι Plexi glass, που έχει κοπεί στις διαστάσεις του Raspberry Pi.
- Γίνεται κόλληση πάνω στο Plexi glass, με ταινία διπλής όψης, ένα κομμάτι ράστερ που κόψαμε στα μέτρα του Raspberry Pi
- Τοποθετούνται πάνω στο ράστερ κουμπιά, LED και βραχυκυκλωτήρες σύμφωνα με τις ανάγκες μας και μετέπειτα συνδέονται στα GPIO pins του Raspberry Pi (Εικόνα 2.30) .



Εικόνα 2.30 Πίσω Μέρος Συσκευής Καταμέτρησης

Κεφάλαιο 3ο: Επεξήγηση του Συστήματος

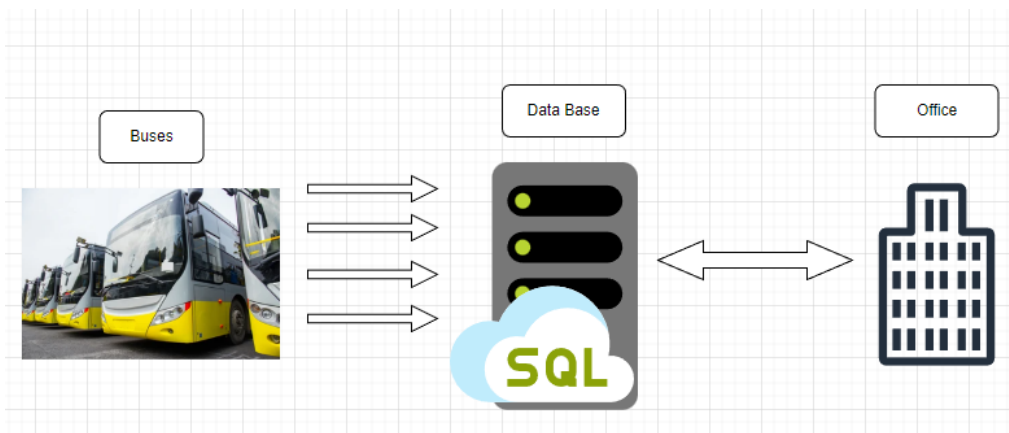
Σε αυτήν την ενότητα θα αναλυθεί ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος που δημιουργήθηκε και ποιες είναι οι εξαρτήσεις ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία του. Αυτό το σύστημα έχει σχεδιαστεί με σκοπό την κατανόηση και βελτίωση των δρομολογίων των λεωφορείων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρείται ότι υπάρχει μόνο ένα λεωφορείο αφού έχει δημιουργηθεί μόνο μία συσκευή καταμέτρησης. Στην πραγματικότητα όμως το σύστημα που έχει σχεδιαστεί μπορεί να υποστηρίξει όσα λεωφορεία χρειαστούν. Επιπροσθέτως, δεν υπάρχει όριο στις πληροφορίες που μπορούμε να αποθηκεύσουμε και υπάρχει πρόσβαση στα δεδομένα από οποιοδήποτε PC. Τέλος υπάρχει τρόπος απεικόνισης έτσι ώστε να βγουν σημαντικά συμπεράσματα που θα βοηθήσουν να ληφθούν αποφάσεις βελτίωσης.

3.1 Μέρη του Συστήματος

Αν απλουστευτεί το σύστημα, φαίνεται ότι αποτελείται από 3 βασικά μέρη τα οποία έχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Πρόκειται για τα **λεωφορεία**, την κεντρική **βάση δεδομένων**, και τα **γραφεία** της εταιρείας που θα αναλύουν τα δεδομένα που λαμβάνουν από το database.

Οι αλληλεπιδράσεις που θα έχουν μεταξύ τους φαίνεται στην Εικόνα 3.1 και έχει ως εξής:

- Τα λεωφορεία στέλνουν δεδομένα στη Κεντρική Βάση δεδομένων
- Η Κεντρική Βάση Δεδομένων δέχεται δεδομένα από τα λεωφορεία, και συγχρόνως στέλνει δεδομένα και δέχεται δεδομένα από τα γραφεία της εταιρείας διαχείρισης λεωφορείων.
- Τα γραφεία στέλνουν και δέχονται δεδομένα από τη Κεντρική Βάση Δεδομένων



Εικόνα 3.1 Μέρη του Συστήματος

3.1.1 Λεωφορεία

Τα λεωφορεία αποτελούν το σύνολο των λεωφορείων που χρησιμοποιούνται από τη εκάστοτε εταιρία. Κάθε λεωφορείο μπορεί να είναι διαφορετικό. Μπορεί να έχει περισσότερες πόρτες, να χωράει περισσότερα άτομα ή να κάνει μόνο συγκεκριμένα δρομολόγια. Στην θεωρία θα πρέπει να

εγκατασταθούν συσκευές καταμέτρησης σε κάθε λεωφορείο του στόλου. Μετέπειτα θα πρέπει να γίνει προσαρμογή των ρυθμίσεων και δεδομένων σύμφωνα με τις προδιαγραφές του εκάστοτε λεωφορείου.

Αν το λεωφορείο έχει 3 πόρτες θα πρέπει να εγκατασταθούν 3 μαγνητικές επαφές και 3 κάμερες 3D. Φυσικά θα πρέπει να γίνουν ρυθμίσεις και στα προγράμματα που επεξεργάζονται τα δεδομένα, έτσι ώστε να προσθέτουν και να αφαιρούν τις μετρήσεις που γίνονται και στις 3 πόρτες και να βγάζουν τα συνολικά αποτελέσματα IN και OUT σε κάθε στάση.

Εφόσον αναγνωριστούν όλοι οι διαφορετικοί τύποι λεωφορείων, θα πρέπει να δημιουργηθούν προγράμματα που προσαρμόζονται στον κάθε τύπο. Αν π.χ. υπάρχουν μόνο 3 ειδών λεωφορεία: ένα με μία πόρτα, ένα με 2 πόρτες και ένα με 3 πόρτες, θα πρέπει να δημιουργηθούν 3 διαφορετικά πακέτα προγραμμάτων που θα λαμβάνουν υπόψιν τις ιδιαιτερότητες του κάθε μοντέλου. Μετέπειτα η διαδικασία εγκατάστασης και ρύθμισης των συσκευών καταμέτρησης πάνω στα λεωφορεία μπορεί να αυτοματοποιηθεί.

Στην εργασία αυτή θα χρησιμοποιηθεί μία μόνο συσκευή που θα προσομοιώσει την καταμέτρηση πάνω σε ένα λεωφορείο.

3.1.2 Main Database

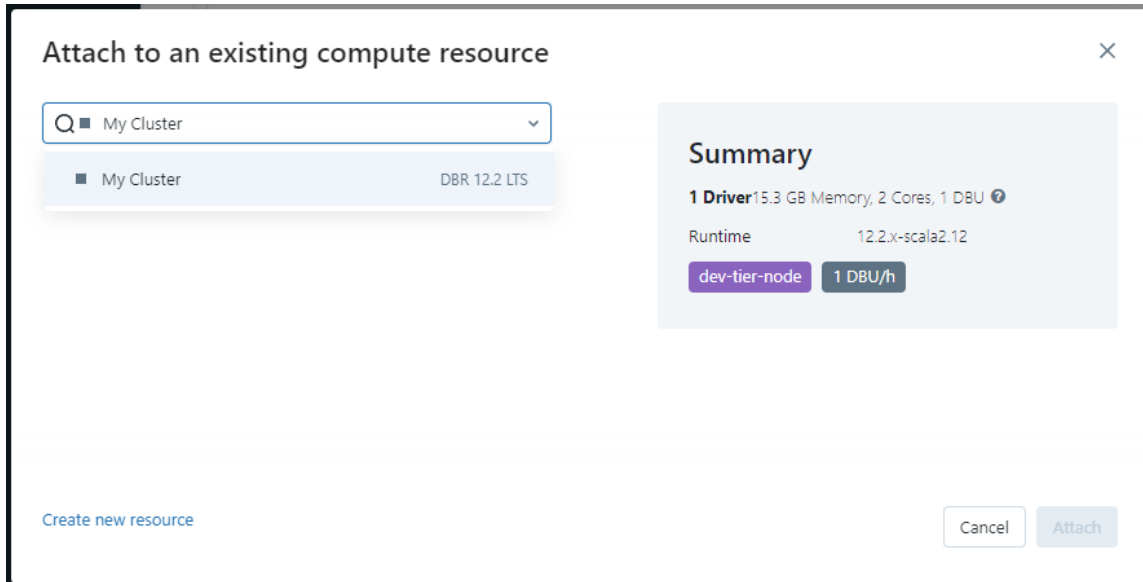
Η Databricks είναι μια πλατφόρμα λογισμικού χαμηλού κώδικα που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν, να τρέχουν και να παρακολουθούν αναλύσεις και μοντέλα δεδομένων. Διαθέτει απλοποιημένη αρχιτεκτονική, επιτρέποντας μεγαλύτερη ευελιξία και ταχύτητα σε πολλές εφαρμογές. Η Databricks πλατφόρμα παρέχει επίσης τη δυνατότητα λήψης αποφάσεων πραγματοποιούμενης σε πραγματικό χρόνο, προσφέροντας ταυτόχρονη αλληλεπίδραση με τα δεδομένα της επιχείρησης και τα μοντέλα μηχανικής μάθησης. Είναι μια πλήρης πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων που παρέχει εργαλεία και λειτουργίες για την αυτοματοποίηση, την απεικόνιση και τη διευκόλυνση της ανάλυσης δεδομένων. Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε πιο λεπτομερώς τι προσφέρει η πλατφόρμα Databricks, πώς λειτουργεί και ποια είναι τα πλεονεκτήματα που προσφέρει.

3.1.2.1 Community Edition

Η Databricks Community Edition είναι μια δωρεάν έκδοση της πλατφόρμας Databricks που προσφέρει μια σειρά από ευκαιρίες για μάθηση και ανάπτυξη. Έρχεται με πολλές δυνατότητες και επιλογές που σας επιτρέπουν να αυξήσετε την κατανόησή σας για την επιστήμη και την ανάλυση δεδομένων.

Σε αντίθεση με το παρελθόν, όπου η ανάλυση δεδομένων ήταν περιορισμένη σε εταιρείες με μεγάλους προϋπολογισμούς ή ειδικούς του τομέα, η χρήση της Community Edition του Databricks επιτρέπει πραγματικά σε όλους να επεξεργαστούν τα δεδομένα και την βγάλουν συμπεράσματα από την ανάλυσή τους.

Η Community Edition της Databricks παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας και χρήσης clusters υπολογιστικών πόρων, δίνοντας έτσι στους χρήστες την ευκαιρία να εκτελέσουν τις αναλύσεις τους σε μεγάλα δεδομένα. Τα clusters λειτουργούν ως virtual machines με δυνατότητες που εμείς τους ορίζουμε. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν υπολογιστή με δυνατότητες που είναι ανάλογες των αναγκών μας. Στην δωρεάν έκδοση μας δίνονται 15,3 GB αποθηκευτικού χώρου και ένας διπύρηνος επεξεργαστής (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 Χαρακτηριστικά Cluster

Παρέχονται 2 επιλογές cluster, αυτόνομες και κοινής χρήσης (Πίνακας 3.1). Στην δική μας περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε ένα αυτόνομο cluster για να τρέξει όλες τις λειτουργίες παραλαβής, επεξεργασίας και αποστολής δεδομένων. Αν απαιτείται, να μπορούν να χειρίζονται και να διαμορφώνουν πολλά άτομα τα προγράμματα και τα δεδομένα που είναι ανεβασμένα πάνω στο Databricks, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί cluster κοινής χρήσης.

Πίνακας 3.1 Τύποι Cluster

Τύπος Συστάδας	Χαρακτηριστικά
Αυτόνομες Συστάδες	Παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας δικών σας προσαρμοσμένων συστάδων με μεγάλη ευελιξία στη διαμόρφωση των πόρων.
Συστάδες Κοινής Χρήσης	Επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται τους ίδιους υπολογιστικούς πόρους, δημιουργώντας ένα πιο αποδοτικό υπολογιστικό περιβάλλον.

3.1.2.2 Πλεονεκτήματα χρήσης Databricks

Οι επιλογές που προσφέρει αυτή η πλατφόρμα είναι πολλές και διάφορες, γεγονός που προσδίδει ευελιξία και προσαρμοστικότητα στις ανάγκες των χρηστών. Παρακάτω αναλύονται τα βασικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η Databricks σε σχέση με το σύστημά μας.

3.1.2.2.1 Απουσία Ανάγκης Εξοπλισμού

Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης της Databricks είναι ότι δεν χρειάζεται πλέον να αγοραστεί εξοπλισμός, ούτε να ενοικιάζετε έναν χώρο για την αποθήκευση του απαραίτητου υλικού για την ασταμάτητη εκτέλεση των προγραμμάτων σας. Υπό κανονικές συνθήκες θα υπήρχε ένα δωμάτιο στο οποίο θα αγοράζαμε έναν υπολογιστή για να λειτουργεί ολόκληρο το 24ωρο έτσι ώστε να τρέχουν τα προγράμματα συνέχεια.

Χρησιμοποιώντας το Databricks δεν χρειάζεται να έχεις ένα δωμάτιο για να τοποθετήσεις τον server σου. Επίσης δεν χρειάζεται να αγοράσεις το PC και τα περιφερειακά του για να τους φορτώσεις τα προγράμματα και να αποθηκεύεις σε αυτά τα δεδομένα σου. Τέλος δεν χρειάζεται να συντηρείς τον εξοπλισμό αυτό σε τακτά χρονικά διαστήματα. Όλα τα παραπάνω μειώνουν τα κόστη εφαρμογής του συστήματος στο ελάχιστο.

3.1.2.2.2 Επεκτασιμότητα

Το σύστημά μας για παρακολούθηση λεωφορείων είναι προσεκτικά σχεδιασμένο για να ανταπεξέλθει στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των επιβατών και των εταιρειών λεωφορείων, και αυτό είναι δυνατόν λόγω των παροχών του Databricks. Το Databricks κοστολογεί τις υπηρεσίες του συνδρομητικά, και συγχρόνως δίνει την δυνατότητα να αλλάζει το πακέτο υπηρεσιών που παρέχεται ανά πάσα στιγμή. Αυτή η δυνατότητα «ενοικίασης» εξοπλισμού, προσφέρει προστασία από σπατάλες και συγχρόνως άμεση ικανοποίηση αναγκών που εμφανίζονται.

Ας αναλύσουμε την περίπτωση που μια εταιρία έχει τον δικό της εξοπλισμό. Αν διπλασιαζόντουσαν τα λεωφορεία, είτε λόγω αναγκών ή ανάπτυξης, ο υπάρχων εξοπλισμός δεν θα μπορούσε να υποστηρίξει τον διπλασιασμό των πληροφοριών για 2 λόγους. Πρώτον λόγω περιορισμένης χωρητικότητας και δεύτερον λόγω του γεγονότος ότι ο διπλασιασμός των λεωφορείων συνεπάγεται του πολλαπλασιασμού της επεξεργαστικής ισχύς που απαιτείται. Κάτι τέτοιο θα κάνει τον εξοπλισμό να κολλάει και να υπολειτουργεί δημιουργώντας συνθήκες βλαβών. Με λίγα λόγια απαιτείται αντικατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού με εξοπλισμό που θα καλύπτει τις νέες ανάγκες.

Στο παραπάνω σενάριο δημιουργούνται πολλές δαπάνες. Είναι εμφανές ότι ο αρχικός εξοπλισμός είναι πλέον άχρηστος οπότε τα χρήματα που δόθηκαν για την αγορά του πάνε χαμένα. Επίσης το κόστος αγοράς νέου εξοπλισμού είναι αρκετά μεγάλο. Υπάρχουν τα κόστη απεγκατάστασης του παλαιού εξοπλισμού και εγκατάστασης του νέου, μαζί με τον προγραμματισμό του νέου εξοπλισμού. Τέλος υπάρχει κίνδυνος στο μέλλον να επαναληφθεί ξανά η προσθήκη νέων λεωφορείων στον στόλο, εμφανίζοντας ξανά το ίδιο πρόβλημα.

Μία λύση είναι να αγοραστεί εξοπλισμός, με προδιαγραφές πολύ μεγαλύτερες από αυτές που έχουμε ανάγκη αρχικά, με τη λογική να μπορεί να υποστηρίξει την αύξηση των απαιτήσεων στο μέλλον. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος εξοπλισμού. Στην περίπτωση αυτή αν οι απαιτήσεις μείνουν σταθερές έχει ξοδευτεί μεγαλύτερο ποσό χρημάτων από όσο θα έπρεπε. Επιπλέον ασχέτως των δυνατοτήτων του εξοπλισμού, εφόσον ο εξοπλισμός θα λειτουργεί ασταμάτητα, θα υπάρχουν φθορές, γεγονός που συνεπάγεται ότι για άλλη μια φορά θα χρειαστεί αντικατάσταση εξοπλισμού.

Όλα τα προαναφερθέντα προβλήματα λύνονται πολύ εύκολα με την χρήση της πλατφόρμας Databricks. Πολύ απλά, όταν αυξηθούν οι ανάγκες θα αλλάξουμε το πρόγραμμα υπηρεσιών που χρησιμοποιούμε και θα χρησιμοποιήσουμε clusters με μεγαλύτερη μνήμη, περισσότερους πυρήνες, και μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ. Το μόνο που θα αλλάξει θα είναι ή μηνιαία χρέωση.

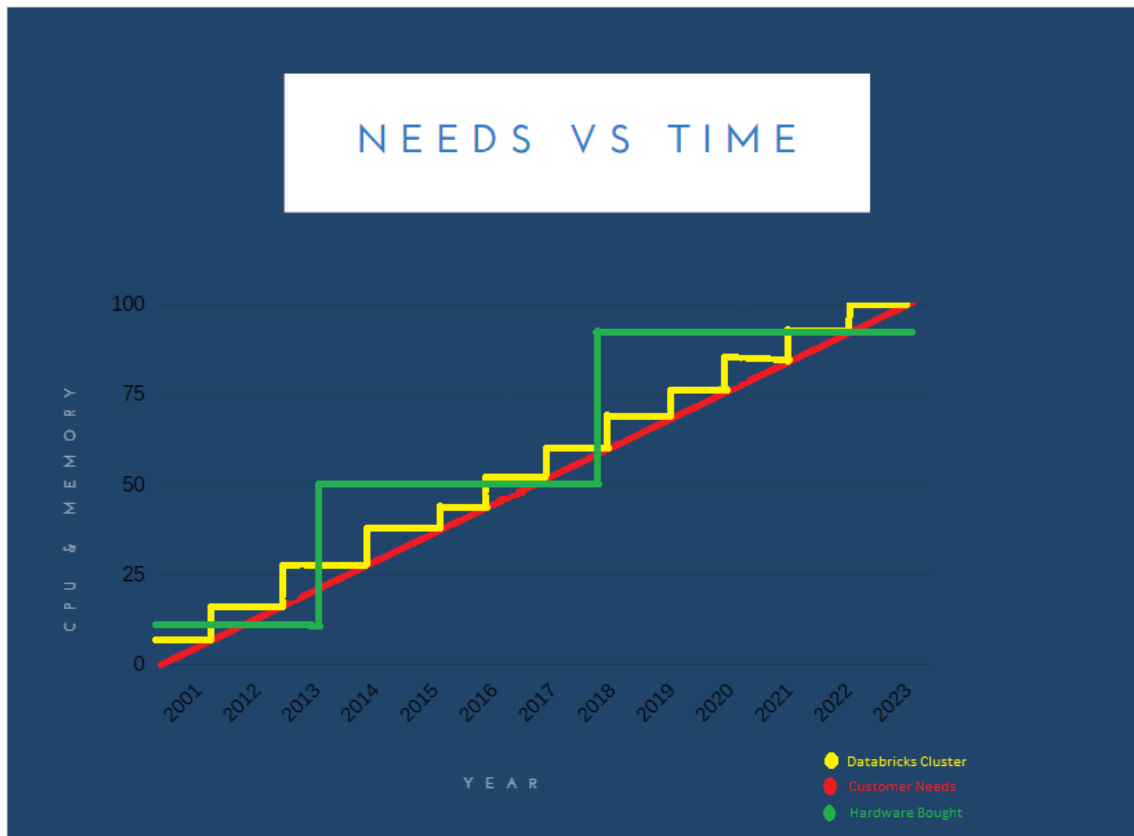
Ακόμα και στο σενάριο που η επιχείρηση επεκταθεί και σε άλλες πόλεις, θα μπορεί να χειρίζεται τις πληροφορίες και από τις 2 πόλεις μέσα από το ίδιο σύστημα χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Databricks για αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων.

3.1.2.2.3 Προσαρμοστικότητα

Το Databricks προσαρμόζεται γρήγορα και εύκολα σε περιπτώσεις ανάγκης. Στην προηγούμενη περίπτωση διπλασιασμού των λεωφορείων, αν η εταιρία είχε δικό της εξοπλισμό η διαδικασία αντικατάστασης και εγκατάστασης του νέου εξοπλισμού θα κρατούσε για ένα εύλογο χρονικό διάστημα. Κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος, μειώνεται η ποιότητα και η ακρίβεια των μετρήσεων, λόγω της απουσίας του απαραίτητου συστήματος υποστήριξης. Έτσι είναι φανερό ότι ένα σύστημα που βασίζεται σε δικό του εξοπλισμό δεν προσαρμόζεται γρήγορα και εύκολα στις ανάγκες που θα προκύψουν με το πέρασμα του χρόνου.

Ένα άλλο σενάριο που θα μπορούσε να συμβεί είναι να μειωθεί δραστικά η ποσότητα των λεωφορείων. Σε αυτή την περίπτωση ο εξοπλισμός που είχαμε πάρει είναι υπερβολικά καλός για τις ανάγκες μας, οπότε αποτελεί τζάμπα έξοδο. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιώντας το Databricks θα μπορούσαμε να χαμηλώσουμε τα χαρακτηριστικά του cluster που χρησιμοποιούμε και να μειώσουμε την συνδρομή μας.

Τέλος ακόμα και στην περίπτωση που η εταιρία χρεοκοπήσει, ή θέλει να κλείσει, ο εξοπλισμός δεν θα αποτελεί πρόβλημα καθώς θα είναι δυνατόν απλώς να τερματιστεί η συνδρομή. Άρα με τη χρήση του Databricks προσαρμοζόμαστε στην κάθε ανάγκη με τον πιο οικονομικό τρόπο. Αν απεικονιστεί η απαίτηση των επιδόσεων σε σχέση με την πάροδο του χρόνου, θεωρώντας ότι οι απαιτήσεις των πελατών και της επιχείρησης αυξάνονται γραμμικά θα έχουμε το γράφημα της Εικόνας 3.3 που δείχνει πόσο πιο γρήγορα και εύκολα μπορεί να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις η πλατφόρμα Databricks.



Εικόνα 3.3 Ανάγκες Υλικού - Databricks vs Υλικός Εξοπλισμός

3.1.2.2.4 Ασφάλεια

Υπό κανονικές συνθήκες, τα δεδομένα μας είναι αποθηκευμένα σε μία συσκευή. Όπως π.χ. τον σκληρό δίσκο του server που υποστηρίζει μια βάση δεδομένων. Επίσης αυτή η συσκευή είναι σε κίνδυνο ανά πάσα στιγμή.

Στην περίπτωση διακοπής ρεύματος η υπέρτασης υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του server ή του δίσκου. Για να υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθούν backup δίσκοι έτσι ώστε οι πληροφορίες να γράφονται σε 2 δίσκους. Με αυτόν τον τρόπο αν καταστραφεί ο ένας δίσκος θα υπάρχει ακόμα ο δεύτερος, που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανακτηθούν τα δεδομένα. Επίσης για επιπλέον ασφάλεια καλό θα ήταν να τοποθετηθεί UPS για να υπάρχει προστασία από το ρεύμα.

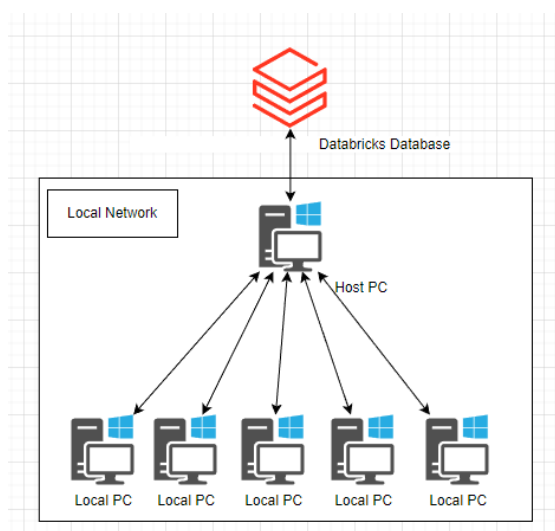
Αυτές οι επιλογές λύνουν εν μέρη το πρόβλημα αλλά ανεβάζουν το κόστος. Και αν ληφθούν υπόψιν οι φυσικές καταστροφές, όπως φωτιές, πλημμύρες και σεισμοί, δεν θα καταφέρουν τίποτα. Με τη χρήση του Databricks όμως, εξασφαλίζονται τα δεδομένα καθώς αποθηκεύονται στο cloud.

3.1.3 Office

Έχοντας οργανώσει και προγραμματίσει τα λεωφορεία και την κεντρική βάση δεδομένων ήρθε η στιγμή να αναλύσουμε τον ρόλο των «γραφείων». Ουσιαστικά τα 2 προηγούμενα μέρη ήταν υπεύθυνα για την λήψη δειγμάτων και για την αποθήκευση των δεδομένων. Το τελευταίο μέρος του συστήματος ασχολείται με την πρόσβαση στην κεντρική βάση των δεδομένων, φιλτράρισμα των δεδομένων ενδιαφέροντος, και τέλος απεικόνιση των δεδομένων με γραφικό τρόπο έτσι ώστε να βγουν συμπεράσματα.

Υπό κανονικές συνθήκες θα έπρεπε να δημιουργηθεί μία ιστοσελίδα η οποία θα μπορούσε να απεικονίσει όλη πληροφορία της οριστεί. Εδώ είναι το σημείο που το σύστημα που σχεδιάστηκε, αποκλίνει από την επαγγελματική λύση που θα έπρεπε να έχει. Ως γνωστόν, η δημιουργία και η διατήρηση ενός site αποτελεί κάτι ιδιαίτερα πολύπλοκο, και συγχρόνως έχει μεγάλο κόστος. Για οικονομικούς λόγους, σχεδιάστηκε ένα σύστημα απεικόνισης που ανεβάζει μια ιστοσελίδα στο τοπικό δίκτυο, που έχει η πιθανή εταιρία λεωφορείων. Θεωρώντας λοιπόν ότι οι αναλυτές των δεδομένων, εργάζονται στην εταιρία, δεν θα υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην πρόσβασή τους. Αλλά ακόμη κι αν οι αναλυτές δεδομένων δεν είναι στα «γραφεία» της επιχείρησης, αρκεί κάποιος να τους δώσει απομακρυσμένη πρόσβαση σε έναν από τους υπολογιστές της εταιρίας για να δούνε τα δεδομένα που χρειάζονται.

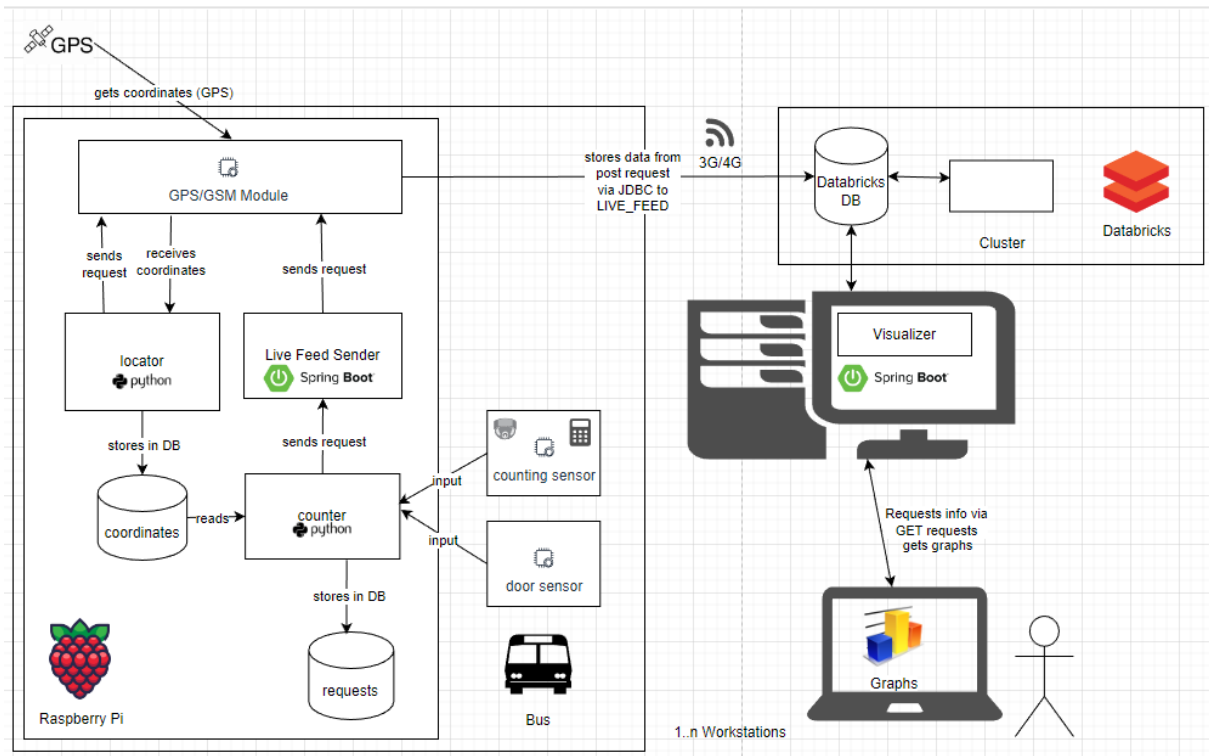
Έτσι λοιπόν, η διαδικασία που θα πρέπει να ακολουθηθεί για να λειτουργήσει το τελευταίο μέρος του συστήματος, φαίνεται στην Εικόνα 3.4. Πρώτα θα πρέπει να ανεβεί η ιστοσελίδα σε έναν υπολογιστή που θα βρίσκεται στο δίκτυο της εταιρίας. Έπειτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε από τους υπολογιστές που βρίσκονται στο τοπικό δίκτυο, αρκεί να έχει πρόσβαση στο internet, για να μπορούν να τραβηχτούν τα δεδομένα από την κεντρική βάση δεδομένων στο Databricks. Τέλος, πηγαίνοντας στην ιστοσελίδα που δημιουργήθηκε μέσω οποιουδήποτε browser, και ορίζοντας τα φίλτρα που μας ενδιαφέρουν, δίνεται γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 3.4 Επικοινωνία Databricks Με Office

3.2 Μεθοδολογία Λειτουργίας Του Συστήματος

Έχοντας κατανοήσει τα βασικά μέρη του συστήματος, και τον ρόλο που διαδραματίζουν στη λειτουργία του, το επόμενο βήμα είναι η ανάλυση των προγραμμάτων που τα απαρτίζουν. Από τη λήψη των δεδομένων, από τους αισθητήρες, μέχρι τη απεικόνιση τους σε γραφήματα, εμπλέκονται αρκετές συσκευές που πρέπει να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και να εφαρμόσουν εντολές. Για να γίνει εφικτή αυτή η επικοινωνία χρησιμοποιούνται διάφορα πρωτόκολλα, γλώσσες προγραμματισμού και συνδέσεις. Η ακριβής επικοινωνία φαίνεται στην Εικόνα 3.5 και αναλύεται στις παρακάτω ενότητες.



Εικόνα 3.5 Διάγραμμα Ροής Δεδομένων

3.2.1 Μεθοδολογία Καταμέτρησης Επιβατών

Η συσκευή που είναι εξ' ολοκλήρου υπεύθυνη για την καταμέτρηση είναι το Raspberry Pi. Ο στόχος είναι να καταφέρει να αποστείλει μία λίστα με 8 δεδομένα που δίνουν πληροφορίες για οποιαδήποτε στάση που έγινε:

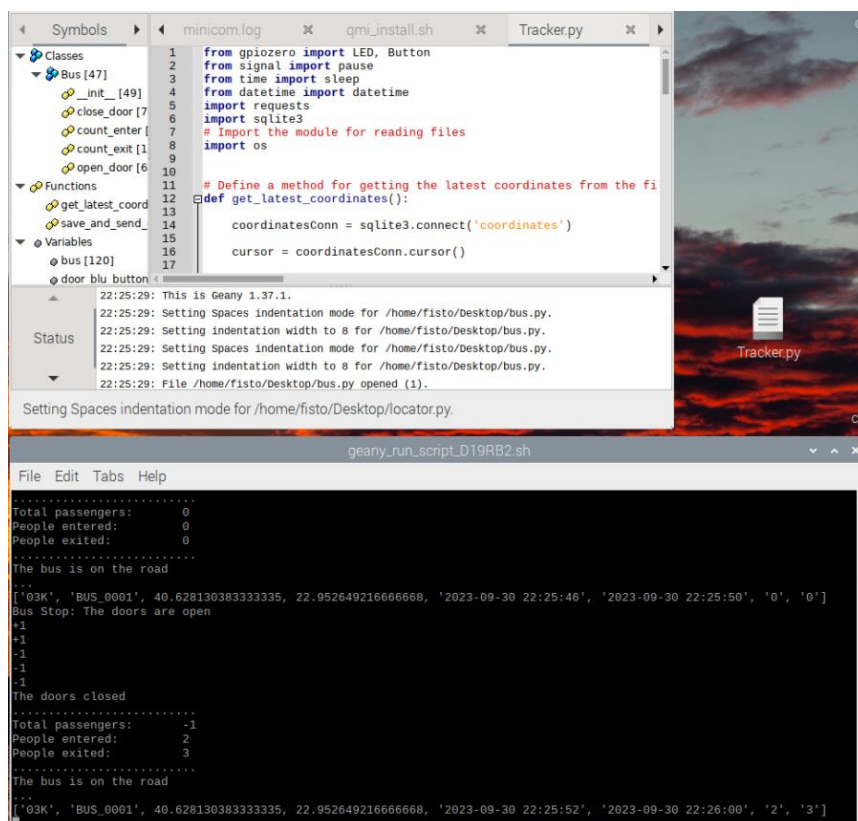
- Δρομολόγιο
- Πινακίδα Λεωφορείου
- Γεωγραφικό Μήκος
- Γεωγραφικό Πλάτος
- Ώρα Έναρξης Στάσης
- Ώρα Λήξης Στάσης
- Αριθμός Επιβατών που Εισήλθαν
- Αριθμός Επιβατών που Εξήλθαν

Στην περίπτωση του συστήματος που φτιάχτηκε υπάρχει μόνο ένα λεωφορείο. Οπότε το δρομολόγιο και η πινακίδα ορίζονται μέσα στο πρόγραμμα Tracker και μένουν σταθερά (Εικόνα 3.6). Θεωρώντας ότι όλες οι συσκευές είναι ρυθμισμένες και ότι όλα τα προγράμματα λειτουργούν με τον τρόπο που προβλέπεται, αναλύεται ο τρόπος καταμέτρησης.

```
119 # Create an instance of the
120 bus = Bus("03K", "BUS_0001"
```

Εικόνα 3.6 Ορισμός Δρομολογίου και Πινακίδας

Το Raspberry Pi τρέχει το πρόγραμμα Tracker, το οποίο είναι ρυθμισμένο να περιμένει το άνοιγμα της πόρτας. Μόλις η πόρτα ανοίξει, ή στην περίπτωση του συστήματος που φτιάχτηκε, μόλις πατηθεί το κουμπί, που προσομοιώνει το άνοιγμα της πόρτας, αρχίζει η καταμέτρηση. Επειδή δεν υπάρχουν κάμερες στο σύστημα, γίνεται πρόσθεση και αφαίρεση επιβατών με τη χρήση των αντίστοιχων κουμπιών. Όση ώρα γίνονται οι μετρήσεις το πρόγραμμα αναμένει το πάτημα του κουμπιού της πόρτας, που ορίζει το τέλος της στάσης, για να οριστικοποιήσει τις μετρήσεις (Εικόνα 3.7).



```

Symbols | minicom.log | qmi_install.sh | Tracker.py
Classes
  Bus [47]
    __init__ [49]
    close_door [7]
    count_enter [1]
    count_exit [1]
    open_door [6]
Functions
  get_latest_coord [12]
  save_and_send [13]
Variables
  bus [120]
  door blu button [17]

1 from gpiozero import LED, Button
2 from signal import pause
3 from time import sleep
4 from datetime import datetime
5 import requests
6 import sqlite3
7 # Import the module for reading files
8 import os
9
10
11 # Define a method for getting the latest coordinates from the fi
12 def get_latest_coordinates():
13     coordinatesConn = sqlite3.connect('coordinates')
14     cursor = coordinatesConn.cursor()
15
16
17
22:25:29: This is Geany 1.37.1.
22:25:29: Setting Spaces indentation mode for /home/fisto/Desktop/bus.py.
22:25:29: Setting indentation width to 8 for /home/fisto/Desktop/bus.py.
22:25:29: Setting Spaces indentation mode for /home/fisto/Desktop/bus.py.
22:25:29: Setting indentation width to 8 for /home/fisto/Desktop/bus.py.
22:25:29: File /home/fisto/Desktop/bus.py opened (1).
Setting Spaces indentation mode for /home/fisto/Desktop/locator.py.

geany_run_script_D19R82 sh
File Edit Tabs Help
.....
Total passengers: 0
People entered: 0
People exited: 0
.....
The bus is on the road
...
['03K', 'BUS_0001', 40.628130383333335, 22.952649216666668, '2023-09-30 22:25:46', '2023-09-30 22:25:50', '0', '0']
Bus Stop: The doors are open
+1
-1
-1
-1
-1
The doors closed
.....
Total passengers: -1
People entered: 2
People exited: 3
.....
The bus is on the road
...
['03K', 'BUS_0001', 40.628130383333335, 22.952649216666668, '2023-09-30 22:25:52', '2023-09-30 22:26:00', '2', '3']

```

Εικόνα 3.7 Tracker Python File

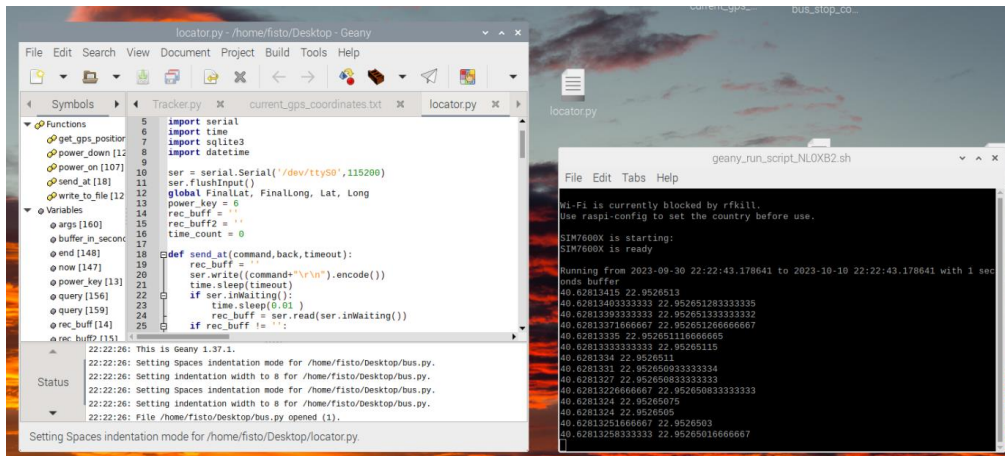
Κεφάλαιο 3

Το επόμενο ζητούμενο είναι η ώρες έναρξης και λήξης της στάσης. Αυτές μπορούν να ληφθούν κατευθείαν από το Raspberry Pi με τη χρήση των αντίστοιχων εντολών (Εικόνα 3.8) . Μοναδική λεπτομέρεια σχετικά με την ώρα, είναι να γίνει έλεγχος ότι η ώρα που είναι καταχωρημένη είναι σωστή και ανανεώνεται αυτόματα από το internet. Είναι πιθανό να αλλοιωθεί η ώρα λόγω επανεκκινήσεων που πιθανόν να γίνουν στο Raspberry για ποικίλους λόγους. Παρόλα ταύτα αν η το Raspberry έχει πρόσβαση στο internet η ώρα θα διορθωθεί αυτόματα και θα διατηρηθεί η ποιότητα των μετρήσεων.

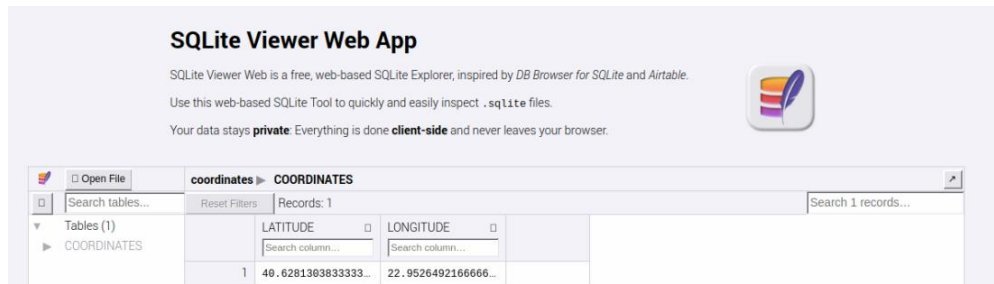
```
3 from time import sleep
4 from datetime import datetime
68 # Get the current time and format it as a string
69 open_time = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
```

Εικόνα 3.8 Εισαγωγή Χρονικής Στιγμής

Για την λήψη των συντεταγμένων χρησιμοποιείται ένα ξεχωριστό πρόγραμμα που λέγεται locator (Εικόνα 3.9) . Το πρόγραμμα αυτό ζητάει τις συντεταγμένες κάθε 8 δευτερόλεπτα και αποθηκεύει τις συντεταγμένες σε ένα database αρχείο, που ονομάζεται coordinates, μέσα στο Raspberry (Εικόνα 3.10). Αυτό γίνεται προληπτικά, για τις περιπτώσεις που το λεωφορείο βρεθεί σε μία περιοχή που δεν είναι δυνατός ο εντοπισμός των συντεταγμένων, λόγω κακού σήματος. Σε αυτή την περίπτωση, αν γίνει στάση θα τραβηχτούν οι τελευταίες, κοντινότερες συντεταγμένες που ανέβηκαν στη βάση δεδομένων coordinates. Με αυτή τη μέθοδο αποφεύγουμε την αποστολή κενών συντεταγμένων.



Εικόνα 3.9 Locator Python File



Εικόνα 3.10 Coordinates Database

Με το κλείσιμο των πορτών του λεωφορείου, το πρόγραμμα έχει δημιουργήσει τη λίστα με τις 8 πληροφορίες που μας ενδιαφέρουν. Το πρόγραμμα είναι έτοιμο να αποστείλει την λίστα. Το επόμενο βήμα είναι να αποθηκευτούν οι πληροφορίες σε ένα ακόμα database αρχείο μέσα στο Raspberry που ονομάζεται requests (Εικόνα 3.11). Προτιμάται η τοπική αποθήκευση, σαν μέτρο ασφαλείας, για τις περιπτώσεις που το λεωφορείο βρίσκεται σε περιοχές με κακό σήμα ή υπάρχει κακοκαιρία και υπάρχει κίνδυνος απώλειας της πληροφορίας.

The screenshot shows the SQLite Viewer Web App interface displaying the "REQUESTS" table. The table has columns: "ROUT...", "BUS_R...", "LATIT...", "LON...", "ARRIVAL_TIMES...", "DEPARTURE_TIM...", "PEOPLE...", "PEOPLE...", and "P...". The table contains 36 records. The first few records are as follows:

ROUT...	BUS_R...	LATIT...	LON...	ARRIVAL_TIMES...	DEPARTURE_TIM...	PEOPLE...	PEOPLE...	P...
21	ROUT...	BUS_01	40.6281...	22.9529...	2023-09-21 21:14:26	2023-09-21 21:14:32	2	0
22	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9524...	2023-09-21 21:33:34	2023-09-21 21:33:47	1	0
23	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9524...	2023-09-21 21:34:04	2023-09-21 21:34:13	0	2
24	ROUT...	BUS_01	40.6281...	22.9527...	2023-09-21 21:53:24	2023-09-21 21:53:37	9	1
25	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9526...	2023-09-22 16:00:10	2023-09-22 16:00:28	5	1
26	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9527...	2023-09-22 16:01:44	2023-09-22 16:01:50	1	0
27	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9527...	2023-09-30 13:46:58	2023-09-30 13:47:05	2	1
28	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9528...	2023-09-30 14:20:59	2023-09-30 14:21:06	3	0
29	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9528...	2023-09-30 14:26:04	2023-09-30 14:26:13	0	3
30	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9528...	2023-09-30 14:27:34	2023-09-30 14:27:42	0	4
31	ROUT...	BUS_01	40.6282...	22.9528...	2023-09-30 14:29:55	2023-09-30 14:30:05	0	5
32	03K	BUS_0001	40.6282...	22.9528...	2023-09-30 14:32:19	2023-09-30 14:32:29	0	6
33	03K	BUS_0001	40.6281...	22.9526...	2023-09-30 22:25:46	2023-09-30 22:25:50	0	0
34	03K	BUS_0001	40.6281...	22.9526...	2023-09-30 22:25:46	2023-09-30 22:25:50	0	0
35	03K	BUS_0001	40.6281...	22.9526...	2023-09-30 22:25:52	2023-09-30 22:26:00	2	3
36	03K	BUS_0001	40.6281...	22.9526...	2023-09-30 22:25:52	2023-09-30 22:26:00	2	3

Εικόνα 3.11 Requests Database

Το τελευταίο στάδιο είναι η αποστολή των δεδομένων. Για την αποστολή των δεδομένων υπάρχει ένα σύνολο προγραμμάτων Springboot. Το Springboot αναμένει συνεχώς για νέες εισαγωγές δεδομένων από το πρόγραμμα Tracker (Εικόνα 3.12). Μόλις του δοθεί μία νέα λίστα πληροφοριών στάσης, το αντιλαμβάνεται και αποστέλλει την πληροφορία στο Main Database του Databricks, μέσω του δικτύου 4G.

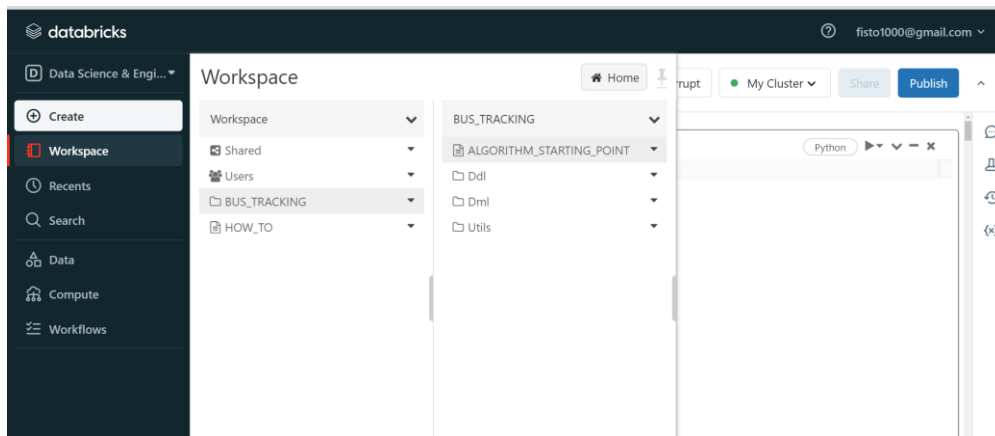
```

Shell x
-1
The doors closed
.....
Total passengers:      2
People entered:        3
People exited:        1
.....
The bus is on the road
...
['03K', 'BUS_0001', 40.628130383333335, 22.952649216666668, '2023-09-30 22:42:21', '2023-09-30 22:42:30', '3', '1']
    
```

Εικόνα 3.12 Λίστα Δεδομένων Στάσης

3.2.2 Μεθοδολογία Αποθήκευσης – Ανάκτησης Δεδομένων

Για την επίτευξη της αποθήκευσης και ανάκτησης των δεδομένων ενδιαφέροντος, χρησιμοποιείται μία ομάδα αρχείων που έχουμε ανεβάσει στην πλατφόρμα του Databricks (Εικόνα 3.13) . Στις παρακάτω ενότητες αναφέρονται όλα τα προγράμματα που ανεβάσαμε στο Databricks, ο ρόλος τους και ο τρόπος λειτουργίας.



Εικόνα 3.13 Databricks Workspace

3.2.2.1 ALGORITHM_STARTING_POINT

Το παρόν notebook αποτελεί το βασικότερο στοιχείο του αλγορίθμου καθώς ενορχηστρώνει και καλεί όλα τα υπόλοιπα notebooks προκειμένου να δημιουργηθούν οι απαραίτητοι πίνακες και να πραγματοποιηθεί η φόρτωση στατικών δεδομένων σε όσους αυτό απαιτείται, επίσης να φορτωθούν εξωτερικές βιβλιοθήκες και να εκτελεστεί ο αλγόριθμος. Το notebook αυτό είναι γραμμένο σε pyspark και χρησιμοποιεί magic commands όπου αυτό απαιτείται.

Λεπτομερέστερα :

Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής εκτελείται το magic command “%run /BUS_TRACKING/Utils/Algo_Libraries” το οποίο φορτώνει το notebook που περιέχει τις εξωτερικές βιβλιοθήκες που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση του αλγορίθμου.

Cmd 2 : στο κελί της εντολής αυτής εκτελείται το magic command “%run /BUS_TRACKING/Utils/Algo_Functions” το οποίο φορτώνει ένα notebook που περιέχει ένα σύνολο από συναρτήσεις οι οποίες έχουν συνταχθεί για τις ανάγκες του αλγορίθμου.

Cmd 3 : στο κελί της εντολής αυτής εκτελείται το magic command “%run /BUS_TRACKING/Ddl/Ddl_Wipes” το οποίο φορτώνει το notebook το οποίο εκκαθαρίζει τους πίνακες της Hive βάσης δεδομένων που αξιοποιείται από τον αλγόριθμο και αποτελεί μέρος της λειτουργικότητας που προσφέρει η πλατφόρμα Databricks.

Cmd 4 : στο κελί της εντολής αυτής εκτελείται το magic command “%run /BUS_TRACKING/Ddl/Ddl_Drops” το οποίο καλεί το notebook με το οποίο γίνεται η διαγραφή των πινάκων από τη Hive βάση δεδομένων.

Cmd 5 : στο κελί της εντολής αυτής εκτελείται το magic command “%run /BUS_TRACKING/Ddl/Ddl_Creations” που φορτώνει το notebook με το οποίο γίνεται η δημιουργία των πινάκων στη Hive βάση δεδομένων.

Cmd 6 : στο κελί της εντολής αυτής εκτελείται το magic command “%run /BUS_TRACKING/Dml/Dml_Insertions” μέσω του οποίου καλείται το notebook με το οποίο πραγματοποιείται η εισαγωγή στατικών κυρίως δεδομένων στους πίνακες της βάσης δεδομένων Hive.

Cmd 7 : στο κελί της εντολής αυτής φορτώνονται οι βιβλιοθήκες της Python που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση του αλγορίθμου

Cmd 8 ; στο κελί της εντολής αυτής τίθενται οι παράμετροι εκτέλεσης του αλγορίθμου και εκτελείται ο αλγόριθμος σε βρόγχο του οποίου η διάρκεια και συχνότητα εκτέλεσης παραμετροποιείται από τις προαναφερθείσες παραμέτρους εκτέλεσης.

3.2.2.2 Ddl

Ο φάκελος Ddl περιέχει ένα σύνολο από notebooks τα οποία χρησιμεύουν για την εκτέλεση DDL εντολών στη Hive βάση δεδομένων. Ως DDL ορίζεται το σύνολο των εντολών που εκτελούνται προκειμένου να ορισθεί ή να μεταβληθεί το σχήμα μιας βάσης δεδομένων. Στην προκειμένη περίπτωση η εν λόγω βάση είναι η Hive βάση δεδομένων.

3.2.2.2.1 Ddl_Creations

Το notebook Ddl_Creations είναι γραμμένο σε Spark SQL και περιέχει τις εντολές με τις οποίες δημιουργούνται οι απαραίτητοι πίνακες στη βάση δεδομένων Hive. Η εκτέλεσή του σε περιβάλλον παραγωγής εκτελείται μόνο μία φορά κατά την αρχική παραμετροποίηση του περιβάλλοντος, ωστόσο

Κεφάλαιο 3

για τις ανάγκες της παρούσης έρευνας, δεδομένων των περιορισμών της δωρεάν χρήσης της πλατφόρμας Databricks, εκτελείται κάθε φορά που εκκινεί ο αλγόριθμος.

Λεπτομερέστερα :

Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα BUS με πεδία :

- bus_registration_plate τύπου STRING
- bus_capacity τύπου INT.

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι /user/hive/warehouse/bus. Ο προαναφερθέν πίνακας τηρεί εγγραφές σχετικά με το στόλο των λεωφορείων και την μέγιστη χωρητικότητα κάθε οχήματος.

Cmd 2 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα BUS_STOP_COORDINATES με πεδία :

- bus_stop_name τύπου STRING
- bus_stop_latitude τύπου FLOAT
- bus_stop_longitude τύπου FLOAT

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι /user/hive/warehouse/bus_stop_coordinates. Ο προαναφερθέν πίνακας τηρεί εγγραφές σχετικά με την ονοματολογία και τις συντεταγμένες κάθε στάσης.

Cmd 3 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα ROUTE με πεδία:

- route_identification τύπου STRING
- bus_stop_name τύπου STRING
- route_order τύπου INT

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι /user/hive/warehouse/route. Ο προαναφερθέν πίνακας τηρεί εγγραφές σχετικά με την κωδικοποίηση των δρομολογίων, τις στάσεις αυτών και τις σειρές των στάσεων καθενός.

Cmd 4 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα TRACKING με πεδία:

- route_identification τύπου STRING
- bus_registration_plate τύπου STRING
- bus_stop_name τύπου STRING

- `people_on_board` τύπου INT
- `people_entered` τύπου INT
- `people_exited` τύπου INT
- `arrival` τύπου TIMESTAMP
- `departure` τύπου TIMESTAMP
- `system_id` τύπου TIMESTAMP

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι `/user/hive/warehouse/tracking`. Ο προαναφερθέν πίνακας τηρεί τις τελικές εγγραφές που προκύπτουν από την επεξεργασία των στοιχείων που παρέχονται στον αλγόριθμο.

Cmd 5 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα LIVE_FEED με πεδία:

- `route_identification` τύπου STRING
- `bus_registration_plate` τύπου STRING
- `latitude` τύπου FLOAT
- `longitude` τύπου FLOAT
- `arrival` τύπου TIMESTAMP
- `departure` τύπου TIMESTAMP
- `people_entered` τύπου INT
- `people_exited` τύπου INT

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι `/user/hive/warehouse/live_feed`. Ο προαναφερθέν πίνακας τηρεί τις ακατέργαστες εγγραφές που παρέχονται στον αλγόριθμο.

Cmd 6 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα EXECUTION με πεδία:

- `started` τύπου TIMESTAMP
- `ended` τύπου TIMESTAMP
- `batch_from` τύπου TIMESTAMP
- `batch_to` τύπου TIMESTAMP
- `batch_size` τύπου INT

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι `/user/hive/warehouse/execution`. Ο προαναφερθέν πίνακας τηρεί τις εκτελέσεις του αλγορίθμου και στοιχεία αυτών ώστε να επιτυγχάνεται `delta/incremental` λογική επεξεργασίας. Αυτό σημαίνει πως οι εγγραφές του πίνακα LIVE_FEED που επεξεργάζεται ο αλγόριθμος είναι πάντα αυτές που έχουν χρονικό αποτύπωμα μεγαλύτερο από αυτό που επεξεργάστηκε ο αλγόριθμος την τελευταία φορά που εκτελέστηκε.

Cmd 7 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα BATCH με πεδία:

- route_identification τύπου STRING
- bus_registration_plate τύπου STRING
- bus_stop_name τύπου STRING
- latitude τύπου DOUBLE
- longitude τύπου DOUBLE
- arrival τύπου TIMESTAMP
- departure τύπου TIMESTAMP
- people_entered τύπου INT
- people_exited τύπου INT

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι /user/hive/warehouse/batch. Ο προαναφερθέν πίνακας τηρεί τις εγγραφές του αλγορίθμου προς επεξεργασία σε κάθε εκτέλεση.

Cmd 8 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα AUX_HOURS με πεδία:

- hour_str τύπου String

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι /user/hive/warehouse/aux_hours. Ο προαναφερθέν πίνακας είναι βοηθητικός και τηρεί τις ώρες μιας μέρας.

Cmd 9 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή δημιουργίας του Delta πίνακα AUX_DAYS με πεδία:

- day_str τύπου String

Επιπροσθέτως καθορίζεται η διαδρομή στην οποία σώζονται τα αρχεία που απαρτίζουν τον Delta πίνακα, στην προκειμένη η διαδρομή αυτή είναι /user/hive/warehouse/aux_days. Ο προαναφερθέν πίνακας είναι βοηθητικός και τηρεί τις μέρες μιας εβδομάδας.

3.2.2.2 Ddl_Drops

Το notebook Ddl_Drops είναι γραμμένο σε Spark SQL και περιέχει τις εντολές με τις οποίες διαγράφονται οι πίνακες στη βάση δεδομένων Hive. Το συγκεκριμένο notebook είναι προαιρετικό και εκτελείται μόνο εάν αυτό απαιτηθεί σε περιβάλλον παραγωγής, ωστόσο για τις ανάγκες της παρούσης έρευνας, δεδομένων των περιορισμών της δωρεάν χρήσης της πλατφόρμας Databricks, εκτελείται κάθε φορά που εκκινεί ο αλγόριθμος.

Λεπτομερέστερα :

Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα BUS

Cmd 2 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα
BUS_STOP_COORDINATES

Cmd 3 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα ROUTE

Cmd 4 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα
TRACKING

Cmd 5 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα
LIVE_FEED

Cmd 6 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα
EXECUTION

Cmd 7 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα BATCH

Cmd 8 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα
AUX_HOURS

Cmd 9 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή απομάκρυνσης του Delta πίνακα
AUX_DAYS

3.2.2.2.3 Ddl_Truncations

Το notebook Ddl_Truncations είναι γραμμένο σε Spark SQL και περιέχει τις εντολές με τις οποίες διαγράφεται το περιεχόμενο των πινάκων από τη βάση δεδομένων Hive. Το συγκεκριμένο notebook είναι προαιρετικό και εκτελείται μόνο εάν αυτό απαιτηθεί σε περιβάλλον παραγωγής, ωστόσο για τις ανάγκες της παρούσης έρευνας, δεδομένων των περιορισμών της δωρεάν χρήσης της πλατφόρμας Databricks, εκτελείται κάθε φορά που εκκινεί ο αλγόριθμος.

Κεφάλαιο 3

Λεπτομερέστερα :

Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των εγγραφών του Delta πίνακα BUS

Cmd 2 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των εγγραφών του Delta πίνακα BUS_STOP_COORDINATES

Cmd 3 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των εγγραφών του Delta πίνακα ROUTE

Cmd 4 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των εγγραφών του Delta πίνακα TRACKING

Cmd 5 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των εγγραφών του Delta πίνακα LIVE_FEED

Cmd 6 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των εγγραφών του Delta πίνακα EXECUTION

Cmd 7 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των εγγραφών του Delta πίνακα BATCH

3.2.2.2.4 Ddl_Wipes

Το notebook Ddl_Wipes είναι γραμμένο σε Spark SQL και περιέχει τις εντολές με τις οποίες διαγράφονται τα αρχεία που απαρτίζουν τους πίνακες στη βάση δεδομένων Hive. Το συγκεκριμένο notebook είναι προαιρετικό και εκτελείται μόνο εάν αυτό απαιτηθεί σε περιβάλλον παραγωγής, ωστόσο για τις ανάγκες της παρούσης έρευνας, δεδομένων των περιορισμών της δωρεάν χρήσης της πλατφόρμας Databricks, εκτελείται κάθε φορά που εκκινεί ο αλγόριθμος.

Λεπτομερέστερα :

Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή '/user/hive/warehouse/bus' που απαρτίζουν τον Delta πίνακα BUS

Cmd 2 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή '/user/hive/warehouse/bus_stop_coordinates' που απαρτίζουν τον Delta πίνακα BUS_STOP_COORDINATES

Cmd 3 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή '/user/hive/warehouse/route' που απαρτίζουν τον Delta πίνακα ROUTE

Cmd 4 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή `‘/user/hive/warehouse/tracking’` που απαρτίζουν τον Delta πίνακα TRACKING

Cmd 5 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή `‘/user/hive/warehouse/live_feed’` που απαρτίζουν τον Delta πίνακα LIVE_FEED

Cmd 6 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή `‘/user/hive/warehouse/execution’` που απαρτίζουν τον Delta πίνακα EXECUTION

Cmd 7 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή `‘/user/hive/warehouse/batch’` που απαρτίζουν τον Delta πίνακα BATCH

Cmd 8 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή `‘/user/hive/warehouse/aux_days’` που απαρτίζουν τον Delta πίνακα AUX_HOURS

Cmd 9 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή διαγραφής των αρχείων στη διαδρομή `‘/user/hive/warehouse/aux_hours’` που απαρτίζουν τον Delta πίνακα AUX_DAYS

3.2.2.3 Dml

Ο φάκελος Dml περιέχει ένα σύνολο από notebooks τα οποία χρησιμεύουν για την εκτέλεση DML εντολών στη Hive βάση δεδομένων. Ως DML ορίζεται το σύνολο των εντολών που εκτελούνται προκειμένου να μεταβληθεί το περιεχόμενο μιας βάσης δεδομένων. Στην προκειμένη περίπτωση η εν λόγω βάση είναι η Hive βάση δεδομένων.

3.2.2.3.1 Dml_Insertions

Το notebook Dml_Insertions είναι γραμμένο σε Spark SQL και περιέχει τις εντολές με τις οποίες εισάγονται εγγραφές στους πίνακες της βάσης δεδομένων Hive. Ορισμένες από τις εντολές στο συγκεκριμένο notebook είναι προαιρετικές και προορίζονται για testing, ωστόσο υπάρχει και ένα σύνολο εντολών που είναι απαραίτητες για την εισαγωγή στατικών δεδομένων.

Λεπτομερέστερα :

Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα BUS. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι απαραίτητη.

Κεφάλαιο 3

Cmd 2 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα LIVE_FEED. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι προαιρετική καθώς αυτός ο πίνακας γεμίζει με εγγραφές που αποστέλλονται στο Databricks.

Cmd 3 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα LIVE_FEED. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι προαιρετική καθώς αυτός ο πίνακας γεμίζει με εγγραφές που αποστέλλονται στο Databricks.

Cmd 4 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα BUS_STOP_COORDINATES. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι απαραίτητη. Σημειώνεται πως η τοποθεσία των στάσεων είναι πραγματική και συγκεντρώθηκε από τη διαδικτυακή τοποθεσία <http://m.oasth.gr/#index.php?md=7&sn=3&line=625&dhm=> , ενώ η εύρεση των συντεταγμένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του εργαλείου Google Maps.

Cmd 5 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα ROUTE. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι απαραίτητη.

Cmd 6 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα AUX_HOURS. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι απαραίτητη.

Cmd 7 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα AUX_DAYS. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι απαραίτητη.

Cmd 8 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η εντολή εισαγωγής εγγραφών στον Delta πίνακα AUX_DAYS. Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι απαραίτητη.

3.2.2.4 Utils

Ο φάκελος Utils περιέχει ένα σύνολο από notebooks τα οποία χρησιμεύουν για την εκτέλεση του αλγορίθμου.

3.2.2.4.1 Algo_Functions

Το notebook Algo_Functions είναι γραμμένο σε PySpark και περιέχει το σύνολο των συναρτήσεων που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος.

Λεπτομερέστερα :

Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής παρατίθενται οι βιβλιοθήκες της Python και της Pyspark που απαιτούνται για την εκτέλεση του αλγορίθμου.

Cmd 2 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η συνάρτηση `append_record_to_execution_table` η οποία εξασφαλίζει την εισαγωγή εγγραφών στον πίνακα EXECUTION και επιστρέφει το εύρος των χρονικών αποτυπωμάτων που επεξεργάστηκαν σε κάθε εκτέλεση του αλγορίθμου.

Cmd 3 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η συνάρτηση `update_record_to_execution_table` η οποία εξασφαλίζει την ενημέρωση του πίνακα EXECUTION σε κάθε επιτυχή ολοκλήρωση εκτέλεσης του αλγορίθμου.

Cmd 4 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η συνάρτηση `get_execution_table_schema` η οποία είναι βοηθητική και επιστρέφει τη δομή του πίνακα EXECUTION και χρησιμοποιείται για την εισαγωγή εγγραφών στον εν λόγω πίνακα με συγκεκριμένη δομή

Cmd 5 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η συνάρτηση `process` η οποία είναι ο αλγόριθμος της παρούσης έρευνας

Cmd 6 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η συνάρτηση `generate_system_id` η οποία χρησιμοποιείται για την αναγνώριση και ομαδοποίηση των εγγραφών στον πίνακα TRACKING έτσι ώστε να είναι δυνατή η αναζήτηση δεδομένων συγκεκριμένης διαδρομής που έχει εκτελεστεί.

Cmd 7 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η UDF(User Defined Function) συνάρτηση `in_polygon` η οποία χρησιμοποιείται για την εύρεση απάντησης στο ερώτημα αν οι δοθείσες συντεταγμένες ανήκουν στο πολύγωνο κάποιας στάσης. Σημειώνεται ότι τα πολύγωνα των στάσεων υπολογίζονται σύμφωνα με ένα κεντρικό σημείο και ακτίνας γύρω αυτού.

Cmd 8 : στο κελί της εντολής αυτής παρέχεται η συνάρτηση `cumulative_sum` η οποία χρησιμοποιείται για τον αθροιστικό υπολογισμό των ατόμων που υπάρχουν σε δεδομένη στιγμή εντός ενός λεωφορείου.

3.2.2.4.2 Algo_Libraries

Το notebook Algo_Libraries είναι γραμμένο σε Python και περιέχει το σύνολο των βιβλιοθηκών που πρέπει να εγκατασταθούν στον cluster ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση του αλγορίθμου.

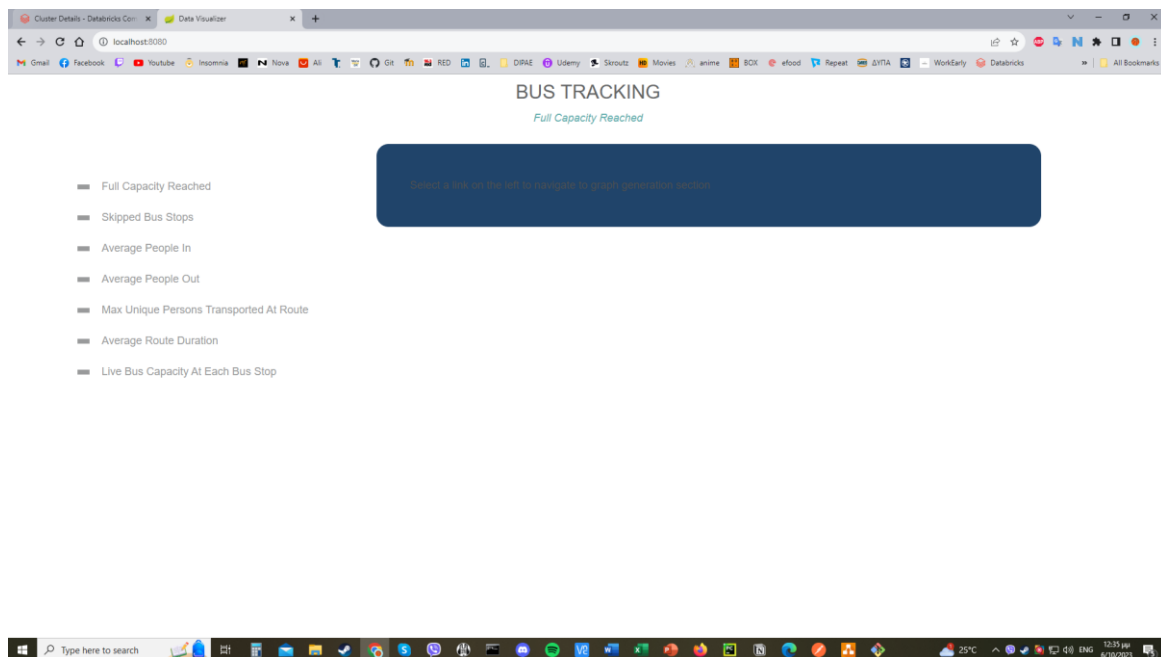
Cmd 1 : στο κελί της εντολής αυτής παρατίθενται magic commands για την εγκατάσταση των ακόλουθων βιβλιοθηκών :

- geog στην έκδοση 0.0.2
- shapely στην έκδοση 2.0.1
- georandras στην έκδοση 0.12.2

3.2.3 Μεθοδολογία Απεικόνισης

Για την απεικόνιση αποτελεσμάτων επιλέχθηκε η δημιουργία ενός τοπικού Springboot Application το οποίο δημιουργεί την πλατφόρμα, για την απορρόφηση δεδομένων, από την κεντρική βάση δεδομένων του Databricks. Φυσικά, για να έχει πρόσβαση στο databricks θα πρέπει να δοθούν κάποια στοιχεία ταυτοποίησης. Οπότε πριν γίνει τρέξιμο του Springboot πρέπει να είναι συμπληρωμένα μέσα στο αρχείο με τα στοιχεία, το username και password του χρήστη καθώς και το JDBC access token που αντιστοιχεί στον cluster που χρησιμοποιείται την εκάστοτε στιγμή.

Για να έχουμε πρόσβαση στην πλατφόρμα αυτή αρκεί να ανοιχτεί ένας browser και να καλέσουμε τον «localhost:8080». Στο site που φαίνεται στην Εικόνα 3.14 μπορούμε να επιλέξουμε ένα από τα 7 διαθέσιμα γραφήματα. Μόλις επιλεγεί ο τύπος του γραφήματος, γίνεται εισαγωγή των φίλτρων σε πεδία, έτσι ώστε να απεικονιστούν δεδομένα από συγκεκριμένα δρομολόγια, λεωφορεία ή χρονικές στιγμές.



Εικόνα 3.14 Localhost Homepage

Το κάθε γράφημα δίνει διαφορετικές πληροφορίες σε σχέση με τις συνθήκες που επιλέχθηκαν στα πεδία εισαγωγής. Είναι δυνατόν να δημιουργηθούν περισσότερα γραφήματα με βάση τις τα ερωτήματα που δημιουργούνται, ως προς την σωστή λειτουργία των δρομολογίων που εφαρμόζονται. Παρακάτω αναλύονται, ένα προς ένα, τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν, καθώς και οι πληροφορίες που προσφέρονται στον αναλυτή που τα χρησιμοποιεί.

3.2.3.1 Full Capacity Reached

Η λειτουργία του συγκεκριμένου γραφήματος είναι να δείχνει τις την ποσότητα των επιβατών που υπήρχαν σε κάθε στάση ενός δρομολογίου, έτσι ώστε να εντοπιστούν οι στάσεις στις οποίες το λεωφορείο έφτασε την μέγιστη χωρητικότητα επιβατών. Το συγκεκριμένο γράφημα απαιτεί να συμπληρωθούν 4 πεδία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.15. Τα πεδία αυτά είναι:

- Χρόνος Εκκίνησης Δρομολογίου
- Χρόνος Λήξης Δρομολογίου
- τον αριθμό πινακίδας του λεωφορείου
- το δρομολόγιο που πραγματοποιήθηκε (03K)

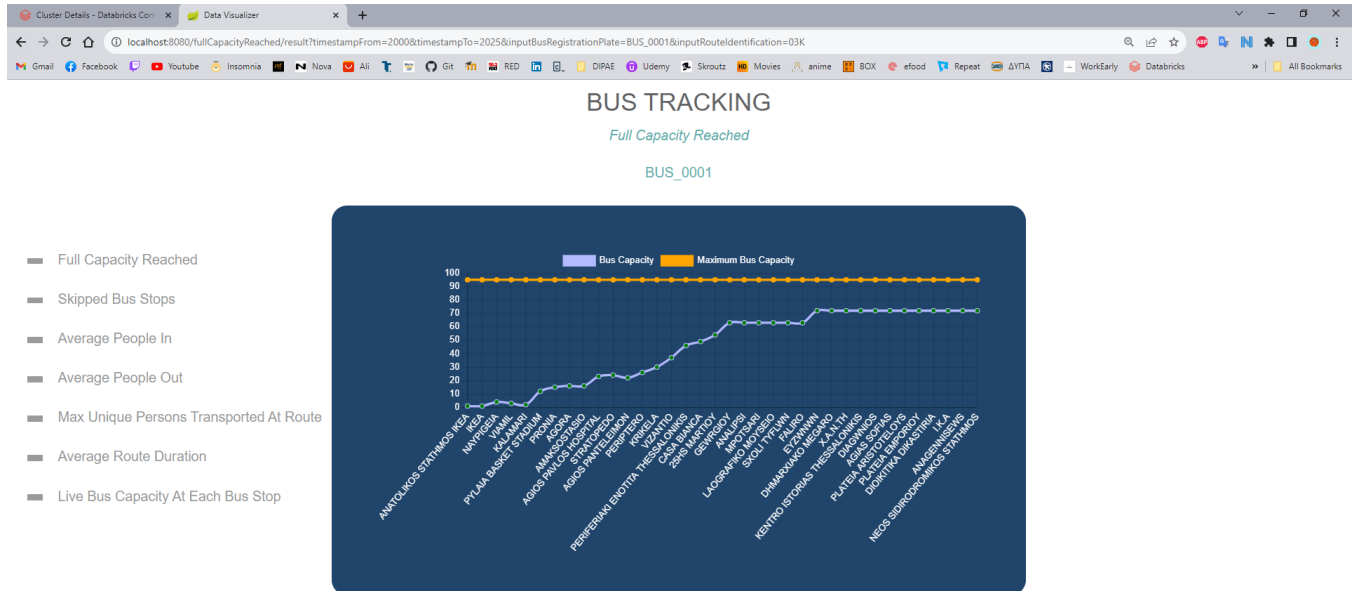
Εικόνα 3.15 Full Capacity Graph – Inputs

Έχοντας συμπληρώσει τα προαπαιτούμενα πεδία και πατώντας κλικ στο κουμπί «Retrieve Info and Generate Graph» δημιουργείται το γράφημα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.16.

Στον οριζόντιο άξονα φαίνονται όλες οι στάσεις του δρομολογίου, και στον κάθετο άξονα η ποσότητα των ανθρώπων. Η κίτρινη γραμμή αντιπροσωπεύει την μέγιστη χωρητικότητα του λεωφορείου. Στο πείραμα αυτό έχουμε ορίσει ότι το λεωφορείο που χρησιμοποιείται έχει μέγιστη χωρητικότητα 94 άτομα. Η πληροφορία αυτή ορίζεται στον κώδικα και μπορεί να είναι διαφορετική για κάθε λεωφορείο.

Κεφάλαιο 3

Στην γαλάζια γραμμή φαίνονται τα άτομα που επέβαιναν του λεωφορείου στο τέλος της εκάστοτε στάσης. Βλέποντας σε ποια σημεία η γαλάζια γραμμή φτάνει, ή και ξεπερνάει, την κίτρινη γραμμή, γίνονται εμφανής οι στάσεις στις οποίες δημιουργούνται προβλήματα συνωστισμού. Χρησιμοποιώντας αυτό το γράφημα εντοπίζονται οι στάσεις που έχουν μεγάλη ανάγκη εξυπηρέτησης. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί προσθέτοντας περισσότερα λεωφορεία που διαβαίνουν των στάσεων, ή με τοποθέτηση μεγαλύτερων λεωφορείων.



Εικόνα 3.16 Full Capacity Graph

3.2.3.2 Skipped Bus Stops

Το γράφημα αυτό δημιουργήθηκε έτσι ώστε να εντοπιστούν οι στάσεις οι οποίες δεν έχουν μεγάλη ανάγκη εξυπηρέτησης. Πολλές φορές τυχαίνει σε ένα δρομολόγιο, να περνάει το λεωφορείο από στάσεις στις οποίες δεν αναμένει κανείς. Δηλαδή να είναι άδειες. Αυτές οι στάσεις συνήθως προσπερνιούνται από τον οδηγό.

Τα δεδομένα που πρέπει να δοθούν φαίνονται στην Εικόνα 3.17 και είναι τα εξής:

- Δρομολόγιο
- Πινακίδα
- Χρόνος Έναρξης Δειγματοληψίας
- Χρόνος Λήξης Δειγματοληψίας

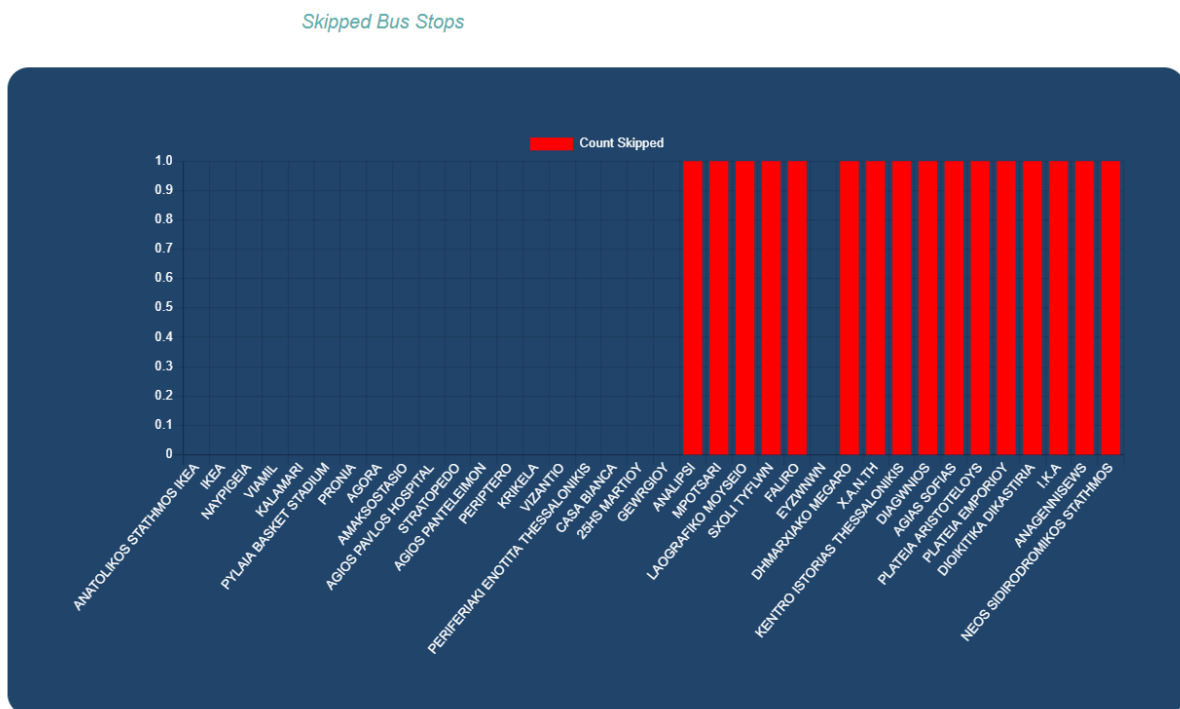
BUS TRACKING
Skipped Bus Stops

Retrieve Info and Generate Graph

Εικόνα 3.17 Skipped Bus Stops – Inputs

Ο λόγος που δεν επιλέχθηκε να μπει μέσος όρος είναι για να μπορεί να γίνει έρευνα περιπτώσεων σε συγκεκριμένες εποχές (π.χ. Χριστούγεννα, Δεκαπενταύγουστος, Χειμώνας).

Για το γράφημα που απεικονίζεται στην Εικόνα 3.18 υπάρχουν δείγματα από ένα μόνο δρομολόγιο. Στον οριζόντιο άξονα εντοπίζονται οι στάσεις από τις οποίες διέρχεται το λεωφορείο και στον κάθετο άξονα φαίνεται το πόσες φορές δεν σταμάτησε λεωφορείο σε αυτή τη στάση. Είναι δυνατόν να τεθεί όριο δειγματοληψίας ώρες, μέρες, μήνες και χρόνια.



Εικόνα 3.18 Skipped Bus Stops Graph


Με τη χρήση του γραφήματος αυτός γίνεται εύκολος ο εντοπισμός άχρηστων ή λιγότερο αναγκαίων στάσεων που καθυστερούν το δρομολόγιο χωρίς αιτία. Με τη χρήση αυτής της λειτουργίας μπορεί κάποιος να πάρει απόφαση για το ποιες στάσεις μπορούν να αφαιρεθούν από το δρομολόγιο. Φυσικά αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που όντως παρθεί η απόφαση αφαίρεσης κάποιας στάσης, θα πρέπει να γίνει η αφαίρεσή της από τον κώδικα του συστήματος μας. Με αυτόν τον τρόπο δεν θα δημιουργηθούν προβλήματα στη ακρίβεια των μελλοντικών μετρήσεων που θα πρέπει να γίνουν.

3.2.3.3 Average People In

Αυτή η λειτουργία προσπαθεί να προβλέψει την ποσότητα των ατόμων που θα μπουν στο λεωφορείο, σε συγκεκριμένη ώρα και συγκεκριμένη στάση. Τα πεδία που πρέπει να συμπληρωθούν είναι 4 , όπως φαίνονται στην Εικόνα 3.19 :

- Δρομολόγιο
- Στάση
- Αρχή δειγματοληψίας
- Τέλος Δειγματοληψίας

Average People In



03K

ANATOLIKOS STATHMOS IKEA

Timestamp from (format : yyyy-MM-dd HH:mm:ss)

Timestamp to (format : yyyy-MM-dd HH:mm:ss)

Retrieve Info and Generate Graph

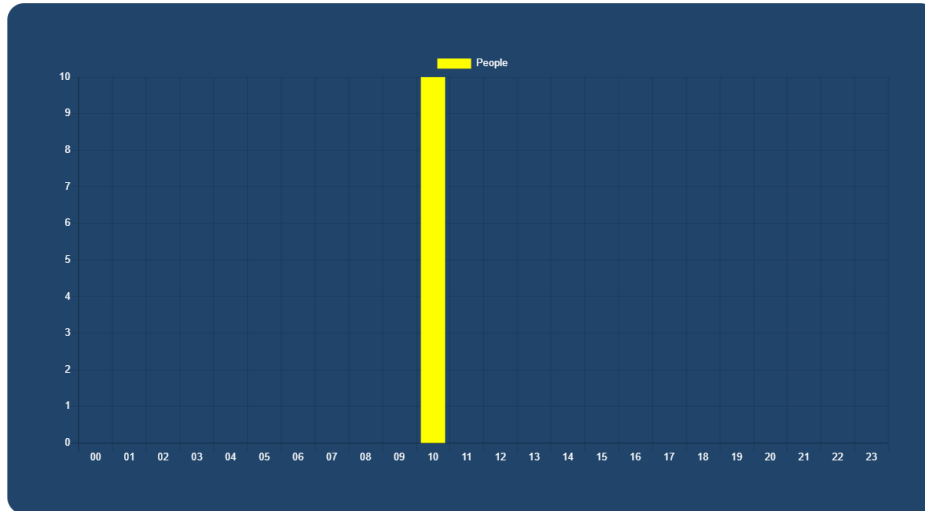
Εικόνα 3.19 Average People In - Inputs

Ο τρόπος που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη είναι ο μέσος όρος που προκύπτει από τα καθημερινά δρομολόγια του πεδίου δειγματοληψίας που έχουν οριστεί. Το πιο σύνηθες πεδίο δειγματοληψίας είναι η περίοδος από Δευτέρα έως Παρασκευή, που δείχνει τα δεδομένα σχετικά με τις εργάσιμες ημέρες. Ο οριζόντιος άξονας αντιπροσωπεύει το εικοσιτετράωρο της ημέρας και ο κάθετος άξονας τον μέσο όρο ατόμων που μπαίνουν στην στάση, όπως την Εικόνα 3.20 . Αν π.χ. τα δείγματα ήταν από Δευτέρα έως Παρασκευή θα έβγαине το σύνολο των ατόμων διαιρεμένο δια πέντε.

BUS TRACKING

Average people In

PERIFERIAKI ENOTITA THESSALONIKIS



Εικόνα 3.20 Average People In - Graph

3.2.3.4 Average People Out

Ομοίως με το προηγούμενο γράφημα εδώ φαίνονται οι επιβάτες που βγαίνουν από μία στάση που θα επιλέξουμε, σε ένα συγκεκριμένο δρομολόγιο, με συγκεκριμένο διάστημα δειγματοληψίας. Στην Εικόνα 3.21 φαίνονται οι επιλογές που υπάρχουν.

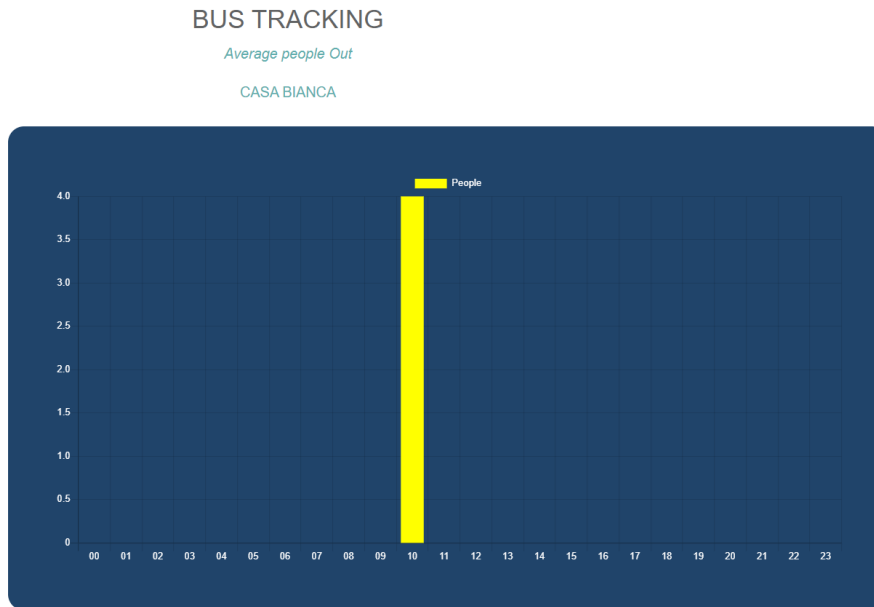
BUS TRACKING

Average People Out

Εικόνα 3.21 Average People Out – Inputs

Κεφάλαιο 3

Το γράφημα στην Εικόνα 3.22 είναι δομημένο με τον ίδιο τρόπο και μας δείχνει συγκεκριμένα, ότι στο δρομολόγιο των 10 , στην στάση CASA BIANCA ο μέσος όρος των ατόμων που βγαίνουν , είναι τέσσερις. Φυσικά αυτό το αποτέλεσμα βγαίνει σε σχέση με την περίοδο δειγματοληψίας που έχει οριστεί.



Εικόνα 3.22 Average People Out – Graph

3.2.3.5 Max Unique Persons Transported At Route

Σε αυτό το γράφημα είναι δυνατόν να βρεθεί ο μέγιστος αριθμός μοναδικών ατόμων που χρησιμοποίησαν το λεωφορείο σε μια χρονική περίοδο δειγματοληψίας που ορίζεται στα πεδία. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.23 , στα πεδία εισάγονται:

- Το Δρομολόγιο
- Η Αρχή Δειγματοληψίας
- Το Τέλος Δειγματοληψίας

BUS TRACKING

Max Unique Persons Transported At Route

03K

Timestamp from (format : yyyy-MM-dd HH:mm:ss)

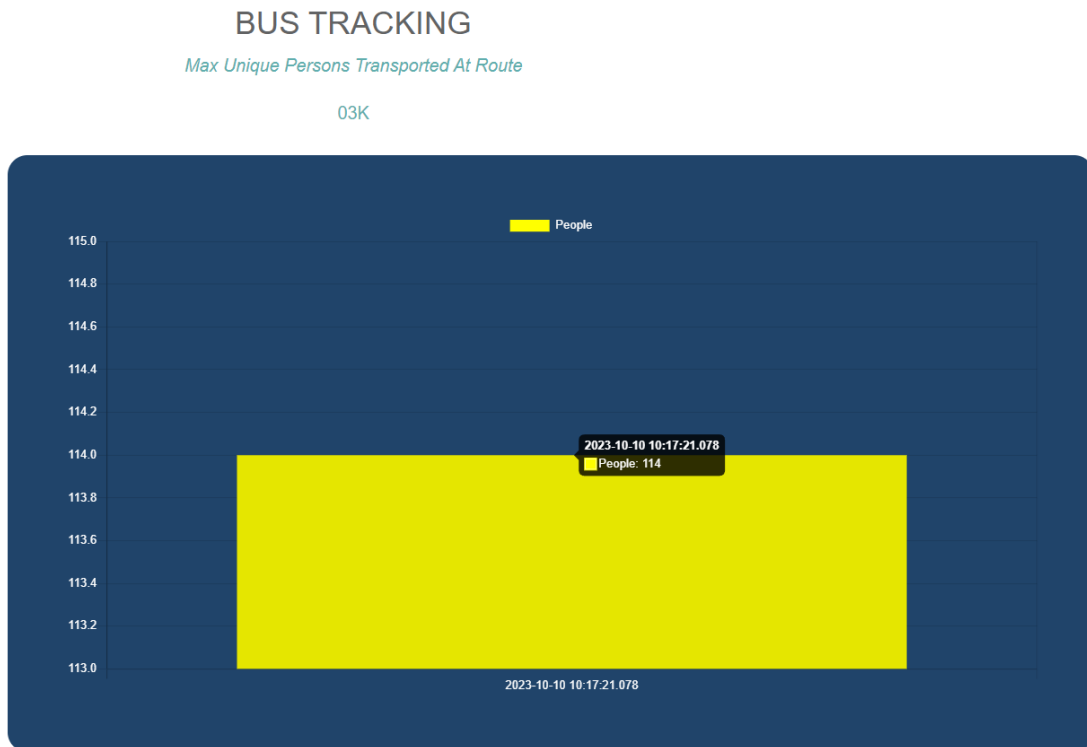
Timestamp to (format : yyyy-MM-dd HH:mm:ss)

Retrieve Info and Generate Graph

Εικόνα 3.23 Max Unique Persons – Inputs

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.24 η πληροφορία που δίνεται δεν είναι απαραίτητο να απεικονιστεί με γράφημα , καθώς είναι μονάχα ένας αριθμός και θα μπορούσε απλώς να εμφανιστεί σε μία γραμμή. Παρόλα αυτά έγινε όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.24, για να είναι παρόμοιο με τα υπόλοιπα γραφήματα.

Για τον υπολογισμό αυτού του αριθμού γίνονται τα εξής. Προσθέτονται όλα τα «People In» από κάθε στάση του κάθε δρομολογίου, και βγαίνουν τα σύνολα. Μετά γίνεται σύγκριση μεταξύ των συνόλων των δρομολογίων που έγιναν μέσα στο χρονικό διάστημα που έχει οριστεί, και βγαίνει το μέγιστο. Έτσι είναι γνωστός κι ο μέγιστος αριθμός ατόμων που έχουν μπει ποτέ στο δρομολόγιο που έχουμε επιλέξει, καθώς και η ακριβή στιγμή που αυτός ο αριθμός επιτεύχθηκε. Αυτό μας βοηθά να εντοπίσουμε χρονικές στιγμές όπου το λεωφορείο γέμισε υπερβολικά. Μετέπειτα μπορεί να γίνει έρευνα για τον εντοπισμό της αιτίας που έφτασε σε υψηλό σημείο η ποσότητα των ατόμων. Τέλος μπορεί να γίνει έλεγχος για το αν το μέγιστο ξεπερνά το όριο των ατόμων που πρέπει να μπαίνει στο λεωφορείο έτσι ώστε να είναι εμφανές, αν υπάρχει πρόβλημα ή όχι.



Εικόνα 3.24 Max Unique Persons

3.2.3.6 Average Route Duration

Πολλές φορές ο χρόνος που απαιτείται, για να φτάσει το λεωφορείο από τον αρχικό σταθμό έως στο τερματικό σταθμό ποικίλει. Άλλες φορές οι δρόμοι είναι άδειοι κι άλλες φορές έχει κίνηση π.χ. την Δευτέρα το πρωί έχει κίνηση, γιατί ο κόσμος πάει στην εργασία του, ενώ την Κυριακή το πρωί οι δρόμοι είναι άδειοι.

Υπάρχει ανάγκη να είναι γνωστός ο χρόνος που θα διαρκεί ένα δρομολόγιο, έτσι ώστε να γίνεται καλύτερος προγραμματισμός στις μετακινήσεις. Αυτό ακριβώς το θέμα προσπαθεί να αναλύσει το συγκεκριμένο γράφημα. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.25 εισάγοντας το δρομολόγιο ενδιαφέροντος, το χρονικό διάστημα δειγματοληψίας και την μέρα ενδιαφέροντος, θα δημιουργηθεί ένα γράφημα που θα απεικονίζει τον μέσο όρο διάρκειας δρομολογίων.

BUS TRACKING

Average Route Duration

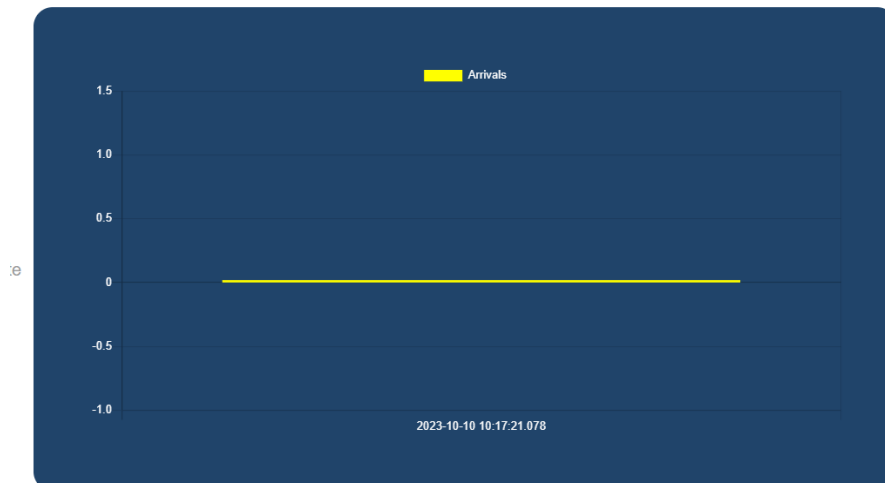
Εικόνα 3.25 Average Route Duration – Inputs

Το διάγραμμα που φαίνεται στην Εικόνα 3.26 αθροίζει τους χρόνους που χρειάστηκαν για να ολοκληρωθούν τα δρομολόγια, τις Τρίτες, και διαιρεί δια την ποσότητα των δρομολογίων, για να βγάλει το αποτέλεσμα σε ώρες.

BUS TRACKING

Average Route Duration

Average duration 03K depending on Tuesday



Εικόνα 3.26 Average Route Duration in Hours

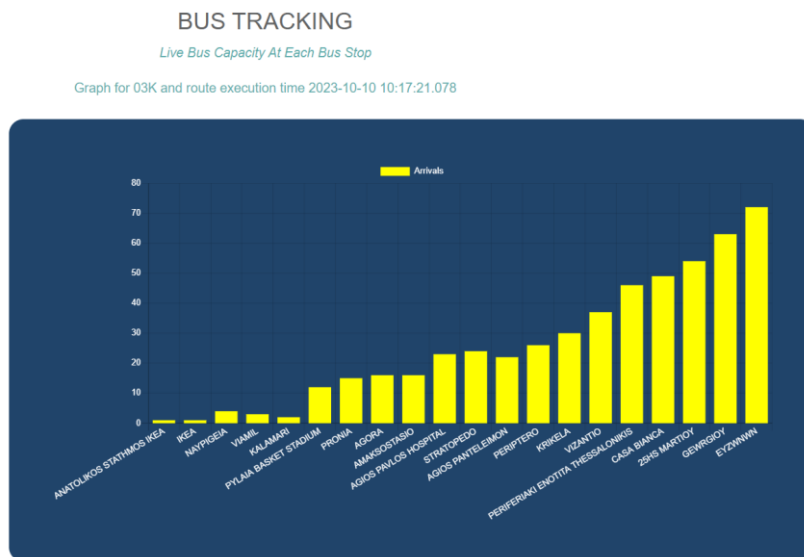
3.2.3.7 Live Bus Capacity At Each Bus Stop

Το τελευταίο γράφημα που δημιουργήθηκε απαιτεί την συμπλήρωση δύο μόνο πεδίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.27 . Απλά εισάγεται το δρομολόγιο, και η μέρα έναρξης του, από την αφετηρία. Έπειτα εμφανίζεται η ζωντανή απεικόνιση σχετικά με το λεωφορείο που κινείται στους δρόμους τη συγκεκριμένη στιγμή.

Εικόνα 3.27 Live Bus Capacity At Each Stop - Input

Με το γράφημα που δημιουργείται μπορεί να υπάρχει μία εικόνα πληρότητας του λεωφορείου σε κάθε στάση από την οποία περνάει. Για παράδειγμα στην Εικόνα 3.28 , φαίνεται ότι ενώ στην αρχή το λεωφορείο ήταν με ελάχιστους επιβάτες, όταν έφτασε στην εικοστή στάση κόντευε να γεμίσει.

Το γράφημα αυτό μπορεί να πληροφορήσει άτομα που βρίσκονται στη στάση για το πότε ξεκίνησε το λεωφορείο από τον σταθμό εκκίνησης, για το πόσο γεμάτο είναι το λεωφορείο την εκάστοτε στιγμή, καθώς και σε ποια στάση βρίσκεται τη συγκεκριμένη στιγμή.



Εικόνα 3.28 Capacity At Each Bus Stop - Graph

Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, το Σύστημα Παρακολούθησης Λεωφορείων που δημιουργήθηκε, προσφέρει μια προηγμένη λύση ανάλυσης δεδομένων, η οποία ενισχύει την αποδοτικότητα και την ακρίβεια της συλλογής, αποθήκευσης και αποστολής των πληροφοριών από τα λεωφορεία στη βάση δεδομένων, και από τη βάση δεδομένων στις συσκευές απεικόνισης.

Η εγκατάσταση των συσκευών που κατασκευάστηκε λειτουργεί ως αισθητήριο διέλευσης επιβατών, καταγράφοντας τον αριθμό των ανθρώπων που επιβαίνουν και αποβαίνουν σε κάθε στάση λεωφορείου. Αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται μετά στη βάση δεδομένων μέσω 4G, διασφαλίζοντας έτσι την άμεση διαθεσιμότητά τους. Έπειτα τα δεδομένα απεικονίζονται με γραφήματα που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα των υπηρεσιών μεταφοράς.

Το Σύστημα Παρακολούθησης Λεωφορείων διευκολύνει την ανάλυση των δεδομένων από τα λεωφορεία για τη βελτίωση των διαδρομών και των ωραρίων. Δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού περιοχών υψηλών απαιτήσεων και συγχρόνως πληροφορίες για πιθανή ανάπτυξη επιπλέον δρομολογίων στα σημεία αυτά. Με την τεχνολογία του Raspberry, επιτρέπεται η συλλογή δεδομένων υψηλότερης ποιότητας σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Αυτό οδηγεί σε μια πιο αποδοτική και ακριβή λειτουργία της δημόσιας μεταφοράς, βελτιώνοντας την εμπειρία των επιβατών και συμβάλλοντας στη συνολική ροή κυκλοφορίας.

Παρά την πολυπλοκότητα του συστήματος, η χρήση του Databricks εξασφαλίζει μια ευέλικτη και αξιόπιστη λύση αποθήκευσης δεδομένων. Επιπλέον, η δυνατότητα επεκτασιμότητας του συστήματος επιτρέπει την προσαρμογή του προς τις ιδιαίτερες ανάγκες και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες της δημόσιας μεταφοράς.

Ολοκληρώνοντας, υπογραμμίζεται ότι το σύστημα που δημιουργήθηκε επιτρέπει τη δημιουργία γραφημάτων σύμφωνα με τα κριτήρια που εισάγονται. Έτσι, είναι δυνατή η αναγνώριση σημαντικών πληροφοριών σχετικά με τα υπάρχοντα προβλήματα και την ποιότητα των τρεχόντων δρομολογίων. Προσφέρει τη δυνατότητα για διεξοδική ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων, με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της λειτουργίας της δημόσιας μεταφοράς και την βελτιστοποίηση των δρομολογίων.

4.1 Πιθανές Βελτιώσεις

Το σύστημα παρακολούθησης λεωφορείων μπορεί να επεκταθεί παρέχοντας μεγάλες δυνατότητες στη συλλογή δεδομένων για την ανάλυση της κίνησης των επιβατών. Παρά την αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου συστήματος, υπάρχει πάντα χώρος για βελτίωση.

4.1.1 Machine Learning

Σε αυτό το τμήμα, θα εξηγείται πώς, κάνοντας χρήση της τεχνολογίας μηχανικής μάθησης, είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν οι πληροφορίες που συλλέγονται από το σύστημά μας, με σκοπό την βελτίωση των προγραμματισμένων διαδρομών των λεωφορείων.

Η μηχανική μάθηση είναι μια τεχνική της τεχνητής νοημοσύνης που παρέχει τη δυνατότητα στα συστήματα να «μάθουν» από δεδομένα, μέσω πειραματικών μεθόδων, χωρίς να απαιτείται οποιαδήποτε επαναληπτική διαδικασία.

Μετά από μακρύ χρονικό διάστημα λειτουργίας του συστήματος μας, θα έχει συγκεντρωθεί μια τεράστια συλλογή δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι για την εφαρμογή της μηχανικής μάθησης.

Ακολουθώντας αυτή τη στρατηγική, μπορούν να δημιουργηθούν προγράμματα διαδρομών που ανταποκρίνονται στις ακριβείς ανάγκες της κοινωνίας, κι αυτό διότι η μηχανική μάθηση μπορεί να αναλύσει τα συλλεγόμενα δεδομένα, για να κατανοήσει τα μοτίβα των επιβατών και να προσαρμόσει τα δρομολόγια αναλόγως.

Επιπλέον είναι δυνατόν να γίνει πρόβλεψη επαναλαμβανόμενων γεγονότων. Η μηχανική μάθηση μπορεί επίσης να εκπαιδευτεί για να προβλέψει γεγονότα, όπως τις αλλαγές στη ζήτηση των επιβατών λόγω εποχιακών αλλαγών ή την επίπτωση των κοινωνικών εκδηλώσεων στις ανάγκες μεταφοράς.

Η εφαρμογή της μηχανικής μάθησης αποτελεί μια ιδανική λύση για τη βελτίωση της αποδοτικότητας του δημόσιου λεωφορείου, εξασφαλίζοντας την καλύτερη δυνατή υπηρεσία για τους επιβάτες και τη μέγιστη εκμετάλλευση των πόρων.

4.1.2 Αυτοματοποιημένη Αρχικοποίησης Προγραμμάτων του Συστήματος

Την στιγμή αυτή για να λειτουργήσει το σύστημα σωστά πρέπει πρώτα να γίνει αρχικοποίηση των προγραμμάτων που το απαρτίζουν manually. Αυτό ισχύει για όλα τα μέρη του συστήματος. Γίνεται εμφανές ότι σε περίπτωση που απαιτείται να γίνει επανεκκίνηση, η διαδικασία αρχικοποίησης θα πρέπει να επαναληφθεί από την αρχή. Κάτι τέτοιο είναι αρκετά χρονοβόρο και επίπονο.

Όσον αφοράτε η αρχικοποίηση του συστήματος, αποτελείται από δύο μέρη:

- Το πρώτο μέρος είναι το τρέξιμο των προγραμμάτων που εκτελούν τις απαιτούμενες εργασίες. Είναι σημαντικό όχι μόνο να εκτελεστούν, έτσι ώστε να τρέχουν στο background, αλλά και να εκτελεστούν με συγκεκριμένη σειρά αφού υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

- Το δεύτερο είναι η διαπίστωση, ότι τα προγράμματα που είναι σε λειτουργία τρέχουν χωρίς προβλήματα. Υπάρχουν περιπτώσεις που κάποιο πρόγραμμα κολλάει, καθιστώντας όλο το σύστημα άχρηστο. Επίσης, υπάρχουν περιπτώσεις που το πρόγραμμα μπορεί να λειτουργεί αρχικά, αλλά να κολλήσει κάποια στιγμή αργότερα.

Θα αποτελούσε χρήσιμη βελτίωση, η αυτοματοποίηση της διαδικασίας ανοίγματος και ελέγχου των προγραμμάτων, έτσι ώστε να μην χρειάζεται να γίνει καμία ενέργεια μετά από επανεκκίνηση μερών του συστήματος. Επίσης θα πρέπει να δημιουργηθούν δικλίδες ασφαλείας, έτσι ώστε αν κάτι πάει στραβά να μην αχρηστεύεται όλο το σύστημα, αλλά μόνο το σημείο που έχει πρόβλημα. Ιδανικά θα πρέπει να γίνεται και αναγνώριση του προβλήματος από τη ίδια συσκευή, δίνοντας μας τη δυνατότητα να το επιδιορθώσουμε κατευθείαν και να συνεχιστεί η λειτουργία του συστήματος, χωρίς να χρειαστεί επανεκκίνηση.

4.1.3 Βελτιστοποίηση Προγραμμάτων

Τα προγράμματα που δημιουργήθηκαν, είχαν σαν στόχο την λειτουργικότητα ενός συστήματος, με μία συσκευή καταμέτρησης. Το ότι τα προγράμματα είναι λειτουργικά όμως, δεν συνεπάγεται ότι είναι τέλεια. Υπάρχει περιθώριο βελτιστοποίησης σε αρκετούς τομείς.

Ο κώδικας που έχει γραφτεί μπορεί να τροποποιηθεί έτσι ώστε να είναι πιο κατανοητός. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντικειμενοστραφής προγραμματισμός, έτσι ώστε οποιοσδήποτε αναγνώστης να καταλαβαίνει εύκολα και γρήγορα τον τρόπο λειτουργίας των προγραμμάτων, ασχέτως του μεγέθους του συνόλου των προγραμμάτων.

Μετέπειτα, θα ήταν χρήσιμο να τροποποιηθεί ο κώδικας, εστιάζοντας περισσότερο στην ταχύτητα. Αλλάζοντας τον τρόπο γραφής ενός προγράμματος, είναι δυνατόν να τρέχει πιο γρήγορα και να είναι πιο εύχρηστο.

Τέλος προτείνεται να γίνει τροποποίηση των προγραμμάτων με στόχο την ασφάλεια των δεδομένων. Πρέπει να εισαχθεί κρυπτογράφηση των δεδομένων έτσι ώστε να υπάρχει ένα είδος προστασίας από επίδοξους Hackers.

4.1.4 Ποιοτικός Έλεγχος

Η ποιότητα του συστήματος είναι ένα ουσιαστικό στοιχείο για την αποτελεσματική λειτουργία του. Ως εκ τούτου, ο ποιοτικός έλεγχος (QA) του συστήματος αποσκοπεί στην εύρεση και τον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων και σφαλμάτων που μπορεί να προκύπτουν κατά την παρακολούθηση των λεωφορείων.

Οι διαδικασίες του QA συμπεριλαμβάνουν:

- την πλήρη εξέταση των δυναμικοτήτων του συστήματος

- την εκτέλεση σεναρίων δοκιμών για την αξιολόγηση της απόδοσής του
- την παρακολούθηση της λειτουργίας του σε πραγματικές συνθήκες.

Εφαρμόζοντας αυτές τις διαδικασίες είναι δυνατή η ανίχνευση όποιων αδυναμιών ή προβλημάτων στο σύστημα πριν αυτά επηρεάσουν την δυνατότητα συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων.

Με την εφαρμογή αυστηρών διαδικασιών QA, το σύστημα παρακολούθησης λεωφορείων μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά, επιτυγχάνοντας υψηλότερα επίπεδα απόδοσης και αξιοπιστίας. Πρόκειται για μια επένδυση που θα μπορούσε να αποδώσει σημαντικά κέρδη σε μακροπρόθεσμη βάση, βελτιστοποιώντας την λειτουργία της δημόσιας συγκοινωνίας και βελτιώνοντας την εμπειρία των επιβατών.

4.1.5 Εισαγωγή Ποιοτικών Αισθητήρων

Είναι αυτονόητο ότι η ποιότητα των μετρήσεων είναι ανάλογη της ποιότητας των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται. Τοποθετώντας λοιπόν τις καλύτερες 3D κάμερες της αγοράς θα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα. Φυσικά, δεδομένου του γεγονότος ότι το υπάρχον σύστημα δεν έχει καν τους αισθητήρες που ενδείκνυνται για την σωστή λειτουργία του, ακόμα και η προσθήκη μιας απλής 3D κάμερας καταμέτρησης θα αποτελέσει βελτίωση.

4.1.6 Εισαγωγή Ψύξης στη συσκευή

Σχετικά με τη ψύξη στη λειτουργία του συστήματός μας, πρέπει να κατανοήσουμε πώς οι υψηλές θερμοκρασίες που επιτυγχάνει ένα Raspberry Pi κατά τη λειτουργία του, μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ταχύτητα και τη διάρκεια ζωής του.

Όταν ο επεξεργαστής ενός Raspberry Pi υπερθερμαίνεται, η ταχύτητα λειτουργίας του μπορεί να μειωθεί. Αυτό είναι αποτέλεσμα της αυτόματης προστασίας από υπερθέρμανση της συσκευής.

Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε μείωση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού. Οι συνεχείς υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν φθορά στα εξαρτήματα, γεγονός που συνεπάγεται λιγότερη ανθεκτική λειτουργία με την πάροδο του χρόνου.

Ως εκ τούτου, θα ήταν ένας σημαντικός τρόπος βελτίωσης να προσθέσουμε μια λειτουργία ψύξης στη συσκευή καταμέτρησης του συστήματός μας. Αυτό θα βοηθούσε να διατηρήσει τις θερμοκρασίες σε ένα υγιές επίπεδο, επιτρέποντας την αποτελεσματική λειτουργία της πλατφόρμας παρά τη συνεχή λειτουργία.

Παρατηρώντας την ανάγκη για σωστή διαχείριση θερμοκρασίας, η εισαγωγή ενός συστήματος ψύξης θα αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τις προκλήσεις της υπερθέρμανσης, επιτρέποντας τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της ανθεκτικότητας του Raspberry Pi.

4.1.7 Προσθήκη Περισσότερων Γραφημάτων

Στενά συνδεδεμένη με την επεξεργασία και την ανάλυση δεδομένων, είναι η απαραίτητη παρουσίαση των πληροφοριών με τρόπο ορατό και κατανοητό. Στο πλαίσιο αυτό, τα γραφήματα παίζουν αποφασιστικό ρόλο. Τα γραφήματα μετατρέπουν τα πλούσια δεδομένα σε εικόνες που διευκολύνουν την αντίληψη και την ερμηνεία τους.

Περισσότερα γραφήματα σημαίνουν περισσότερες ευκαιρίες για οπτικοποίηση των δεδομένων. Ένα μοναδικό γράφημα μπορεί να προσφέρει μια καλή εποπτεία, αλλά η προσθήκη περισσότερων γραφημάτων μπορεί να βοηθήσει στην αποκάλυψη διάφορων στρωμάτων πληροφοριών. Κάθε γράφημα προσφέρει μια νέα οπτική γωνία των δεδομένων, επιτρέποντας στους χρήστες να δουν περισσότερες πλευρές της ιστορίας που θέλει να πει η συλλογή δεδομένων.

4.1.8 Λειτουργία Ζωντανών Ειδοποιήσεων

Η ενσωμάτωση της λειτουργίας "ζωντανών ειδοποιήσεων" μπορεί να αποφέρει αρκετά οφέλη στην εταιρεία λεωφορείων. Αυτά τα οφέλη μπορεί να αυξήσουν τη λειτουργικότητα και την ικανοποίηση των πελατών. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι εφαρμογής ειδοποιήσεων, με πιο δημοφιλή τα e-mail και τα SMS.

Υπάρχουν διάφορα σενάρια στα οποία η αποστολή μιας ειδοποίησης στον υπεύθυνο διαχείρισης λεωφορείων θα δημιουργούσε οφέλη:

- Σε περίπτωση ακινητοποίησης λεωφορείου, για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του αναμενόμενου. Αν π.χ. το λεωφορείο χαλάσει και ακινητοποιηθεί, μόλις έρθει η ειδοποίηση, θα υπάρχει η δυνατότητα να αποσταλεί ένα άλλο λεωφορείο για να συνεχίσει το δρομολόγιο που ξεκίνησε το χαλασμένο λεωφορείο.
- Σε περίπτωση που το λεωφορείο παρεκκλίνει από το αναμενόμενο δρομολόγιο. Αν π.χ. γίνονται πορείες και διαδηλώσεις, το λεωφορείο θα χρειαστεί να αλλάξει δρόμο για να μετακινηθεί. Σε αυτή την περίπτωση, ο χειριστής θα μπορέσει να ενημερώσει τα υπόλοιπα λεωφορεία που χρησιμοποιούν το κλειστό δρόμο, να τον αποφύγουν.
- Σε περίπτωση υπέρβασης της χωρητικότητας του λεωφορείου. Σε αυτή την περίπτωση ενημερώνεται ο υπεύθυνος, έγκαιρα, για την μεγάλη ανάγκη λεωφορείων. Μπορεί να στείλει επιπλέον λεωφορεία στο συγκεκριμένο δρομολόγιο για την έγκαιρη κάλυψη της ανάγκης.

4.2 Πιθανά προβλήματα

Παρά την προηγμένη τεχνολογία του συστήματος παρακολούθησης λεωφορείων που δημιουργήθηκε, υπάρχουν διάφορα τεχνικά και ηθικά ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την εφαρμογή της.

4.2.1 Τεχνικά Προβλήματα

Το πρώτο τεχνικό ζήτημα που παρατηρήθηκε είναι η αρχική μέτρηση συντεταγμένων GPS, μόλις ανοιχτεί η συσκευή καταμέτρησης. Την πρώτη φορά που ζητούνται συντεταγμένες, το σύστημα αργεί υπερβολικά να αρχικοποιηθεί και πολλές φορές δεν βγάζει καν αποτελέσματα. Πολλές φορές χρειάζεται να γίνει επανεκκίνηση του προγράμματος ανάκτησης συντεταγμένων αρκετές φορές, μέχρι να έρθει η πρώτη μέτρηση. Παρόλα αυτά μόλις έρθει η πρώτη μέτρηση συντεταγμένων, οι υπόλοιπες έρχονται ταχύτατα.

Η απόδοση της κεραίας GPS επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως ο καιρός και η θέση της. Σε κακές καιρικές συνθήκες ή όταν η κεραία δεν έχει «βλέπει» τον ουρανό, η λήψη των συντεταγμένων GPS μπορεί να γίνει αναξιόπιστη ή να μην είναι δυνατή καθόλου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα δεδομένα σχετικά με τη θέση του λεωφορείου, το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει την ακρίβεια των δεδομένων επιβίβασης-αποβίβασης των επιβατών.

Εκτός από το σήμα του GPS το σύστημα εξαρτάται και από τη σύνδεση 4G για τη μεταφορά δεδομένων. Αν υπάρχει πρόβλημα με τη σύνδεση, τα δεδομένα μπορεί να μην μεταδίδονται έγκαιρα ή καθόλου. Επιπλέον, ο κάθε πάροχος έχει διαφορετική κάλυψη σήματος σε κάθε περιοχή, οπότε θα πρέπει να διαλέξουμε SIM με τον καλύτερο δυνατό πάροχο. Φυσικά αν το σημείο που βρίσκεται η στάση είναι γεωγραφικά απαιτητικό (π.χ. βουνό), υπάρχει περίπτωση να μην υπάρχει σήμα γενικώς, με όποιον πάροχο κι γίνει προσπάθεια.

4.2.2 Ηθικά Προβλήματα

Αν και η τεχνολογία παρακολούθησης λεωφορείων μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη όσον αφορά τη βελτίωση των υπηρεσιών μεταφοράς και της ασφάλειας των επιβατών, προσκρούει επίσης σε δυνητικά ηθικά προβλήματα και ανήθικες καταστάσεις. Αυτά τα προβλήματα απαιτούν προσεκτική προσοχή και ουσιαστική αντιμετώπιση.

Στην περίπτωση που εισάγουμε 3D κάμερες καταμέτρησης δημιουργούνται κάποια βασικά ηθικά προβλήματα σε σχέση με την ασφάλεια προσωπικών δεδομένων. Το σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ότι παραβιάζει την ιδιωτικότητα των επιβατών, αν τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται καταχρηστικά ή χωρίς την σωστή ενημέρωση και συγκατάθεση των επιβατών. Τα άτομα έχουν δικαίωμα στην ιδιωτικότητα και αυτό το δικαίωμα μπορεί να παραβιαστεί μέσω της συνεχούς παρακολούθησης.

Φυσικά οι κάμερες που θα χρησιμοποιούνται στο σύστημά μας, δεν θα καταγράφουν βίντεο, καθώς κάτι τέτοιο δεν εξυπηρετεί τους σκοπούς του συγκεκριμένου συστήματος. Παρόλα αυτά, εφόσον οι κάμερες θα είναι δικτυωμένες μέσω 4G, υπάρχει ο κίνδυνος παραβίασης τους από hacker. Σε αυτήν την περίπτωση, ο hacker έχοντας τον πλήρη έλεγχο των καμερών θα μπορούσε να βιντεοσκοπήσει μέσω τον καμερών καταμέτρησης, παραβιάζοντας την ιδιωτικότητα των επιβατών.

Για να αποφευχθούν τέτοια ζητήματα, είναι κρίσιμη η επιμέλεια σε σχέση με τον τρόπο συλλογής, αποθήκευσης και χρήσης των δεδομένων. Επίσης, οι επιβάτες πρέπει να ενημερωθούν πλήρως για την παρακολούθηση και τη χρήση των δεδομένων τους. Εξασφαλίζοντας τη διαφάνεια, τις αρχές της απόλυτης συγκατάθεσης και το σεβασμό προς τα δικαιώματα των ατόμων, μπορούμε να βελτιώσουμε την τεχνολογία παρακολούθησης λεωφορείων χωρίς να εγείρουμε ηθικά προβλήματα.

Βιβλιογραφία

- [1] J. Zambada, R. Quintero, R. Quintero, R. Isijara, R. Galeana, and L. Santillan, “An IoT based scholar bus monitoring system,” *International Smart Cities Conference*, 2015, doi: 10.1109/isc2.2015.7366202.
- [2] F. He, L. Li, H. Yin, and X. Huang, “Bus Monitoring System Based on ZigBee and GPRS,” *International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring*, 2012, doi: 10.1109/cdciem.2012.49.
- [3] P. A. Kamble and R. Vatti, “Bus tracking and monitoring using RFID,” *International Conference on Intelligent Information Processing*, 2017, doi: 10.1109/iciip.2017.8313748.
- [4] O. M. Moushi, O. M. Moushi, M. M. Kamal, M. Kamal, M. Haque, and M. S. Ahsan, “Design and Development of an Online Bus Monitoring System,” *International Conference on Electrical and Control Engineering*, 2018, doi: 10.1109/icece.2018.8636790.
- [5] A. Sawant, P. Narayanan, O. Mourya, S. Adhangale, and G. Kedare, “GPS/GSM based School Bus Boarding-Deboarding and Location Notifying System,” *2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, pp. 534–539, 2023.
- [6] S. Sinha, “Implementation of Real Time Bus Monitoring and Passenger Information System,” *null*, 2013, doi: null.
- [7] M. A. Hannan, A. M. Mustapha, A. Hussain, and H. Basri, “Intelligent bus monitoring and management system,” *World Congress on Engineering*, 2012, doi: null.
- [8] N. Dhanasekar, C. Valavan, and S. Soundarya, “IoT based Intelligent Bus Monitoring System,” *International journal of engineering research and technology*, vol. 7, 2019, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212475360>
- [9] M. Kumari, A. Kumar, and A. Khan, “IoT Based Intelligent Real-Time System for Bus Tracking and Monitoring,” *2020 International Conference on Power Electronics & IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)*, 2020, doi: 10.1109/parc49193.2020.246240.
- [10] A. Anandkumar, K. Dinakaran, and T. Mani, “IoT enabled smart bus for COVID-19,” *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 64, pp. 639–642, 2022.
- [11] J. Sarraf, I. Priyadarshini, I. Priyadarshini, and P. K. Pattnaik, “Real Time Bus Monitoring System,” *null*, 2016, doi: 10.1007/978-81-322-2755-7_57.
- [12] D. Ingle and A. B. Bagwan, “Real-Time Analysis and Simulation of Efficient Bus Monitoring System,” *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 2018, doi: 10.1109/iceca.2018.8474832.
- [13] R. Godwin and E. Abishablesy, “SMART SCHOOL BUS MONITORING SYSTEM USING IOT,” *null*, 2018, doi: null.
- [14] J. He, J. He, Y. Zhang, M. Zhou, and Y. Han, “The Design and Implementation of Real-Time Bus Monitoring Based on 4G Mobile Internet,” *null*, 2016, doi: 10.2991/ncece-15.2016.212.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Τεχνικές Προδιαγραφές

Specifications

FREQUENCY BAND	
LTE Cat-4	LTE-FDD: B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B12/B13/B18/B19/B20/B25/B26/B28/B66 LTE-TDD: B34/B38/B39/B40/B41
3G	UMTS/HSDPA/HSPA+: B1/B2/B4/B5/B6/B8/B19
2G	GSM/GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900 MHz
GNSS	
Satellite systems	GPS/Beidou/GLONASS/GALILEO/QZSS
Receiver type	16-channel
	C/A Code
Sensitivity	-159 dBm (GPS) / -158 dBm (GLONASS) / TBD (BeiDou)
	Cold starts: -148 dBm
Time-To-First-Fix (open air)	Cold starts: <35s
	Hot starts: <1s
SMS AND AUDIO	
SMS	Supported types: MT, MO, CB, Text, PDU
	Storage: USIM card and ME (default)
Audio feature	Supports echo cancellation
	Supports noise reduction
OTHER	
Power supply	5V
Operating voltage	5V / 3.3V (configured via jumper)
Operating temperature	-30°C ~ 80°C
Storage temperature	-45°C ~ 90°C
Dimensions	56.21mm × 65.15mm

Selection Guide

	SIM7600CE-JT1S	SIM7600CE-T	SIM7600E	SIM7600E-H	SIM7600A-H	SIM7600G-H
Applicable regions	China		Europe/Southeast Asia/West Asia/Africa/China/South Korea		North America	Global
Band						
LTE Cat-4	LTE-FDD B1/B3/B5/B8 LTE-TDD B38/B39/B40/B41		LTE-FDD B1/B3/B5/B7/B8/B20 LTE-TDD B38/B40/B41		LTE-FDD B2/B4/B12	LTE-FDD B1/B2/B3/B4/B5/B7 /B8/B12/B13/B18/B19 /B20/B25/B26/B28/B66 LTE-TDD B34/B38 /B39/B40/B41
3G	UMTS/HSDPA/HSPA+ B1/B8 TD-SCDMA B34/B39 CDMA 1X/EVDO BC0		UMTS/HSPA+ B1/B5/B8		UMTS/HSPA+ B2/B5	UMTS/HSDPA/HSPA+ B1/B2/B4/B5/B6/B8/B19
2G	GSM/GPRS/EDGE 900/1800 MHz				N/A	GSM/GPRS/EDGE 850/900/1800/1900MHz
GNSS	N/A	GPS/Beidou/GLONASS/GALILEO/QZSS				
Data Rate						
LTE Cat-4	150Mbps(DL)/50Mbps(UL)		N/A	150Mbps(DL)/50Mbps(UL)		
LTE Cat-1	N/A		10Mbps(DL) /5Mbps(UL)	N/A		
3G (HSPA+)	42Mbps(DL)/5.76Mbps(UL)					
2G (EDGE)	236.8Kbps(DL/UL)				N/A	236.8Kbps(DL/UL)
2G (GPRS)	85.6Kbps(DL/UL)				N/A	85.6Kbps(DL/UL)
Software Features						
Network protocol	TCP/IP/IPV4/IPV6/Multi-PDP/FTP/FTPS/HTTP/HTTPS/DNS					
Dial-up protocol	PPP/NDIS/RNDIS					
USB driver	Windows XP/7/8/10, Linux (driver free for Raspbian)					
Hardware Interfaces						
SIM card slot	Compatible with 1.8V and 3V SIM card					
UART	Supports AT commands through UART, compatible with 3.3V/5V operating voltage					
USB port	Supports AT commands testing, network communication, firmware upgrading, etc.					
USB to UART	Supports serial debugging, or login to Raspberry Pi					
Audio jack	Supports audio actions like making telephoto call					
TF card slot	Yes, for storing data like files, messages, etc.				N/A	Yes
Antenna connector	LTE main antenna	LTE main antenna + LTE diversity antenna + GNSS antenna				
Applications						
Examples	Healthcare, smart payment, Internet talk, environmental monitoring, energy monitoring, fleet management, smart industry, intelligent agriculture, etc.					