



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**Διαδίκτυο των πραγμάτων στο αυτοκίνητο:**  
**Ανιχνευτής κινδύνων οδοστρώματος από αισθητήρες**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**Αυξωνίδα Βασίλειου**

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Κωσταντίνος Μαλιάτσος

**Μέλη εξεταστικής επιτροπής:** Μαρία Καρύδα, Δημήτριος Σκούτας

Σάμος, Απρίλιος 2023

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

## Πρόλογος και ευχαριστίες

Επιθυμώ να αποδώσω τις ευχαριστίες μου στα πρόσωπα που με βοήθησαν και με υποστήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, κύριο Κωσταντίνο Μαλιάτσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου αυτή την εργασία, την υπομονή και την πολύτιμη καθοδήγησή καθ' όλη την διάρκεια έως την εκπόνηση αυτής.

Το μεγαλύτερο όμως ευχαριστώ, το χρωστάω κυρίως στους γονείς μου Μαρία και Αριστείδη, που μου έδωσαν τη δυνατότητα να σπουδάσω και να εξελιχθώ, που πάντα με στηρίζουν στις επιλογές που παίρνω, και που είναι δίπλα μου σε κάθε βήμα μου. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους φίλους μου που ήταν εκεί όταν χρειάστηκε και μου υπενθύμιζαν να μην παραιτούμαι από τους στόχους μου.

© 2023

του

Αυξωνίδα Βασίλειου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

## Πίνακας περιεχομένων

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Ευχαριστίες .....                                                   |           |
| Λίστα Σχημάτων .....                                                | 3         |
| Λίστα Εικόνων .....                                                 | 4         |
| Ακρωνύμια .....                                                     | 6         |
| Περίληψη .....                                                      | 8         |
| Abstract .....                                                      | 9         |
| <b>1 Εισαγωγή .....</b>                                             | <b>10</b> |
| 1.1 Οχημα και IoT .....                                             | 10        |
| 1.2 Αντικείμενο διπλωματικής .....                                  | 11        |
| 1.3 Δομή της διπλωματικής .....                                     | 11        |
| <b>2 Τεχνολογίες που Χρησιμοποιούνται στην Εργασία .....</b>        | <b>13</b> |
| 2.1 IoT- (Internet of Things) .....                                 | 13        |
| 2.1.1 Αρχιτεκτονική IoT .....                                       | 14        |
| 2.1.2 Χαρακτηριστικά IoT .....                                      | 16        |
| 2.1.3 Τομείς Εφαρμογής του IoT .....                                | 17        |
| 2.1.3.1 Εισαγωγή του IoT στο Σπίτι (Εξυπνο Σπίτι) .....             | 18        |
| 2.1.3.2 Εισαγωγή του IoT στο Περιβάλλον (Εξυπνο Περιβάλλον) .....   | 18        |
| 2.1.3.3 Εισαγωγή του IoT στην Υγεία (Εξυπνη Υγεία) .....            | 19        |
| 2.1.3.4 Εισαγωγή του IoT στην Γεωργία (Εξυπνη Γεωργία) .....        | 19        |
| 2.1.3.5 Εισαγωγή του IoT στο Λιανικό Εμπόριο (Εξυπνο Εμπόριο) ..... | 19        |
| 2.1.3.6 Εισαγωγή του IoT στην Αυτοκίνηση .....                      | 20        |
| 2.1.3.7 Εισαγωγή του IoT στην Πόλη (Εξυπνη Πόλη) .....              | 20        |
| 2.2 Επιλογή Τομέα Εφαρμογής του IoT .....                           | 21        |
| 2.3 MQTT (Message Queue Telemetry Transport) .....                  | 21        |
| 2.3.1 Πλεονεκτήματα MQTT .....                                      | 22        |
| 2.3.2 Λόγοι Επιλογής του MQTT στην εφαρμογή αυτοκινήτου .....       | 23        |
| 2.4 Raspberry Pi .....                                              | 24        |
| 2.4.1 Γενιές Raspberry Pi και Μοντέλα .....                         | 24        |
| 2.4.2 Hardware του Raspberry Pi .....                               | 25        |
| 2.4.2.1 Επεξεργαστής Raspberry Pi .....                             | 26        |
| 2.4.2.1 RAM Raspberry Pi .....                                      | 27        |
| 2.4.3 Λογισμικό του Raspberry Pi .....                              | 28        |
| 2.5 LPMS-UTTL2 .....                                                | 28        |

|          |                                                                                                       |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3</b> | <b>Δημιουργία και παραμετροποίηση Πληροφοριακού Συστήματος .....</b>                                  | <b>29</b> |
| 3.1      | Σκοπός και στόχοι της υλοποίησης.....                                                                 | 29        |
| 3.2      | Δημιουργία πληροφοριακού συστήματος .....                                                             | 31        |
| 3.3      | Ανάλυση πληροφοριακού συστήματος.....                                                                 | 50        |
| <b>4</b> | <b>ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ Π.Σ. ....</b>                                   | <b>53</b> |
| 4.1      | Πρώτη ιδέα.....                                                                                       | 53        |
| 4.2      | Δεύτερη ιδέα .....                                                                                    | 54        |
| 4.3      | Τρίτη ιδέα.....                                                                                       | 55        |
| 4.4      | Τέταρτη ιδέα .....                                                                                    | 56        |
| <b>5</b> | <b>Συμπεράσματα και Σύνοψη.....</b>                                                                   | <b>57</b> |
| 5.1      | Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία.....                                                                 | 58        |
|          | <b>Βιβλιογραφία .....</b>                                                                             | <b>59</b> |
|          | <b>Παράρτημα Ι [Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος] .....</b> | <b>61</b> |
|          | <b>Παράρτημα ΙΙ [Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος].....</b> | <b>63</b> |
|          | <b>Παράρτημα ΙΙΙ [Αρχείο τύπου CSV ] .....</b>                                                        | <b>66</b> |
|          | <b>Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα.....</b>                                                                 | <b>67</b> |

## Λίστα Σχημάτων

|         |                                                     |    |
|---------|-----------------------------------------------------|----|
| Σχήμα 1 | Αρχιτεκτονική έξι επιπέδων IoT                      | 15 |
| Σχήμα 2 | IoT και η εφαρμογή του σε Διάφορους Τομείς          | 18 |
| Σχήμα 3 | Μοντέλο Δημοσίευσης/ Εγγραφής του MQTT              | 22 |
| Σχήμα 4 | Διάγραμμα Πληροφορικού Συστήματος                   | 41 |
| Σχήμα 5 | Μέρος του διαγράμματος του Πληροφοριακού Συστήματος | 50 |
| Σχήμα 6 | Μέρος του διαγράμματος του Πληροφοριακού Συστήματος | 51 |
| Σχήμα 7 | Μέρος του διαγράμματος του Πληροφοριακού Συστήματος | 51 |

## Λίστα Εικόνων

|           |                                                                                                          |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1  | Raspberry Pi 4 Model B                                                                                   | 25 |
| Εικόνα 2  | Raspberry Pi Zero                                                                                        | 25 |
| Εικόνα 3  | Raspberry Pi Pico                                                                                        | 25 |
| Εικόνα 4  | LPMS-UTTL2                                                                                               | 28 |
| Εικόνα 5  | Εκκίνηση Mosquitto Broker                                                                                | 31 |
| Εικόνα 6  | Έλεγχος Λειτουργίας Του Broker Δημιουργία Ενός Subscriber Για Δοκιμές                                    | 31 |
| Εικόνα 7  | Επιβεβαίωση Σύνδεσης Του Sub                                                                             | 32 |
| Εικόνα 8  | Αποστολή Μηνύματος Hello Word Και Λήψη Από Τον Sub                                                       | 32 |
| Εικόνα 9  | Δημιουργία Configuration File                                                                            | 33 |
| Εικόνα 10 | Εκκίνηση Του Mosquitto Broker Με Χρήση Του Configuration File                                            | 33 |
| Εικόνα 11 | Επιβεβαίωση Του Sub Στην Οθόνη Του Broker                                                                | 34 |
| Εικόνα 12 | Αποστολή Δοκιμαστικού Μηνύματος Από Publisher                                                            | 34 |
| Εικόνα 13 | Επιβεβαίωση Λήψης Στην Οθόνη Του Broker                                                                  | 35 |
| Εικόνα 14 | Εγκατάσταση Του Mosquitto                                                                                | 35 |
| Εικόνα 15 | Ενεργοποίηση Της Υπηρεσίας Mosquitto Services                                                            | 36 |
| Εικόνα 16 | Ενεργοποίηση Του Mosquitto Domain                                                                        | 36 |
| Εικόνα 17 | Σύνδεση Με Τον Broker Ως Sub Στο Topic Iot/Test Για Την Μεταξύ Τους Επικοινωνία                          | 37 |
| Εικόνα 18 | Επιβεβαίωση Λήψης Στην Οθόνη Του Sub                                                                     | 37 |
| Εικόνα 19 | Λειτουργία Του Προγράμματος Python                                                                       | 38 |
| Εικόνα 20 | Εγκατάσταση Grafana                                                                                      | 38 |
| Εικόνα 21 | Επιβεβαίωση Λειτουργίας Του Grafana                                                                      | 39 |
| Εικόνα 22 | Σύνδεση Στο Grafana                                                                                      | 39 |
| Εικόνα 23 | Παραμετροποίηση Του Configuration File Του Grafana Για Σύνδεση Το Τοπικό Δίκτυο                          | 40 |
| Εικόνα 24 | Αρχική Σελίδα Grafana                                                                                    | 40 |
| Εικόνα 25 | Mysql Database                                                                                           | 41 |
| Εικόνα 26 | Αρχείο Csv Από Οδήγηση Σε Δρόμο Χωρίς Ιδιαίτερες Κακουχίες                                               | 42 |
| Εικόνα 27 | Αρχείο Csv Από Οδήγηση Σε Δρόμο Με Κακουχίες Απότομες Στροφές Και Φρεναρίσματα                           | 42 |
| Εικόνα 28 | Συγκριτικά Γραφήματα Σε Matlab Από Τα Αρχεία Csv Σε Ομαλό (Μπλε) Και Μη Ομαλό (Πορτοκαλί) Δρόμο Άξονας Z | 43 |
| Εικόνα 29 | Συγκριτικά Γραφήματα Σε Matlab Από Τα Αρχεία Csv Σε Ομαλό (Μπλε) Και Μη Ομαλό (Πορτοκαλί) Δρόμο Άξονας Y | 44 |
| Εικόνα 30 | Συγκριτικά Γραφήματα Σε Matlab Από Τα Αρχεία Csv Σε Ομαλό (Μπλε) Και Μη Ομαλό (Πορτοκαλί) Δρόμο Άξονας X | 44 |
| Εικόνα 31 | Raspberry Pi Model 3 Model B Με Επιπρόσθετη Πλακέτα Led Για Εμφάνιση Ενδείξεων                           | 45 |
| Εικόνα 32 | Λειτουργικό Αισθητήρα Lpms Control Που Φαίνεται Στο Πρώτο Γράφημα Η Αναπήδηση Του Αυτοκίνητου            | 45 |
| Εικόνα 33 | Στιγμιότυπο Οθόνης Από Google Maps Το Σημείο Του Συμβάντος                                               | 46 |
| Εικόνα 34 | Κατάσταση Οδοστρώματος                                                                                   | 46 |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 35 | Λειτουργικό Αισθητήρα Lrms Control Που Φαίνεται Στο Πρώτο Γράφημα Απότομο Φρενάρισμα Και Δεξιά Στροφή                                                                                                                                                                               | 47 |
| Εικόνα 36 | Στιγμιότυπο Οθόνης Από Google Maps Το Σημείο Του Συμβάντος                                                                                                                                                                                                                          | 47 |
| Εικόνα 37 | Κατάσταση Οδοστρώματος Και Στροφή                                                                                                                                                                                                                                                   | 47 |
| Εικόνα 38 | Στο Διάγραμμα Αυτό Φαίνεται Μια Πορία Με Τα Φρεναρίσματα Πριν Από Μία Πιθανή Κακουχίας Οδοστρώματος .                                                                                                                                                                               | 48 |
| Εικόνα 39 | Στο Διάγραμμα Φαίνονται Μετα Από Κανικοποίηση Που Χρειάστηκε Μόνο Τα Φρεναρίσματα Τα Οποία Είναι Πάνω Απο 0.61G, Και Αυτό Γιατι Πανω Απο 0.61G Θεωρείται Πολύ Απότομο Φρενάρισμα Που Αυτό Υποδιλώνει Σε Συνδιασμο Με Τις Μεταβολές Στον Άξονα Z Την Ύπαρξη Κακουχίας Στο Οδόστρωμα. | 49 |

## Ακρωνύμια

|                    |                                                                                         |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| API                | APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE                                                       |
| CPU                | CENTRAL PROCESSING UNIT                                                                 |
| CCAM               | CONNECTED COOPERATIVE AUTONOMOUS MOBILITY                                               |
| CSV                | COMMA-SEPARATED VALUES                                                                  |
| DDS                | DATA DELIVERY SERVICE                                                                   |
| DIY Do It Yourself | DO IT YOURSELF                                                                          |
| eMMC               | EMBEDDED MULTIMEDIACARD                                                                 |
| GSM                | GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION                                                  |
| GB                 | GIGABYTE                                                                                |
| GHz                | GIGAHERTZ                                                                               |
| GPU                | GRAPHICS PROCESSING UNIT                                                                |
| GPIO               | GENERAL PURPOSE INPUT/OUTPUT                                                            |
| GPS                | GLOBAL POSITIONING SYSTEM                                                               |
| HDMI               | HIGH-DEFINITION MULTIMEDIA INTERFACE                                                    |
| IOT                | INTERNET OF THINGS                                                                      |
| IBM                | INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION                                             |
| IP                 | INTERNET PROTOCOL                                                                       |
| IPv4               | INTERNET PROTOCOL VERSION 4                                                             |
| IPv6               | INTERNET PROTOCOL VERSION 5                                                             |
| IEEE               | INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS.                                      |
| KB                 | KILOBYTE                                                                                |
| MQTT               | MESSAGE QUEUE TELEMETRY TRANSPORT                                                       |
| MHz                | MEGAHERTZ                                                                               |
| MB                 | MEGABYTE                                                                                |
| MySQL              | STRUCTURED QUERY LANGUAGE ("MY", THE NAME OF CO-FOUNDER MICHAEL WIDENIUS'S DAUGHTER MY) |
| NIST               | NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY                                          |

|       |                                          |
|-------|------------------------------------------|
| OTG   | ON THE GO ADAPTER                        |
| QoS   | QUALITY OF SERVICE                       |
| RFID  | RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION           |
| RAM   | RANDOM ACCESS MEMORY                     |
| SSL   | SECURE SOCKETS LAYER                     |
| SoC   | SECURITY OPERATIONS CENTER               |
| SiP   | SINGLE INLINE PACKAGE                    |
| SSD   | SOLID-STATE DRIVE                        |
| SDRAM | SYNCHRONOUS DYNAMIC RANDOM-ACCESS MEMORY |
| TCP   | TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL            |
| TLS   | TRANSPORT LAYER SECURITY                 |
| USB   | UNIVERSAL SERIAL BUS                     |
| WSN   | WIRELESS SENSOR NETWORK                  |
| WiFi  | WIRELESS FIDELITY                        |
| Π.Σ.  | ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ                     |

## Περίληψη

Οι σύγχρονοι ρυθμοί ζωής και η ανάγκη χρήσης της τεχνολογίας για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών έχει γίνει καθημερινότητα για τους περισσότερους ανθρώπους. Επιπλέον η ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας και η εισχώρηση της σε όλους τους τομείς της καθημερινότητας είναι πλέον επιθυμητή, για την αυτοματοποιημένη επίλυση θεμάτων που προκύπτουν και την μείωση των χρόνων απόκρισης. Για τον λόγο αυτό η τεχνολογία έχει εισαχθεί σε πολλούς τομείς της ζωής, όπως τον τομέα της υγείας, του περιβάλλοντος, της αυτοκίνησης, της μεταφοράς. Στον τομέα της αυτοκίνησης μέχρι τώρα ένα όχημα καταφέρνει να βοηθήσει τον οδηγό live υπενθυμίζοντάς του την θέση του ανάμεσα στην λωρίδα, βελτιώνοντας τα αντανακλαστικά του κατά το φρενάρισμα καθώς και παρακολουθώντας εαν είναι κουρασμένος και χρειάζεται ξεκούραση ή όχι. Ωστόσο δεν μπορεί να τον ειδοποιήσει για προπορευόμενη ανωμαλία στο δρόμο ή ακόμα και για μια απότομη εναλλαγή κατεύθυνσης λόγω της λανθασμένης συντήρησης του οδοστρώματος.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία μπορεί να συμβάλλει στον τομέα της αυτοκίνησης και μεταφοράς και συγκεκριμένα στην ασφαλέστερη οδήγηση, μέσω ενός συστήματος που θα προβλέπει τυχόν αυτοκινητιστικά ατυχήματα που οφείλονται λόγω της λανθασμένης ή κακής συντήρησης του οδοστρώματος. Πιο συγκεκριμένα δημιουργείται ένα Πληροφοριακό Σύστημα, το οποίο λαμβάνει δεδομένα κατά την οδήγηση του οχήματος με αισθητήρες, με αποτέλεσμα να εξάγει πληροφορίες και συμπεράσματα για το οδόστρωμα καθώς και για τον τρόπο οδήγησης του οχήματος, αλλά παράλληλα καταφέρνει να ενημερώσει τους αρμόδιους φορείς για την κατάλληλη συντήρηση του οδοστρώματος και να προλάβει κατ' αυτόν τον τρόπο τυχόν ατυχήματα που οφείλονται στα "κενά" συντήρησης του οδοστρώματος.

Προκειμένου να γίνει πιο κατανοητό το περιεχόμενο της εργασίας παρουσιάζονται και αναλύονται αρχικά οι τεχνολογίες, το hardware και οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση του Πληροφοριακού Συστήματος, δηλαδή το IoT, το Raspberry Pi και το MQTT. Ο λόγος που γίνεται αυτή η περιγραφή των τεχνολογιών είναι για να γίνει κατανοητό το εύρος που μπορεί να φτάσει και οι δυνατότητες που έχει η κάθε τεχνολογία. Επίσης αναλύονται οι τομείς στους οποίους έχει συμβάλλει η τεχνολογία και εξηγείται γιατί επιλέχθηκε ο τομέας της αυτοκίνησης.

Κατόπιν παρουσιάζεται η υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος και η χρήση του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξή του ενώ πραγματοποιείται παράλληλα και η ανάλυσή του μέσα από διάφορα πραγματικά σενάρια οδήγησης που καταγράφονται με screenshots και δείχνουν τη λειτουργία και τα αποτελέσματα που εξάγει το σύστημα με διαγράμματα σε καθημερινές συνθήκες οδήγησης.

Τέλος γίνεται η πρόταση τεσσάρων ιδεών, οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν μελλοντικά με την χρήση του εκάστοτε Πληροφοριακού Συστήματος που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας.

**Λέξεις Κλειδιά:** Πληροφοριακό Σύστημα, single board computers, MQTT, IoT, Οδόστρωμα, Όχημα, Αυτοκίνηση, Πρόβλεψη Ατυχήματος, Αισθητήρες.

## Abstract

Modern lifestyles and the need to use technology to meet daily needs has now become a way of everyday life for most people. In addition, the rapid development of technology and its penetration into all areas of everyday life is now desirable, for the automated resolution of issues that arise and the reduction of response times. For this reason, technology has been introduced in many areas of life, such as health, environment, motoring, transportation. In the field of motoring so far a vehicle manages to help the driver live by reminding him of his position in the middle of the lane, improving his reflexes when braking as well as monitoring if he is tired and needs rest or not. However, it cannot alert him to an upcoming bump in the road or even a sharp change of direction due to poor road surface maintenance.

In the context of this work, the way in which technology can contribute to the field of motoring and transportation, and specifically to safer driving, is examined through a system that will predict any automobile accidents due to incorrect or poor maintenance of the road surface. More specifically, an Information System is created, which receives data while driving the vehicle with sensors, as a result of which it extracts information and conclusions about the road surface as well as the way the vehicle is driven, but at the same time it manages to inform the competent bodies for appropriate maintenance of the road surface and thus prevent any accidents due to the "gaps" in the maintenance of the road surface.

In order to make the content of the work easier to understand, the hardware and technologies initially used in the implementation of the Information System, i.e. IoT, Raspberry Pi and MQTT, are presented and analyzed. The reason for this description of the technologies is to understand the range that each technology can reach and the possibilities that each technology has. It also analyzes the areas in which technology has contributed and explains why the automotive sector was chosen.

Then the implementation of the information system and the use of the code used for its development are presented, while at the same time its analysis is carried out through various real driving scenarios recorded with screenshots and showing the operation and the results that the system outputs with diagrams in daily driving conditions.

Finally, four ideas are proposed, which can be implemented in the future using the respective Information System developed in the context of the work.

**Keywords:** *Information System, single board computers, MQTT, IoT, Pavement, Vehicle, Automotive, Accident Prediction, Sensors.*

# 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Όχημα και IoT

Η αυτοκινητοβιομηχανία υπάρχει εδώ και αρκετό καιρό και έχει εξελιχθεί από παλαιότερα, αλλά ο σημαντικός μετασχηματισμός που συμβαίνει αυτή την εποχή, από οχήματα που οδηγούνται από ανθρώπους σε οχήματα που οδηγούνται μόνο τους (connected cooperative autonomous mobility – CCAM), θα έχει μακροπρόθεσμο αντίκτυπο στην κοινωνία. Τα σημερινά αυτοκίνητα είναι ήδη συνδεδεμένα και έχουν συνδεθεί εδώ και αρκετό καιρό στο Internet, ενώ μπορούν να συνδεθούν με smartphone, να προσφέρουν οδική βοήθεια έκτακτης ανάγκης, να καταχωρούν ειδοποιήσεις κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο κ.λπ

Η αυτοκινητοβιομηχανία βρίσκεται στα πρόθυρα μιας επανάστασης, και έχει προχωρήσει στη βιομηχανία αυτόνομων αυτοκινήτων και η κινητήρια δύναμη πίσω από αυτό, είναι η ταχέως αναπτυσσόμενη τεχνολογία, του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Το IoT μεταμορφώνει την αυτοκινητοβιομηχανία και ταυτόχρονα, η αυτοκινητοβιομηχανία δίνει μεγάλη ώθηση στο IoT.

Αναμφίβολα το σημαντικότερο σε μία βόλτα, ένα ταξίδι, μια καθημερινή διαδρομή με το όχημα το είναι ασφάλεια. Υπάρχουν άμεσα οφέλη όσον αφορά τη χρήση της τεχνολογίας, το διαδίκτυο των πραγμάτων στο χώρο του αυτοκινήτου σίγουρα εμπεριέχεται. Μέχρι τώρα μας έχουν δείξει ότι έχουν βοηθήσει πάρα πολύ στην ασφάλεια παραδείγματα, όπως το cruise control που γίνεται με τη βοήθεια αισθητήρων, το keep lane assist που γίνεται κι αυτό με την βοήθεια αισθητήρων κι άλλα παρόμοια παραδείγματα. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει κάποιο που να προειδοποιεί προς το παρόν τον χρήστη για την κατάσταση του οδοστρώματος ή ένα φίλτρο στο “google maps” για διαδρομή με βέλτιστο οδικό δίκτυο, όπως είναι το φίλτρο της απόστασης, της κίνησης, των διοδίων. Σκοπός λοιπόν είναι να αντιμετωπιστούν κάποια από τα ζητήματα αυτά μέσω της εργασίας.

## **1.2 Αντικείμενο διπλωματικής**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπως προκύπτει και από τον τίτλο «Διαδίκτυο των πραγμάτων στο αυτοκίνητο: Ανιχνευτής κινδύνων οδοστρώματος από αισθητήρες», είναι αρχικά να συμβάλλει στην ανίχνευση των κινδύνων - φθορών που ενέχει ένα οδόστρωμα, όπως για παράδειγμα λακκούβες, ατέλειες επιφανειακής στρώσης, παραμορφώσεις επιφανειακής στρώσης καθώς και ρηγματώσεις, και έπειτα να συνεισφέρει στην καλύτερη και ευκολότερη αντιμετώπιση αυτών των φθορών που μπορούν να αποβούν επικίνδυνα μοιραία για τα οχήματα.

Σκοπός επίσης της εργασίας αποτελεί και η δημιουργία ενός πληροφοριακού συστήματος, του οποίου ο ρόλος είναι να πραγματεύεται μια επικοινωνία μεταξύ ενός αισθητήρα σε ένα όχημα που κινείται στον δρόμο και μιας βάσης δεδομένων που λαμβάνει δεδομένα από τον αισθητήρα, τα οποία στην συνέχεια αναλύει με αποτέλεσμα να εξάγει πληροφορίες και συμπεράσματα για το οδόστρωμα καθώς και για τον τρόπο οδήγησης του οχήματος. Το συγκεκριμένο σύστημα δύναται να εγκατασταθεί σε πολλά αυτοκίνητα για συνολική και συνεργατική ανίχνευση κινδύνων στο οδόστρωμα.

Η δημιουργία αυτού του πληροφοριακού συστήματος επιπλέον επιτρέπει την έγκαιρη ενημέρωση των δημόσιων και γενικά των φορέων που είναι υπεύθυνοι για την συντήρηση και επισκευή των οδοστρωμάτων, αλλά και να προλάβει τυχόν ατυχήματα και να αποτιμήσει την επικινδυνότητα που μπορεί να προκαλέσει μια φθορά με την πιθανή ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης.

## **1.3 Δομή της διπλωματικής**

Η ανάπτυξη της παρούσας εργασίας υλοποιείται μέσω της ανασκόπησης βιβλιογραφικών πηγών, διαδικτυακών άρθρων και εικονοποιημένου υλικού δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην χρονολογία που έχουν γραφτεί ή καταγραφεί τα παραπάνω για να ανταποκρίνονται όσο περισσότερο γίνεται στο σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον.

Στο Κεφάλαιο 1 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζονται κάποιες γενικές πληροφορίες για την χρήση του IoT στα οχήματα, τα πλεονεκτήματα που έχουν δημιουργηθεί με την χρήση αυτή καθώς και το αντικείμενο της εργασίας. Το Κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει στοιχεία γύρω από το IoT και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του Πληροφοριακού Συστήματος όπως τα Single Board Computers (στην περίπτωση μας το Raspberry Pi) και το MQTT. Επίσης σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι τομείς που έχει εισαχθεί γενικότερα το IoT καθώς και ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε να αναλυθεί η χρήση του IoT στον τομέα της αυτοκίνησης. Το Κεφάλαιο 3 πραγματεύεται αναλυτικά την υλοποίηση και την παραμετροποίηση του πληροφοριακού συστήματος, κάθε βήμα δηλαδή που ακολουθήθηκε με στοχευμένα στιγμιότυπα οθόνης ώστε να γίνει κατανοητό από τον αναγνώστη το μοντέλο επικοινωνίας που

χρησιμοποιήθηκε και μερικά χαρακτηριστικά για το υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε. Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται τέσσερα σενάρια που μπορούν να βασιστούν στο πληροφοριακό σύστημα που έχει υλοποιηθεί για μελλοντική χρήση και προτείνονται ιδέες για μελλοντικές διατριβές ή και υλοποιήσεις. Τέλος στο Κεφάλαιο 5 αποτυπώνονται τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από την ολοκλήρωση της έρευνας και την ανάλυση των ευρημάτων, ενώ δίνονται συμπερασματικά ορισμένα κομμάτια κώδικα, που χρησιμοποιήθηκαν για τον προγραμματισμό και την ανάπτυξη του Πληροφοριακού Συστήματος.

# 2

## *Τεχνολογίες που Χρησιμοποιούνται στην Εργασία*

### *2.1 IoT – (Internet of Things )*

Η συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει δημιουργήσει έναν αιώνα γεμάτο με σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα. Το IoT – (Internet of Things) [1], γνωστό και ως Διαδίκτυο των Πραγμάτων, είναι ένα από τα πιο σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα του 20ου αιώνα, αλλά και του 21ου αιώνα που διανύουμε, καθώς συνδέει πολλά φυσικά αντικείμενα, συσκευές, οχήματα, κτίρια και άλλα αντικείμενα που είναι ενσωματωμένα με ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικό, αισθητήρες τα οποία συνδέονται σε ένα δίκτυο προκειμένου να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους.

Το IoT (Internet of Things) ορίστηκε για πρώτη φορά από τον πρωτοπόρο της τεχνολογίας με καταγωγή από την Βρετανία, Kevin Ashton, προκειμένου να περιγράψει ένα σύστημα στο οποίο αντικείμενα του φυσικού κόσμου θα μπορούσαν μέσω της χρήσης αισθητήρων να συνδεθούν με το Διαδίκτυο προκειμένου να ανταλλάσσουν πληροφορία και δεδομένα. Η βασική ιδέα του IoT είναι να επιτρέπει την αυτόνομη ανταλλαγή χρήσιμων πληροφοριών μεταξύ αόρατα ενσωματωμένων διαφορετικών, μοναδικά αναγνωρίσιμων συσκευών πραγματικού κόσμου γύρω μας, που τροφοδοτούνται από τεχνολογίες όπως η Αναγνώριση Ραδιοσυχνοτήτων (RFID)<sup>1</sup> και τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητηρίων (WSN)<sup>2</sup> τα οποία ανιχνεύονται από τις συσκευές αισθητήρα και υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία για λήψη αποφάσεων, βάσει των οποίων εκτελείται μια

---

<sup>1</sup> Radio Frequency Identification : Γενικός όρος των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν Ραδιοκύματα.

<sup>2</sup> Wireless Sensor Network : Αποτελείται από αισθητήρες για τη παρακολούθηση φυσικών/ περιβαλλοντολογικών συνθηκών.

αυτοματοποιημένη ενέργεια [1]. Παρόλο τον βασικό ορισμό, υπάρχουν διάφορες έννοιες από Παγκόσμιους Οργανισμούς που περιγράφουν το IoT. Μεταξύ αυτών των οργανισμών το IEEE<sup>3</sup> ορίζει το Internet-of-Things ως «Ένα δίκτυο αντικειμένων-το καθένα ενσωματωμένο με αισθητήρες- που είναι συνδεδεμένο στο Διαδίκτυο» ενώ με βάση τον NIST<sup>4</sup> «Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων περιλαμβάνει τη σύνδεση έξυπνων συσκευών και συστημάτων σε διάφορους τομείς όπως οι μεταφορές, η ενέργεια, η κατασκευή και η υγειονομική περίθαλψη με θεμελιωδώς νέους τρόπους». Παρακάτω στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική και συγκεκριμένα τα επίπεδα από τα οποία αποτελείται το IoT, παρουσιάζονται επιπλέον τα χαρακτηριστικά του IoT ενώ περιγράφονται αναλυτικά και οι τομείς στους οποίους το IoT βρίσκει εφαρμογή.

### **2.1.1 Αρχιτεκτονική IoT**

Αρχιτεκτονικά το IoT αποτελείται από έξι επίπεδα, (Σχήμα 1),: a) Το επίπεδο Κωδικοποίησης (Coding Layer), b) Το επίπεδο Αντίληψης (Perception Layer), c) Το επίπεδο Δικτύου (Network Layer), d) Το επίπεδο Middleware (Middleware Layer), e) Το επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer) και f) Το Επιχειρησιακό επίπεδο (Business Layer).

- a) Επίπεδο Κωδικοποίησης (Coding Layer) : Το επίπεδο κωδικοποίησης είναι το θεμέλιο του IoT .Σε αυτό το επίπεδο, σε κάθε αντικείμενο εκχωρείται ένα μοναδικό αναγνωριστικό που καθιστά εύκολο να διακρίνουμε τα αντικείμενα [3].
- b) Επίπεδο Αντίληψης (Perception Layer) : Αυτό είναι το επίπεδο συσκευής του IoT που δίνει ένα φυσικό νόημα σε κάθε αντικείμενο. Αποτελείται από αισθητήρες δεδομένων σε διάφορες μορφές όπως ετικέτες RFID, αισθητήρες υπέρυθρων ή άλλα σύνολα αισθητήρων [4] που θα μπορούσαν να ανιχνεύσουν τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα και τη θέση των αντικειμένων. Αυτό το επίπεδο συλλέγει τις χρήσιμες πληροφορίες των αντικειμένων από τις συσκευές αισθητήρων που συνδέονται με αυτά και μετατρέπει τις πληροφορίες σε ψηφιακά σήματα τα οποία στη συνέχεια περνούν στο επίπεδο δικτύου για περαιτέρω ενέργειες.
- c) Επίπεδο Δικτύου (Network Layer) : Ο σκοπός αυτού του επιπέδου είναι να λαμβάνει τις χρήσιμες πληροφορίες με τη μορφή ψηφιακών σημάτων από το Επίπεδο Αντίληψης και να τις μεταδίδει στα συστήματα επεξεργασίας στο επίπεδο Middleware μέσω των μέσων μετάδοσης όπως WiFi, Bluetooth, WiMaX, Zigbee, GSM, 3G και πρωτόκολλα όπως IPv4, IPv6, MQTT, DDS κ.λπ. [5].

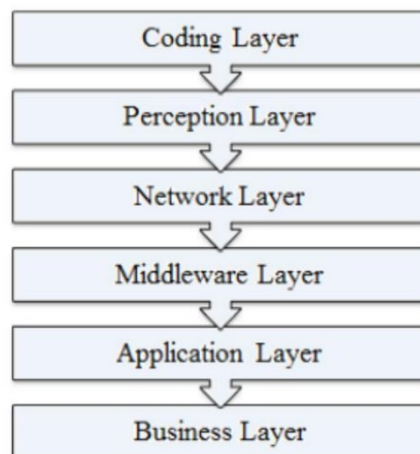
---

<sup>3</sup> IEEE : Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών.

<sup>4</sup> NIST : Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας.

- d) Ενδιάμεσο Επίπεδο (Middleware Layer) : Αυτό το επίπεδο επεξεργάζεται τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τις συσκευές αισθητήρα. Περιλαμβάνει τεχνολογίες όπως το Cloud computing<sup>5</sup>, το Ubiquitous computing<sup>6</sup> που εξασφαλίζει άμεση πρόσβαση στη βάση δεδομένων για την αποθήκευση όλων των απαραίτητων πληροφοριών σε αυτήν. Χρησιμοποιώντας κάποιο Ευφυές σύστημα επεξεργασίας, οι πληροφορίες αυτές υποβάλλονται σε επεξεργασία και πραγματοποιείται μια πλήρως αυτοματοποιημένη ενέργεια με βάση τα επεξεργασμένα αποτελέσματα των πληροφοριών.
- e) Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer) : Αυτό το επίπεδο υλοποιεί τις εφαρμογές του IoT για όλα τα είδη βιομηχανίας με βάση τα επεξεργασμένα δεδομένα. Επειδή οι εφαρμογές προωθούν την ανάπτυξη του IoT, έτσι αυτό το επίπεδο είναι πολύ χρήσιμο στην ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας του δικτύου IoT. Οι εφαρμογές που σχετίζονται με το IoT θα μπορούσαν να είναι έξυπνα σπίτια, έξυπνες μεταφορές, έξυπνη γεωργία, κ.λπ.
- f) Επιχειρησιακό Επίπεδο (Business Layer) : Αυτό το επίπεδο διαχειρίζεται τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες του IoT και είναι υπεύθυνο για όλη την «τροφοδότηση» της έρευνας που σχετίζεται με το IoT. Δημιουργεί διαφορετικά επιχειρηματικά μοντέλα για αποτελεσματικές επιχειρηματικές στρατηγικές.

Σχήμα 1. Αρχιτεκτονική έξι επιπέδων IoT



---

<sup>5</sup> Cloud Computing : Διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω διαδικτύου, από κεντρικά συστήματα που βρίσκονται απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη, τα οποία τον εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας διαδικασίες, παρέχοντας ευκολίες και ευελιξία σύνδεσης.

<sup>6</sup> Ubiquitous Computing: Έννοια στη μηχανική λογισμικού, τη μηχανική υλικού και την επιστήμη των υπολογιστών όπου οι υπολογιστές γίνονται για να εμφανίζονται οποτεδήποτε και παντού.

### 2.1.2 Χαρακτηριστικά IoT

Το IoT θεμελιώνεται από διάφορα βασικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η Συνδεσιμότητα (Connectivity), η Ταυτότητα (Identity), η Επεκτασιμότητα (Scalability), η Δυναμική και αυτοπροσαρμόσιμη πολυπλοκότητα (Dynamic and self-adapting complexity), η Αρχιτεκτονική (Architecture), η Ασφάλεια (Security) και η Αυτορρύθμιση (Self- configuring).

1. Συνδεσιμότητα (Connectivity) : Η συνδεσιμότητα είναι μια σημαντική απαίτηση της υποδομής του IoT. Θα πρέπει να είναι εγγυημένο πως οποιοσδήποτε, οπουδήποτε και οποτεδήποτε μπορεί να συνδεθεί ανά πάσα στιγμή με την υποδομή του IoT. Ένα παράδειγμα συνδεσιμότητας αποτελεί η σύνδεση μεταξύ των ατόμων μέσω συσκευών Διαδικτύου όπως κινητά τηλέφωνα και άλλα gadget. Ακόμη ένα παράδειγμα είναι η σύνδεση μεταξύ δικτυακών συσκευών όπως δρομολογητές, πύλες και αισθητήρες.
2. Ταυτότητα (Identity) : Η εξαγωγή γνώσης από τα δεδομένα που παράγονται είναι πολύ σημαντική. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας δημιουργεί δεδομένα, αλλά αυτά τα δεδομένα θα είναι χρήσιμα μόνο εάν ερμηνεύονται σωστά. Κάθε συσκευή IoT έχει μια μοναδική ταυτότητα. Αυτή η αναγνώριση είναι χρήσιμη για την παρακολούθηση του εξοπλισμού και κατά καιρούς για την αναζήτηση της κατάστασής του.
3. Επεκτασιμότητα (Scalability) : Ο αριθμός των στοιχείων που συνδέονται με το IoT αυξάνεται μέρα με τη μέρα. Ως εκ τούτου, μια εγκατάσταση IoT θα πρέπει να είναι ικανή να χειριστεί τη μαζική επέκταση. Τα δεδομένα που παράγονται ως αποτέλεσμα είναι τεράστια και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται κατάλληλα.
4. Δυναμική και αυτοπροσαρμόσιμη πολυπλοκότητα (Dynamic and self-adapting complexity) : Οι συσκευές IoT θα πρέπει να προσαρμόζονται δυναμικά στα μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα και σενάρια. Για παράδειγμα έστω πως μια κάμερα προορίζεται για μια παρακολούθηση. Για να είναι αποτελεσματική θα πρέπει η κάμερα να είναι προσαρμόσιμη για εργασία σε διαφορετικές συνθήκες και διαφορετικές συνθήκες φωτισμού (πρωί, απόγευμα, βράδυ).
5. Αρχιτεκτονική (Architecture) : Η αρχιτεκτονική του IoT δεν μπορεί να είναι στη βάση της ομοιογενής. Θα πρέπει να είναι υβριδική, να υποστηρίζει προϊόντα διαφορετικών κατασκευαστών για να λειτουργούν στο δίκτυο IoT. Το IoT δεν ανήκει σε κανένα κλάδο μηχανικής. Το IoT γίνεται πραγματικότητα όταν πολλοί τομείς ενώνονται, όπως φαίνεται και από την περιγραφή της αρχιτεκτονικής του στην υποενότητα (Κεφάλαιο 2.1.1).
6. Ασφάλεια (Security) : Υπάρχει κίνδυνος να παραβιαστούν τα ευαίσθητα προσωπικά στοιχεία των χρηστών όταν όλες οι συσκευές του/της είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο.

Αυτό μπορεί να προκαλέσει ζημιά ή βλάβη στον χρήστη. Ως εκ τούτου, η ασφάλεια των δεδομένων είναι κύρια πρόκληση. Εξάλλου, ο εξοπλισμός που εμπλέκεται είναι τεράστιος. Τα δίκτυα IoT μπορεί επίσης να διατρέχουν κίνδυνο. Ως εκ τούτου, η ασφάλεια των υποδομών είναι επίσης κρίσιμη.

7. Αυτορρύθμιση (Self-Configuring) : Αυτό είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του IoT. Οι συσκευές IoT μπορούν να αναβαθμίσουν το λογισμικό τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις με ελάχιστη εμπλοκή των χρηστών. Επιπλέον, μπορούν να ρυθμίσουν το δίκτυο, επιτρέποντας την προσθήκη νέων συσκευών σε ένα ήδη υπάρχον δίκτυο.

### **2.1.3 Τομείς Εφαρμογής του IoT**

Η ευρεία χρήση συσκευών IoT στη σύγχρονη εποχή υπόσχεται να μεταμορφώσει πολλές πτυχές του τρόπου με τον οποίο ζούμε (Σχήμα 2). Για τους καταναλωτές, τα νέα προϊόντα IoT, όπως οικιακές συσκευές με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, τα εξαρτήματα αυτοματισμού στο σπίτι και οι συσκευές διαχείρισης ενέργειας, μας οδηγούν στο όραμα για το «έξυπνο σπίτι», προσφέροντας περισσότερη ασφάλεια και ενεργειακή απόδοση. Άλλες προσωπικές συσκευές IoT όπως οι φορητές συσκευές παρακολούθησης της φυσικής κατάστασης και της υγείας και οι ιατροτεχνολογικές συσκευές με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο μετασχηματίζουν τον τρόπο παροχής των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Η τεχνολογία IoT δύναται να είναι επωφελής για τα άτομα με αναπηρίες και τους ηλικιωμένους, επιτρέποντας βελτιωμένα επίπεδα ανεξαρτησίας και ποιότητας ζωής με λογικό κόστος. Τα συστήματα IoT, όπως τα δικτυωμένα οχήματα, τα ευφυή συστήματα κυκλοφορίας και οι αισθητήρες, που είναι ενσωματωμένοι σε δρόμους και γέφυρες, μας φέρνουν πιο κοντά την ιδέα των «έξυπνων πόλεων», οι οποίες συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της κατανάλωσης ενέργειας. Η τεχνολογία IoT προσφέρει τη δυνατότητα μετασχηματισμού των κλάδων της γεωργίας, της βιομηχανίας και της παραγωγής και διανομής ενέργειας κάνοντας χρήση των αυξημένων διαθέσιμων πληροφοριών που συλλέγονται με τη χρήση δικτύων αισθητήρων κατά μήκος της αλυσίδας αξίας της παραγωγής. Η συγκεκριμένη εργασία εστιάζει στη συμβολή και την εισαγωγή του IoT στα συστήματα κυκλοφορίας και τα δικτυωμένα οχήματα και συγκεκριμένα στην χρήση του IoT στην αυτοκίνηση (Κεφάλαιο 2.1.4.6). Οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος τομέας στον οποίο εισήχθη το IoT αναλύονται στο (Κεφάλαιο 2.1.2).



καθώς και διάφορα τοξικά αέρια που παράγονται σε αγροκτήματα. Επίσης μπορεί να ανιχνεύεται εγκαίρως δασική πυρκαγιά με στόχο τον καθορισμό ζωνών υψηλού κινδύνου. Ακόμη είναι δυνατό να γίνει καλύτερη η ποιότητα νερού με μελέτες της καταλληλότητας των υδάτων σε ποτάμια και θάλασσες για την τελική επιλογή πόσιμου νερού, ενώ είναι εφικτό να παρακολουθούνται οι διακυμάνσεις της στάθμης των υδάτων σε ποτάμια, φράγματα και δεξαμενές κατά τις βροχερές ημέρες, για αποφυγή υπερχειλίσής τους.

### ***2.1.3.3 Εισαγωγή του IoT στην Υγεία (Εξυπνη Υγεία)***

Στον τομέα της υγείας, το IoT εξοπλίζει τόσο τους ασθενείς όσο και τους γιατρούς και τα νοσοκομεία με έξυπνα ευέλικτα φορητά ενσωματωμένα RFID-εξοπλισμένες συσκευές που δίνονται στους ασθενείς κατά τις αφίξεις, μέσω των οποίων όχι μόνο οι γιατροί αλλά και οι νοσηλευτές θα μπορούν να παρακολουθούν τον καρδιακό ρυθμό, την αρτηριακή πίεση, τη θερμοκρασία και άλλες καταστάσεις ασθενών εντός ή εκτός στους χώρους του νοσοκομείου, προκειμένου να βελτιωθούν οι υπηρεσίες υγείας. Υπάρχουν πολλά επείγοντα ιατρικά περιστατικά, όπως για παράδειγμα η καρδιακή ανακοπή. Επειδή όμως τα ασθενοφόρα χρειάζονται λίγο χρόνο για να φτάσουν στον ασθενή λόγω της κίνησης που υπάρχει στους δρόμους, για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν τα Drone Ambulances, που είναι ήδη στην αγορά και μπορούν να πετάξουν στη σκηνή του επείγοντος περιστατικού με το κιτ έκτακτης ανάγκης με σκοπό να παρέχουν γρήγορη ιατρική φροντίδα μέχρι να φτάσει το ασθενοφόρο.

### ***2.1.3.4 Εισαγωγή του IoT στην Γεωργία (Εξυπνη Γεωργία)***

Στον τομέα της γεωργίας το IoT μπορεί να βοηθήσει με ποικίλους τρόπους. Όσον αφορά τα θερμοκήπια μπορεί να ελέγχει τις μικροκλιματικές συνθήκες μέσω αισθητήρων, να μειώσει επίσης τα απόβλητα και να ελέγχει την υγρασία του εδάφους για καλύτερο πότισμα με σκοπό να μεγιστοποιήσει την παραγωγή φρούτων και λαχανικών και να βελτιώσει την ποιότητά τους. Ταυτόχρονα με τον τρόπο αυτό μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια, νερό και έξοδα από περαιτέρω λιπάσματα. Αυτό ισχύει και για τις καλλιέργειες. Για την κτηνοτροφία που αποτελεί μέρος της ευρύτερης έννοιας της γεωργίας με τη βοήθεια του IoT μπορεί να ελεγχθούν οι συνθήκες ανάπτυξης νεογνών, καθώς και να εξασφαλιστούν οι συνθήκες επιβίωσης και υγείας τους.

### ***2.1.3.5 Εισαγωγή του IoT στο Λιανικό Εμπόριο (Εξυπνο Εμπόριο)***

Στο λιανικό εμπόριο το IoT με RFID παρέχει πολλά πλεονεκτήματα στους εμπόρους λιανικής. Με προϊόντα να είναι εξοπλισμένα με RFID, ένας έμπορος λιανικής μπορεί εύκολα να παρακολουθεί τα αποθέματα και να εντοπίσει κλοπές από καταστήματα. Μπορεί να παρακολουθεί όλα τα είδη ενός καταστήματος και για να αποτρέψει την εξάντλησή τους, καθώς το σύστημα μπορεί να πραγματοποιήσει μια παραγγελία αυτόματα. Επιπλέον, ο έμπορος λιανικής

μπορεί ακόμη και να δημιουργήσει το διάγραμμα πωλήσεων και τα γραφήματα για αποτελεσματικές στρατηγικές.

#### **2.1.3.6 Εισαγωγή του IoT στην Αυτοκίνηση**

Οι μετακινήσεις και μεταφορές είναι ένας σημαντικός τομέας λειτουργίας μιας κοινωνίας, επομένως όλα τα σχετικά προβλήματα όπως η κυκλοφορική συμφόρηση, τα ατυχήματα που οφείλονται σε κακές υποδομές, τα τροχαία ατυχήματα, πρέπει να αντιμετωπίζονται σωστά. Υπάρχει ανάγκη για ένα σύστημα που μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση της κυκλοφορίας με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνονται από αντικείμενα που χρησιμοποιούν τεχνολογίες IoT [6]. Για ένα τέτοιο έξυπνο σύστημα παρακολούθησης της κυκλοφορίας, η υλοποίηση ενός κατάλληλου συστήματος αυτόματης αναγνώρισης οχημάτων και άλλων παραγόντων κυκλοφορίας είναι πολύ σημαντική, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες IoT αντί να γίνεται χρήση κοινών μεθόδων επεξεργασίας εικόνας [7]. Το έξυπνο σύστημα παρακολούθησης της κυκλοφορίας προσφέρει βελτιωμένες μετακινήσεις και μεταφορές μειώνοντας τη συμφόρηση. Μπορεί να παρέχει λειτουργίες όπως ανίχνευση κλοπής, αναφορά τροχαίων ατυχημάτων, λιγότερη περιβαλλοντική ρύπανση. Οι δρόμοι μιας έξυπνης πόλης θα δώσουν εκδορές με κλιματικές αλλαγές ή απροσδόκητη κυκλοφοριακή συμφόρηση λόγω των οποίων οι διαδρομές οδήγησης και πεζοπορίας θα βελτιστοποιηθούν. Το σύστημα φωτισμού κυκλοφορίας θα είναι προσαρμοστικό στις καιρικές συνθήκες για εξοικονόμηση ενέργειας. Η διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης σε όλη την πόλη θα είναι προσβάσιμη από όλους.

#### **2.1.3.7 Εισαγωγή του IoT στην Πόλη (Έξυπνη Πόλη)**

Ο συνδυασμός των παραπάνω τομέων που εισάγεται το IoT δημιουργούν την έξυπνη πόλη. Μια πόλη αποτελείται από τα κτήρια, τον φωτισμό, τις μεταφορές και τις μετακινήσεις, τη στάθμευση, τα απόβλητα κ.τ.λ.. Το IoT μπορεί να συμβάλλει βοηθητικά για καθένα από τα επιμέρους στοιχεία μιας πόλης. Όσον αφορά τα κτήρια με το IoT είναι εφικτό να παρακολουθείται η πολεοδομική υγεία των κτηρίων, των ιστορικών μνημείων και των γεφυρών μιας πόλης. Ο φωτισμός μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν σε ένα δρόμο αλλά και με την εποχή του χρόνου με τη χρήση του IoT. Αυτό μπορεί να γίνει για παράδειγμα με αισθητήρες κίνησης και θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με έναχρονόμετρο. Το IoT επίσης μπορεί να βοηθήσει και να συμβάλλει και στη διαχείριση αποβλήτων. Λόγου χάρη η ανίχνευση των ποσοτήτων σκουπιδιών που περιέχουν οι κάδοι απορριμμάτων για τη βελτίωση των διαδρομών συλλογής τους μπορεί να γίνει με αισθητήρες που επιτρέπουν στο κέντρο ελέγχου συγκομιδής να γνωρίζει το επίπεδο φορτίου των κάδων και να καθορίζει τη βέλτιστη διαχείριση του στόλου των απορριμματοφόρων. Τέλος όσον αφορά τη στάθμευση, η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, της διαθεσιμότητας θέσεων στάθμευσης στην πόλη, δίνει τη δυνατότητα στους κατοίκους να εντοπίζουν και να εξασφαλίζουν την πλησιέστερη διαθέσιμη θέση, μειώνοντας κατά αυτό τον

τρόπο την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και την κυκλοφοριακή συμφόρηση αλλά και την επιπλέον δαπάνη καυσίμων.

## 2.2 Επιλογή Τομέα Εφαρμογής του IoT

Όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα υπάρχουν διάφοροι τομείς στους οποίους έχει εισαχθεί και βοηθήσει το IoT. Οι τομείς αυτοί αν και έχουν ένα κοινό στοιχείο, το να προσφέρουν ένα πιο οικολογικά συνειδητό τρόπο ζωής και να διευκολύνουν τον άνθρωπο στην καθημερινότητά του, έχουν διαφορετικό τρόπο που λειτουργούν και επεξεργάζονται τα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους.

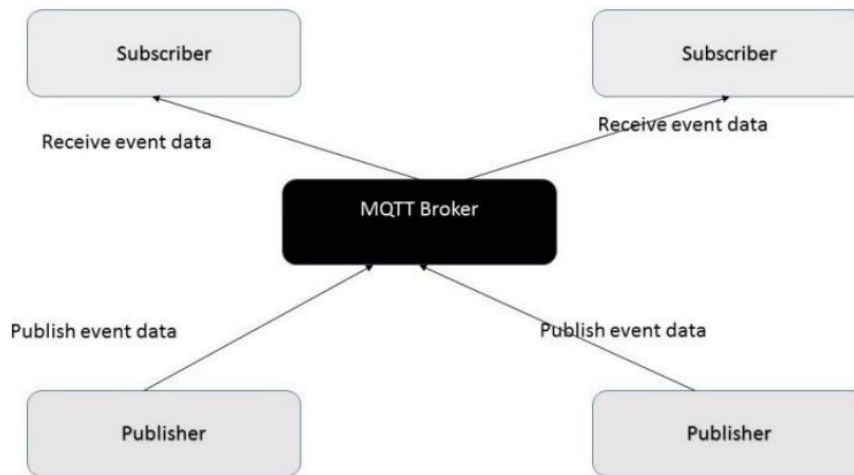
Στην συγκεκριμένη διπλωματική διατριβή, το IoT θα χρησιμοποιηθεί στο τομέα της αυτοκίνησης - με στόχους την βελτιστοποίηση της συνύπαρξης των οδηγών, την μεγιστοποίηση της ασφάλειας, καθώς και την άμεση αναφορά και επίλυση προβλημάτων. Με το πληροφοριακό σύστημα που θα αναπτυχθεί σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει πιο κατανοητή η αξιοποίηση του στην αντιμετώπιση και πρόβλεψη ατυχημάτων με την ενημέρωση των οδηγών για το οδόστρωμα που υπάρχει μπροστά τους.

## 2.3 MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

Το Message Queue Telemetry Transport (MQTT) [9], είναι ένα ελαφρύ πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων που βασίζεται στο μοντέλο δημοσίευσης-συνδρομής. Το MQTT χρησιμοποιεί μια αρχιτεκτονική πελάτη-διακομιστή όπου ο πελάτης (όπως μια συσκευή αισθητήρα σε αυτοκίνητα) συνδέεται με τον διακομιστή MQTT (που ονομάζεται broker) και δημοσιεύει μηνύματα σε θέματα (topics) στον διακομιστή. Ο broker προωθεί τα μηνύματα στους πελάτες που έχουν εγγραφεί στα συγκεκριμένα θέματα. Το MQTT είναι κατάλληλο για περιβάλλοντα περιορισμού όπου οι συσκευές έχουν περιορισμένους πόρους επεξεργασίας και μνήμης και το εύρος ζώνης δικτύου είναι χαμηλό.

Το MQTT είναι ένα εξαιρετικά ελαφρύ πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων. Η αρχιτεκτονική δημοσίευσης/εγγραφής έχει σχεδιαστεί για να είναι ανοιχτή και εύκολη στην εφαρμογή της. Ένας μόνος διακομιστής MQTT μπορεί να υποστηρίξει έως και χιλιάδες απομακρυσμένους πελάτες. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν το MQTT ιδανικό για χρήση σε περιορισμένα περιβάλλοντα όπου το εύρος ζώνης του δικτύου είναι χαμηλό ή πρέπει να υποστηρίζονται απομακρυσμένες συσκευές που ενδέχεται να έχουν περιορισμένες δυνατότητες επεξεργασίας και μνήμης. Το πρωτόκολλο MQTT βασίζεται στο μοντέλο δημοσίευσης/εγγραφής. Οι εκδότες μπορούν να στείλουν τα μηνύματα στα θέματα, που έχουν ρυθμιστεί στον διακομιστή MQTT. Οι πελάτες μπορούν να εγγραφούν σε αυτά τα θέματα και να λαμβάνουν οποιαδήποτε

μηνύματα δημοσιεύονται για αυτά τα θέματα. Παρακάτω στο σχήμα (Σχήμα 3) παρουσιάζεται το



μοντέλο δημοσίευσης – εγγραφής του MQTT.

Σχήμα 3. Μοντέλο Δημοσίευσης/ Εγγραφής του MQTT

Αν και το μοντέλο δημοσίευσης-συνδρομής του MQTT είναι πανομοιότυπο με όλα τα υπάρχοντα συστήματα ανταλλαγής μηνυμάτων για επιχειρήσεις, το κύριο πλεονέκτημα του MQTT έναντι των συστημάτων «επιχειρηματικών μηνυμάτων» είναι ότι το χαμηλό του αποτύπωμα το καθιστά ιδανικό για την ανάπτυξη εφαρμογών IoT με μικρούς αισθητήρες, συσκευές με περιορισμένη χωρητικότητα. Για παράδειγμα, το Facebook χρησιμοποιεί το MQTT για το προϊόν του messenger στην πλατφόρμα για κινητά, για να διασφαλίσει ότι η χρήση της μπαταρίας αυτής της εφαρμογής ελαχιστοποιείται.

### 2.3.1 Πλεονεκτήματα MQTT

Το MQTT έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά τα σημαντικά πλεονεκτήματα είναι :

- Το μοντέλο Publish Subscribe περιλαμβάνει παράδοση μηνυμάτων από έναν προς πολλούς.
- Χρησιμοποιεί TCP/IP για συνδεσιμότητα δικτύου.
- Μπορεί να λειτουργήσει με SSL/TLS πρωτόκολλα για ασφάλεια.
- Το MQTT προσφέρει τρία επίπεδα QoS (Quality of Service) παράδοσης μηνυμάτων: 1) το πολύ μία φορά, 2) τουλάχιστον μία φορά και 3) ακριβώς μία φορά.

- Πολύ απλές προδιαγραφές και Application Programming Interfaces (API), που διευκολύνουν τους προγραμματιστές να συνδεθούν με προϊόντα και υπηρεσίες που βασίζονται στο MQTT.
- Οι πιο σημαντικές κλήσεις API είναι οι CONNECT, PUBLISH, SUBSCRIBE, UNSUBSCRIBE ΚΑΙ DISCONNECT
- Καθώς το MQTT έχει σχεδιαστεί ειδικά για συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων, παρέχει μόνο τις ελάχιστες δυνατότητες για την υποστήριξή τους.
- Η κεφαλίδα του MQTT μηνύματος είναι σύντομη και το μικρότερο μέγεθος υποστηριζόμενου πακέτου είναι 2 bytes, καθιστώντας το ιδανικό για μικρές και περιορισμένες συσκευές.
- Καθώς το MQTT ακολουθεί το μοντέλο εκδότη/συνδρομητή, ο αποστολέας και ο παραλήπτης είναι αποσυνδεδεμένοι μεταξύ τους.
- Δεν περιορίζει τη μορφή των δεδομένων ώστε να είναι σε κάποια συγκεκριμένη μορφή, προσδίδοντας έτσι ευελιξία.
- Λειτουργία «Last Will», η οποία επιτρέπει μια καταγγελία για μη φυσιολογικό πελάτη/αισθητήρα να κοινοποιηθεί σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη
- Τόσο εμπορικά όσο και ανοιχτού κώδικα προϊόντα broker που βασίζονται στο MQTT είναι διαθέσιμα. Αυτά περιλαμβάνουν το IBM WebSphere MQ v 7.1 και μετά, EclipseIoT Mosquitto, ActiveMQ και HiveMQ.

### **2.3.2 Λόγοι Επιλογής του MQTT στην εφαρμογή αυτοκινήτου**

Υπάρχουν σημαντικοί λόγοι που επιλέγεται το MQTT στην συγκεκριμένη εργασία για την εφαρμογή του αυτοκινήτου. Αυτοί μεταξύ άλλων είναι πως :

- Είναι κατάλληλο για συσκευές χαμηλών δυνατοτήτων ,με περιορισμένη χωρητικότητα ,όπως αισθητήρες που τοποθετούνται σε συνδεδεμένα αυτοκίνητα,
- Παρέχει ποιότητα υπηρεσιών για τη διαχείριση συνδεσιμότητας και τον εντοπισμό άλλων σφαλμάτων, που μπορεί να είναι ένα αρκετά συνηθισμένο στην περίπτωση των

αυτοκινήτων, που βρίσκονται σε κίνηση και η συνδεσιμότητα στο δίκτυο μπορεί να είναι ένα πρόβλημα,

- Υποστηρίζει μεγάλη ποικιλία γλωσσών προγραμματισμού, επομένως η συμβατότητα δεν θα είναι ζήτημα για οποιαδήποτε υπάρχουσα τεχνολογική πλατφόρμα και για τον κατασκευαστή αυτοκινήτων,

- Επίσης έχει υιοθετηθεί και ενσωματωθεί σε κορυφαία συστήματα ανταλλαγής μηνυμάτων στη βιομηχανία, όπως το WebSphere MQ και το ActiveMQ και

- Οι μορφές μηνυμάτων μπορούν να προσαρμοστούν, επιτρέποντας στον κατασκευαστή να προτείνει καινοτόμες λύσεις.

## **2.4 Raspberry Pi**

Το Raspberry Pi [10], είναι μια σειρά μικρών υπολογιστών μονής πλακέτας (SBC) που αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο από το Ίδρυμα Raspberry Pi σε συνεργασία με την Broadcom. Το έργο Raspberry Pi αρχικά έκλινε προς την προώθηση της διδασκαλίας της βασικής επιστήμης των υπολογιστών στα σχολεία και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το αρχικό μοντέλο έγινε πιο δημοφιλές από ό,τι αναμενόταν, πουλώντας εκτός της αγοράς-στόχου του για άλλες χρήσεις όπως η ρομποτική. Χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλούς τομείς, όπως για την παρακολούθηση του καιρού λόγω του χαμηλού κόστους, της σπονδυλωτικότητας και του ανοικτού σχεδιασμού του. Χρησιμοποιείται από άτομα που ασχολούνται με υπολογιστές και ηλεκτρονικά, λόγω της υιοθέτησης κοινών υπολογιστικών προτύπων διασύνδεσης όπως τα HDMI και USB .

### **2.4.1 Γενιές Raspberry Pi και Μοντέλα**

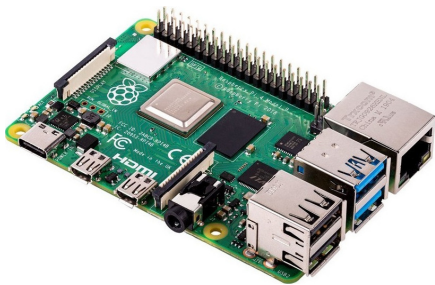
Υπάρχουν τρεις σειρές Raspberry Pi και έχουν κυκλοφορήσει αρκετές γενιές από το καθένα. Συγκεκριμένα οι τρεις σειρές Raspberry Pi που υπάρχουν είναι η Raspberry Pi (Σχήμα 4), η Raspberry Pi Zero (Σχήμα 5) και η Raspberry Pi Pico (Σχήμα 6). Τα Raspberry Pi SBC διαθέτουν σύστημα Broadcom σε System-on-Chip (SoC) με ενσωματωμένη κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) συμβατή με αρχιτεκτονική ARM και μονάδα επεξεργασίας γραφικών εντός τσιπ (GPU), ενώ το Raspberry Pi Pico διαθέτει μικροελεγκτή RP2040 σε ενσωματωμένο τσιπ με ARM-συμβατή κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU).

Το Raspberry Pi περιλαμβάνει τα εξής μοντέλα : Raspberry Pi Model B, Raspberry Pi Model A, το Raspberry Pi Model B+ και το Raspberry Pi Model A+. Επιπλέον έχει το Raspberry

Pi 2, το Raspberry Pi 3 Model B, το Raspberry Pi 3 Model B+, το Raspberry Pi 4 Model B, το Raspberry Pi C0 και το Raspberry Pi 400 που κυκλοφόρησε τον Νοέμβριο του 2020.

Το Raspberry Pi Zero περιλαμβάνει πέντε μοντέλα : το Raspberry Pi Zero, το Raspberry Pi Zero v1.3, το Raspberry Pi Zero W , μια έκδοση του Zero με δυνατότητες Wi-Fi και Bluetooth, το Raspberry Pi Zero WH , μια έκδοση του Zero W με τοποθετημένες κεφαλίδες GPIO και το Raspberry Pi Zero 2 W , μια έκδοση του Zero W με σύστημα σε πακέτο (SiP) που βασίζεται στο Raspberry Pi 3.

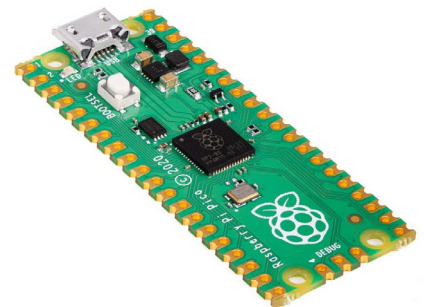
Το Raspberry Pi Pico κυκλοφόρησε τον Ιανουάριο του 2021. Ήταν η πρώτη πλακέτα του Raspberry Pi βασισμένη σε ένα μόνο τσιπ μικροελεγκτή, το RP2040 , το οποίο σχεδιάστηκε από την Raspberry Pi στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το Pico έχει 264 KB μνήμης RAM και 2 MB μνήμης flash . Είναι προγραμματιζόμενο σε MicroPython , CircuitPython , C και Rust. Στις 30 Ιουνίου 2022, κυκλοφόρησε το Raspberry Pi Pico W , μια έκδοση του Pico με δυνατότητα Wi-Fi 802.11n.



Εικόνα 1. Raspberry Pi 4 Model B



Εικόνα 2. Raspberry Pi Zero



Εικόνα 3. Raspberry Pi Pico

## 2.4.2 Hardware του Raspberry Pi

Το υλικό Raspberry Pi έχει εξελιχθεί μέσω πολλών εκδόσεων που διαθέτουν παραλλαγές στον τύπο της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, την ποσότητα της χωρητικότητας της μνήμης, την υποστήριξη δικτύου και την υποστήριξη περιφερειακών συσκευών. Τα μοντέλα Pi Zero είναι παρόμοια, αλλά δεν διαθέτουν θύρα Ethernet και διανομέα USB. Ο προσαρμογέας Ethernet είναι εσωτερικά συνδεδεμένος σε μια πρόσθετη θύρα USB. Στα μοντέλα A, A+ και Pi Zero, η θύρα USB συνδέεται απευθείας στο σύστημα σε ένα τσιπ (SoC). Στα μοντέλα Pi 1 Model B+ και νεότερα μοντέλα, το τσιπ USB/Ethernet περιέχει έναν διανομέα USB πέντε θυρών, εκ των οποίων τέσσερις θύρες είναι διαθέσιμες, ενώ το Pi 1 Model B παρέχει μόνο δύο. Στο Pi Zero, η θύρα USB συνδέεται επίσης απευθείας με το SoC, αλλά χρησιμοποιεί micro USB θύρα (OTG). Σε αντίθεση με όλα τα άλλα μοντέλα Pi, ο σύνδεσμος GPIO 40 ακίδων παραλείπεται στο Pi Zero, με

διαμπερείς οπές συγκόλλησης μόνο στις θέσεις των ακροδεκτών. Το Pi Zero WH το διορθώνει αυτό με pre-soldered GPIO header.

Η ταχύτητα του επεξεργαστή κυμαίνεται από 700 MHz έως 1,4 GHz για το Pi 3 Model B+ ή 1,5 GHz για το Pi 4. Η ενσωματωμένη μνήμη κυμαίνεται από 256 MB έως 8 GB μνήμης τυχαίας προσπέλασης (RAM), με μόνο το Raspberry Pi 4 να έχει περισσότερα από 1 GB. Οι κάρτες Secure Digital (SD) σε μορφή MicroSDHC (SDHC σε πρώιμα μοντέλα) χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση του λειτουργικού συστήματος και της μνήμης προγραμμάτων, ωστόσο ορισμένα μοντέλα διαθέτουν επίσης ενσωματωμένο χώρο αποθήκευσης eMMC ενώ το Raspberry Pi 4 μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει μέσω USB -προσαρτημένο χώρο αποθήκευσης SSD για το λειτουργικό του σύστημα. Οι πλακέτες έχουν μία έως πέντε θύρες USB. Για έξοδο βίντεο, HDMI ,και μια τυπική υποδοχή 3,5 χιλ. για έξοδο ήχου. Η έξοδος χαμηλότερου επιπέδου παρέχεται από έναν αριθμό ακίδων GPIO , οι οποίοι υποστηρίζουν κοινά πρωτόκολλα όπως το I<sup>2</sup>C . Τα μοντέλα B διαθέτουν θύρα Ethernet 8P8C και τα Pi 3, Pi 4 και Pi Zero W διαθέτουν ενσωματωμένο Wi-Fi 802.11n και Bluetooth.

#### **2.4.2.1 Επεξεργαστής Raspberry Pi**

Το Raspberry Pi 2B χρησιμοποιεί έναν τετραπύρηνο επεξεργαστή ARM Cortex-A7 32-bit 900 MHz .Το Broadcom BCM2835 SoC που χρησιμοποιείται στην πρώτη γενιά Raspberry Pi περιλαμβάνει επεξεργαστή ARM11 76JZF-S 32-bit 700 MHz , μονάδα επεξεργασίας γραφικών VideoCore IV (GPU), και RAM. Διαθέτει cache μνήμη επιπέδου 1 (L1) 16 KB και cache μνήμη επιπέδου 2 (L2) 128 KB. Η cache μνήμη επιπέδου 2 χρησιμοποιείται κυρίως από την GPU. Το SoC είναι στοιβαγμένο κάτω από το τσιπ της RAM, έτσι μόνο η άκρη του είναι ορατή. Το ARM1176JZ(F)-S είναι η ίδια CPU που χρησιμοποιήθηκε στο αρχικό iPhone, αν και με υψηλότερο ρυθμό ρολογιού και συνδυαζόμενο με πολύ πιο γρήγορη GPU.

Το προηγούμενο μοντέλο V1.1 του Raspberry Pi 2 χρησιμοποιούσε ένα SoC Broadcom BCM2836 με επεξεργαστή 32-bit 900 MHz , τετραπύρηνο ARM Cortex-A7 , με κοινόχρηστη cache μνήμη L2 256 KB. Το Raspberry Pi 2 V1.2 αναβαθμίστηκε σε Broadcom BCM2837 SoC με τετραπύρηνο επεξεργαστή ARM Cortex-A53 1,2 GHz 64-bit, τον ίδιο που χρησιμοποιείται στο Raspberry Pi 3, αλλά υποχρονισμένος (από προεπιλογή) στην ίδια ταχύτητα ρολογιού CPU 900 MHz με το V1.1. Το BCM2836 SoC δεν είναι πλέον σε παραγωγή από τα τέλη του 2016.

Το Raspberry Pi 3 Model B χρησιμοποιεί ένα Broadcom BCM2837 SoC με τετραπύρηνο επεξεργαστή ARM Cortex-A53 1,2 GHz 64 bit , με κοινόχρηστη cache μνήμη L2 512 KB. Τα μοντέλα A+ και B+ είναι 1,4 GHz.

Το Raspberry Pi 4 χρησιμοποιεί ένα Broadcom BCM2711 SoC με τετραπύρηνο επεξεργαστή 64-bit ARM Cortex-A72 1,5 GHz (μεταγενέστερα μοντέλα: 1,8 GHz) , με 1 MB κοινόχρηστη κρυφή μνήμη L2. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούσαν όλα έναν προσαρμοσμένο ελεγκτή διακοπής που δεν ήταν κατάλληλος για εικονικοποίηση, ο ελεγκτής διακοπής σε αυτό το SoC είναι συμβατός με την αρχιτεκτονική ARM Generic Interrupt Controller (GIC) 2.0.

Τα Raspberry Pi Zero και Zero W χρησιμοποιούν το ίδιο Broadcom BCM2835 SoC με το Raspberry Pi πρώτης γενιάς, αν και πλέον λειτουργεί με ταχύτητα ρολογιού CPU 1 GHz.

Το Raspberry Pi Zero W 2 χρησιμοποιεί την CPU RP3A0-AU, ένα 1 GHz 64 bit ARM Cortex A53, σε 512 MB SDRAM. Το Raspberry Pi Pico χρησιμοποιεί το RP2040 που τρέχει στα 133 MHz.

#### **2.4.2.2 RAM Raspberry Pi**

Τα πρώτα σχέδια των πλακών Raspberry Pi Model A και B περιλάμβαναν μόνο 256 MB μνήμης τυχαίας προσπέλασης (RAM). Από αυτό, οι πρώιμες πλακέτες beta Model B διέθεταν 128 MB στην GPU από προεπιλογή, αφήνοντας μόνο 128 MB για την CPU. Στις πρώτες εκδόσεις 256 MB των μοντέλων A και B, ήταν δυνατοί τρεις διαφορετικοί διαχωρισμοί. Ο προεπιλεγμένος διαχωρισμός ήταν 192 MB για την CPU, η οποία θα πρέπει να επαρκεί για αυτόνομη αποκωδικοποίηση βίντεο 1080p ή για απλή επεξεργασία 3D. Στη δεύτερη περίπτωση, τα 224 MB ήταν μόνο για επεξεργασία Linux, με μόνο ένα framebuffer 1080p και ήταν πιθανό να αποτύχει για οποιοδήποτε βίντεο ή 3D. Στην τρίτη περίπτωση, Τα 128 MB ήταν για βαριά επεξεργασία 3D, πιθανώς και με αποκωδικοποίηση βίντεο.

Το μεταγενέστερο Model B με 512 MB RAM, κυκλοφόρησε στις 15 Οκτωβρίου 2012 και αρχικά βγήκε με νέα τυπικά αρχεία διαχωρισμού μνήμης (arm256\_start.elf, arm384\_start.elf, arm496\_start.elf) με 256 MB, 384 MB και 496 MB CPU, και με μνήμη RAM βίντεο 256 MB, 128 MB και 16 MB, αντίστοιχα. Ωστόσο, περίπου μία εβδομάδα αργότερα, η εταιρία κυκλοφόρησε μια νέα έκδοση του start.elf που μπορούσε να διαβάσει μια νέα καταχώρηση στο config.txt (gpu\_mem= xx) και να εκχωρήσει δυναμικά μια ποσότητα μνήμης RAM (από 16 έως 256 MB σε βήματα των 8 MB) στη GPU, καταργώντας την παλαιότερη μέθοδο διαχωρισμού της μνήμης. Το ίδιο start.elf χρησιμοποιήθηκε τόσο για το 256 MB όσο και για το 512 MB Raspberry Pi. Το Raspberry Pi 2 έχει 1 GB μνήμης RAM.

Το Raspberry Pi 3 έχει 1 GB RAM στα μοντέλα B και B+ και 512 MB RAM στο μοντέλο A+. Τα Raspberry Pi Zero και Zero W έχουν 512 MB μνήμης RAM.

Το Raspberry Pi 4 διατίθεται με 2, 4 ή 8 GB μνήμης RAM. Μοντέλο 1 GB ήταν αρχικά διαθέσιμο κατά την κυκλοφορία τον Ιούνιο του 2019, αλλά διακόπηκε τον Μάρτιο του 2020, ενώ το μοντέλο των 8 GB παρουσιάστηκε τον Μάιο του 2020.

### 2.4.3 Λογισμικό του Raspberry Pi

Το Raspberry Pi Foundation παρέχει το Raspberry Pi OS (παλαιότερα ονομαζόταν Raspbian), μια διανομή Linux που βασίζεται στο Debian, καθώς και Ubuntu , Windows 10 IoT Core , RISC OS , Libre ELEC (εξειδικευμένη διανομή κέντρου πολυμέσων) και εξειδικευμένες διανομές για το κέντρο πολυμέσων Kodi. Προωθεί την Python και το Scratch ως τις κύριες γλώσσες προγραμματισμού, με υποστήριξη για πολλές άλλες γλώσσες. Το προ εγκατεστημένο υλικολογισμικό είναι κλειστού κώδικα, ενώ διατίθεται ανεπίσημος ανοιχτός κώδικας. Πολλά άλλα λειτουργικά συστήματα μπορούν επίσης να τρέξουν στο Raspberry Pi, όπως το Fedora, το Kali Linux, το Android Things κ.τ.λ. Υποστηρίζεται επίσης ο επίσημα επαληθευμένος μικροπυρήνας seL4.

## 2.5 LPMS-UTTL2

Ο αισθητήρας LPMS-UTTL2 αποτελεί έναν από την σειρά αισθητήρων LPMS-U2 που είναι εξοπλισμένοι με IMU 9-Axis (μονάδα μέτρησης αδράνειας) / σύστημα αναφοράς στάσης και κατεύθυνσης (AHRS) με διάφορες διεπαφές επικοινωνίας όπως USB, RS232, TTL και CAN-Bus. Η σειρά είναι πολύ ευέλικτη, εκτελώντας ακριβείς μετρήσεις προσανατολισμού υψηλής ταχύτητας και σχετικής μετατόπισης. Με τη χρήση τριών διαφορετικών αισθητήρων (γυροσκόπιο 3 αξόνων, επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων και μαγνητόμετρο 3 αξόνων) επιτυγχάνονται δεδομένα προσανατολισμού χαμηλής μετατόπισης και υψηλής ταχύτητας γύρω από τους τρεις άξονες. Ο αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε οχήματα όσο και σε μετρήσεις ανθρώπινης κίνησης για εφαρμογές ακριβείας. Περιέχει έναν επεξεργαστή ψηφιακού σήματος 32 bit που μπορεί να εκτελεί όλους τους υπολογισμούς σε πραγματικό χρόνο. Οι ρυθμίσεις παραμέτρων του μπορούν να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας το λογισμικό LPMS-Control. Επιλέχθηκε λόγω του μικρού του μεγέθους και των χαρακτηριστικών του .

Εικόνα 4. LPMS-UTTL2



# 3

## Δημιουργία και

## παραμετροποίηση Πληροφοριακού Συστήματος

### 3.1 Σκοπός και στόχοι της υλοποίησης

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 1.2 αυτής της εργασίας είναι αρχικά να συμβάλλει στην ανίχνευση των κινδύνων - φθορών που ενέχει ένα οδόστρωμα, όπως για παράδειγμα λακκούβες, ατέλειες επιφανειακής στρώσης, παραμορφώσεις επιφανειακής στρώσης καθώς και ρηγματώσεις, και έπειτα να συνεισφέρει στην καλύτερη και ευκολότερη αντιμετώπιση αυτών των φθορών που μπορούν να αποβούν επικίνδυνα μοιραία για τα οχήματα.

Σκοπός επίσης της εργασίας, όπως ειπώθηκε αποτελεί και η δημιουργία ενός πληροφοριακού συστήματος, του οποίου ο ρόλος είναι να πραγματεύεται μια επικοινωνία μεταξύ ενός αισθητήρα σε ένα όχημα που κινείται στον δρόμο και μιας βάσης δεδομένων που λαμβάνει δεδομένα από τον αισθητήρα, τα οποία στην συνέχεια αναλύει με αποτέλεσμα να εξάγει πληροφορίες και συμπεράσματα για το οδόστρωμα καθώς και για τον τρόπο οδήγησης του οχήματος.

Η δημιουργία αυτού του πληροφοριακού συστήματος έχει ως στόχο να καταφέρει να «ενημερώσει» έγκαιρα τους δημόσιους και γενικά τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για την συντήρηση και επισκευή των οδοστρωμάτων, αλλά και να προλάβει τυχόν ατυχήματα και να αποτιμήσει την επικινδυνότητα που μπορεί να προκαλέσει μια φθορά, πιθανώς με την βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης.

Το πληροφοριακό σύστημα που δημιουργείται καταφέρει να συλλέξει δεδομένα και να καταγράψει μετρήσεις, με τη βοήθεια αισθητήρων, που υπάρχουν εγκατεστημένοι σε ένα όχημα, σχετικά με την κατάσταση του οδοστρώματος που κινείτε το όχημα αυτό. Αυτές οι μετρήσεις και τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες, αποστέλλονται από ένα MQTT – client (publisher) σε έναν άλλον (subscriber). Ο δεύτερος MQTT - client με την σειρά του αποθηκεύει τα data σε μία βάση δεδομένων MySQL dB. Από την βάση δεδομένων MySQL dB, στην οποία αναλύονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, το ανοικτό λογισμικό Grafana απεικονίζει τα data σε μορφή γραφημάτων, ενώ παράλληλα ενημερώνει τον χρήστη με λυχνίες led όταν αυτά ξεπερνάνε κάποιες τιμές-όρια, που έχουν οριστεί στους άξονες X και Y που κινείται το όχημα. Στόχος είναι η σωστή επικοινωνία μεταξύ των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται με την σωστή απεικόνιση των γραφημάτων καθώς και την ορθή λειτουργία ένδειξης (ενεργοποίηση led) πάνω στον μικρο-υπολογιστή που χρησιμοποιείται, με στόχο να ικανοποιηθεί ο αρχικός σκοπός της εργασίας.

Η επικοινωνία αυτή πραγματοποιείται σε τρία βήματα που υλοποιούνται και που αναπτύσσονται παρακάτω στο κεφάλαιο 3.3.

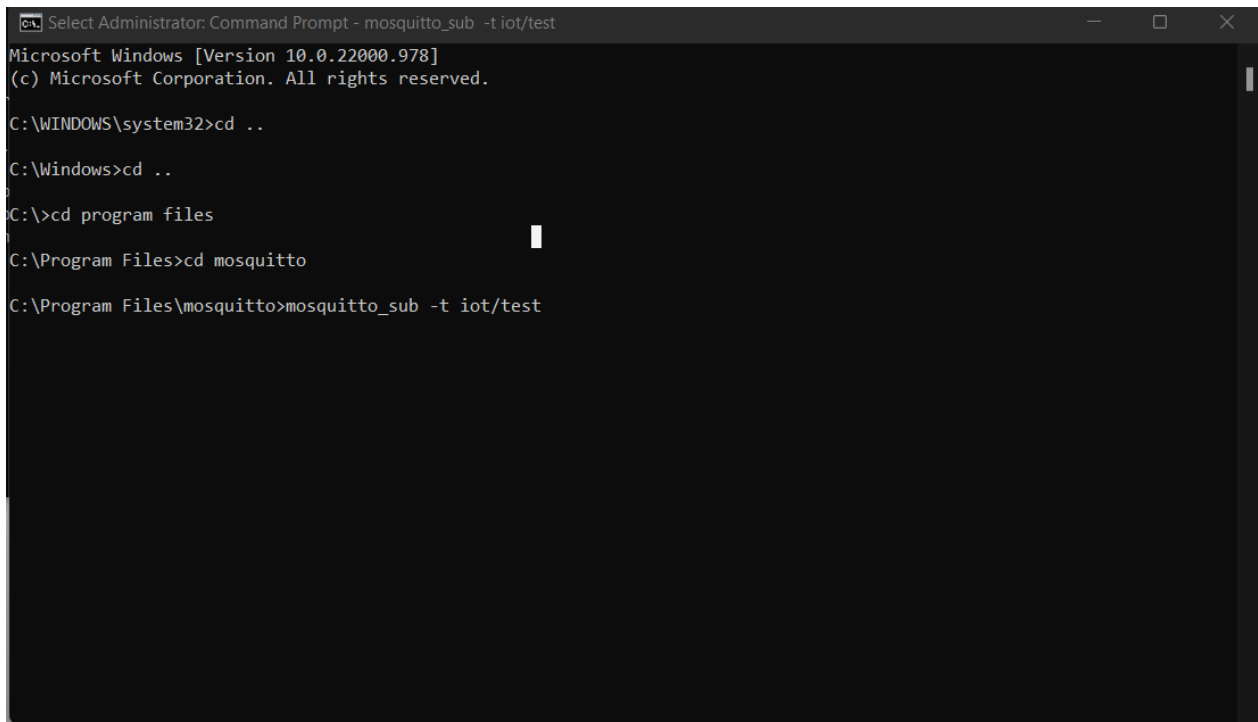
Για την υλοποίηση του Πληροφοριακού Συστήματος τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται, παρέχονται από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και συγκεκριμένα από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων. Τα εργαλεία αυτά είναι ένας αισθητήρας Lpms-UttL2 και ένα raspberry pi model 3 model b καθώς και τρεις λυχνίες Led, που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία ενός κυκλώματος.

### 3.2 Δημιουργία Π.Σ.

Στο υποκεφάλαιο αυτό μέσω κάποιον στιγμιοτύπων οθόνης θα γίνει πιο κατανοητή η υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η δημιουργία του mosquitto broker σε συνδυασμό με του publisher και subscriber.

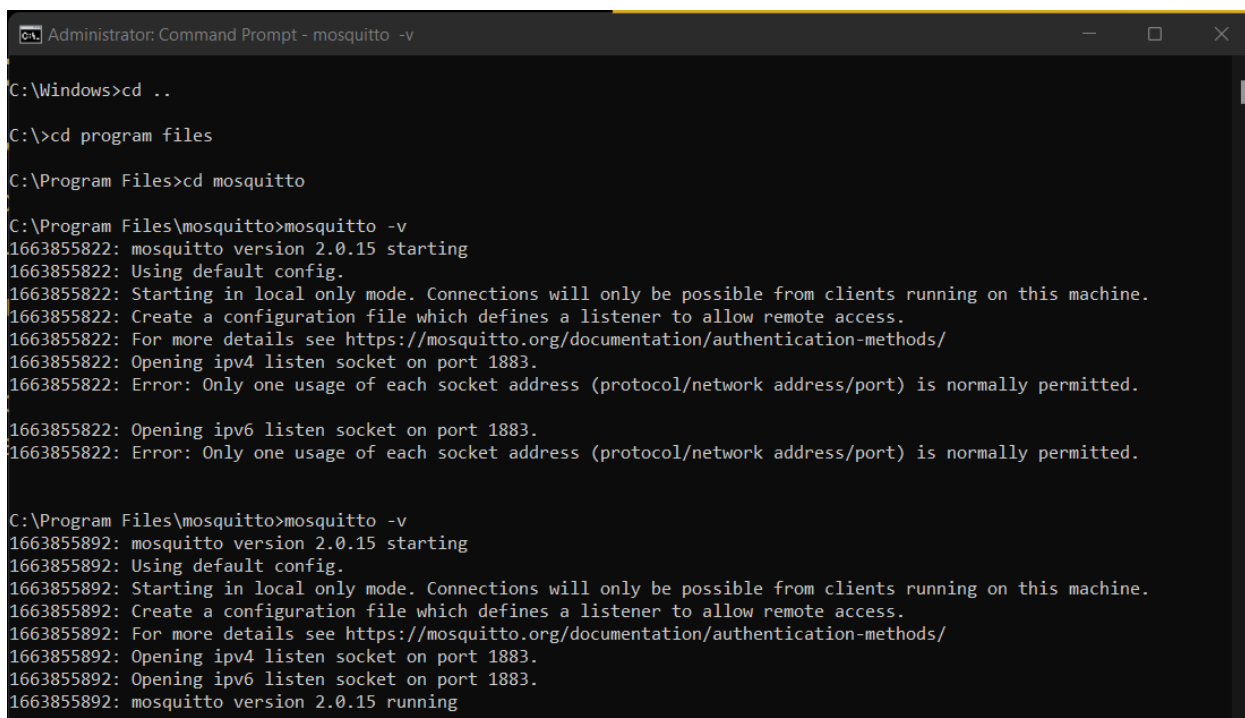
Εικόνα 5. Εκκίνηση mosquitto broker.



```
Select Administrator: Command Prompt - mosquitto_sub -t iot/test
Microsoft Windows [Version 10.0.22000.978]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\WINDOWS\system32>cd ..
C:\Windows>cd ..
C:\>cd program files
C:\Program Files>cd mosquitto
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t iot/test
```

Εικόνα 6. Έλεγχος λειτουργίας του broker με την δημιουργία ενός subscriber για δοκιμές επικοινωνίας μεταξύ τους.



```
Administrator: Command Prompt - mosquitto -v
C:\Windows>cd ..
C:\>cd program files
C:\Program Files>cd mosquitto
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -v
1663855822: mosquitto version 2.0.15 starting
1663855822: Using default config.
1663855822: Starting in local only mode. Connections will only be possible from clients running on this machine.
1663855822: Create a configuration file which defines a listener to allow remote access.
1663855822: For more details see https://mosquitto.org/documentation/authentication-methods/
1663855822: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1663855822: Error: Only one usage of each socket address (protocol/network address/port) is normally permitted.
1663855822: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1663855822: Error: Only one usage of each socket address (protocol/network address/port) is normally permitted.
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -v
1663855892: mosquitto version 2.0.15 starting
1663855892: Using default config.
1663855892: Starting in local only mode. Connections will only be possible from clients running on this machine.
1663855892: Create a configuration file which defines a listener to allow remote access.
1663855892: For more details see https://mosquitto.org/documentation/authentication-methods/
1663855892: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1663855892: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1663855892: mosquitto version 2.0.15 running
```

Εικόνα 7. Επιβεβαίωση σύνδεσης του sub στον broker.

```
Administrator: Command Prompt - mosquitto -v

1663855822: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1663855822: Error: Only one usage of each socket address (protocol/network address/port) is normally permitted.

C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -v
1663855892: mosquitto version 2.0.15 starting
1663855892: Using default config.
1663855892: Starting in local only mode. Connections will only be possible from clients running on this machine.
1663855892: Create a configuration file which defines a listener to allow remote access.
1663855892: For more details see https://mosquitto.org/documentation/authentication-methods/
1663855892: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1663855892: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1663855892: mosquitto version 2.0.15 running
1663856335: New connection from ::1:52543 on port 1883.
1663856335: New client connected from ::1:52543 as auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582 (p2, c1, k60).
1663856335: No will message specified.
1663856335: Sending CONNACK to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582 (0, 0)
1663856335: Received SUBSCRIBE from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856335:   iot/test (QoS 0)
1663856335: auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582 0 iot/test
1663856335: Sending SUBACK to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856395: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856395: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856455: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856455: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
```

Εικόνα 8. Αποστολή μηνύματος Hello Word και λήψη από τον sub που υποδηλώνει την σωστή λειτουργία της επικοινωνίας τους,

```
Administrator: Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.22000.978]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

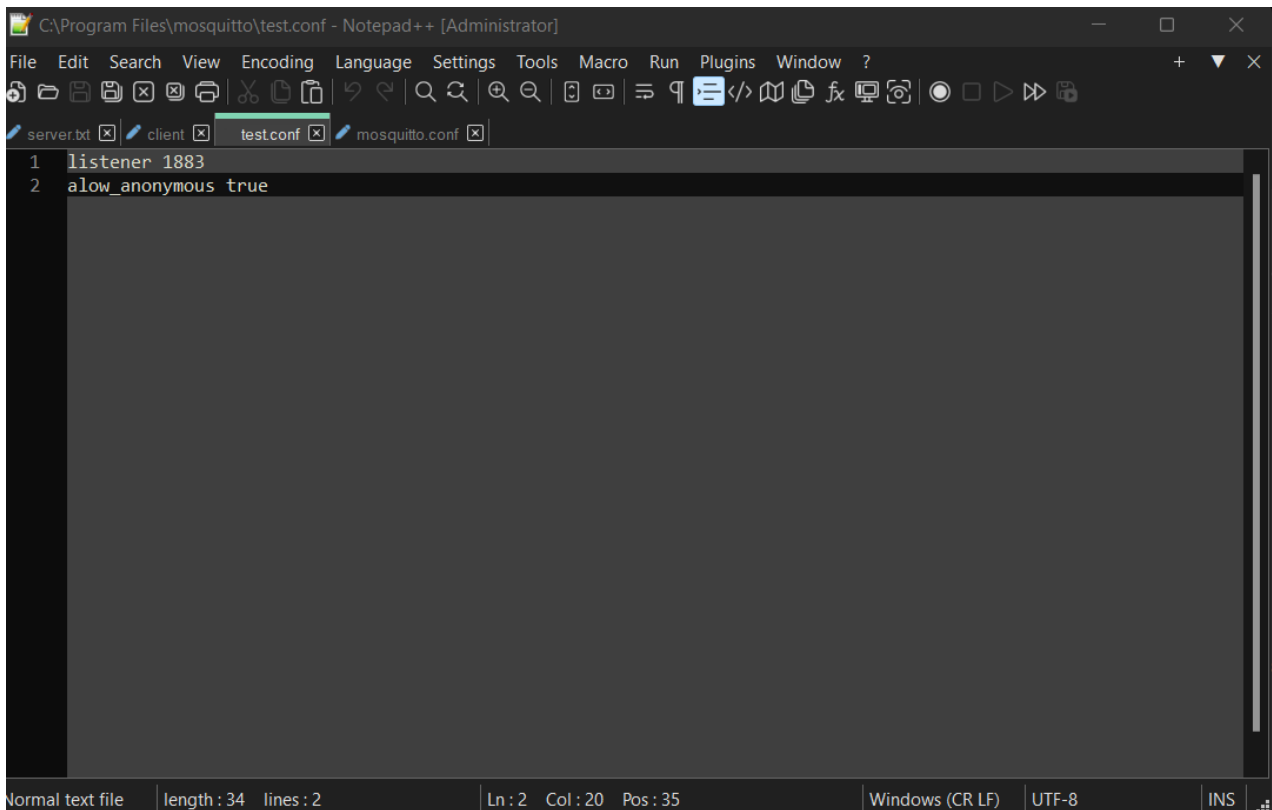
C:\WINDOWS\system32>cd ..
C:\Windows>cd ..
C:\>cd program files
C:\Program Files>cd mosquitto
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t iot/test -m HelloWorld
C:\Program Files\mosquitto>
```

```
Administrator: Command Prompt - mosquitto -v
1663856335:   iot/test (QoS 0)
1663856335: auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582 0 iot/test
1663856335: Sending SUBACK to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856395: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856395: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856455: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856455: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856515: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856515: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856575: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856575: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856635: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856635: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856695: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856695: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856755: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856755: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856760: New connection from ::1:52627 on port 1883.
1663856760: New client connected from ::1:52627 as auto-2B6ADFCE-B752-5FE2-C34B-D177FEA71322 (p2, c1, k60).
1663856760: No will message specified.
1663856760: Sending CONNACK to auto-2B6ADFCE-B752-5FE2-C34B-D177FEA71322 (0, 0)
1663856760: Received PUBLISH from auto-2B6ADFCE-B752-5FE2-C34B-D177FEA71322 (q0, q0, r0, m0, 'iot/test', ... (10 bytes))
1663856760: Received DISCONNECT from auto-2B6ADFCE-B752-5FE2-C34B-D177FEA71322
1663856760: Client auto-2B6ADFCE-B752-5FE2-C34B-D177FEA71322 disconnected.
1663856815: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856815: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856875: Received PINGREQ from auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
1663856875: Sending PINGRESP to auto-900A0A09-2F45-4FF6-70AB-74A8B5A23582
```

```
Administrator: Command Prompt - mosquitto_sub -t iot/test
Microsoft Windows [Version 10.0.22000.978]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

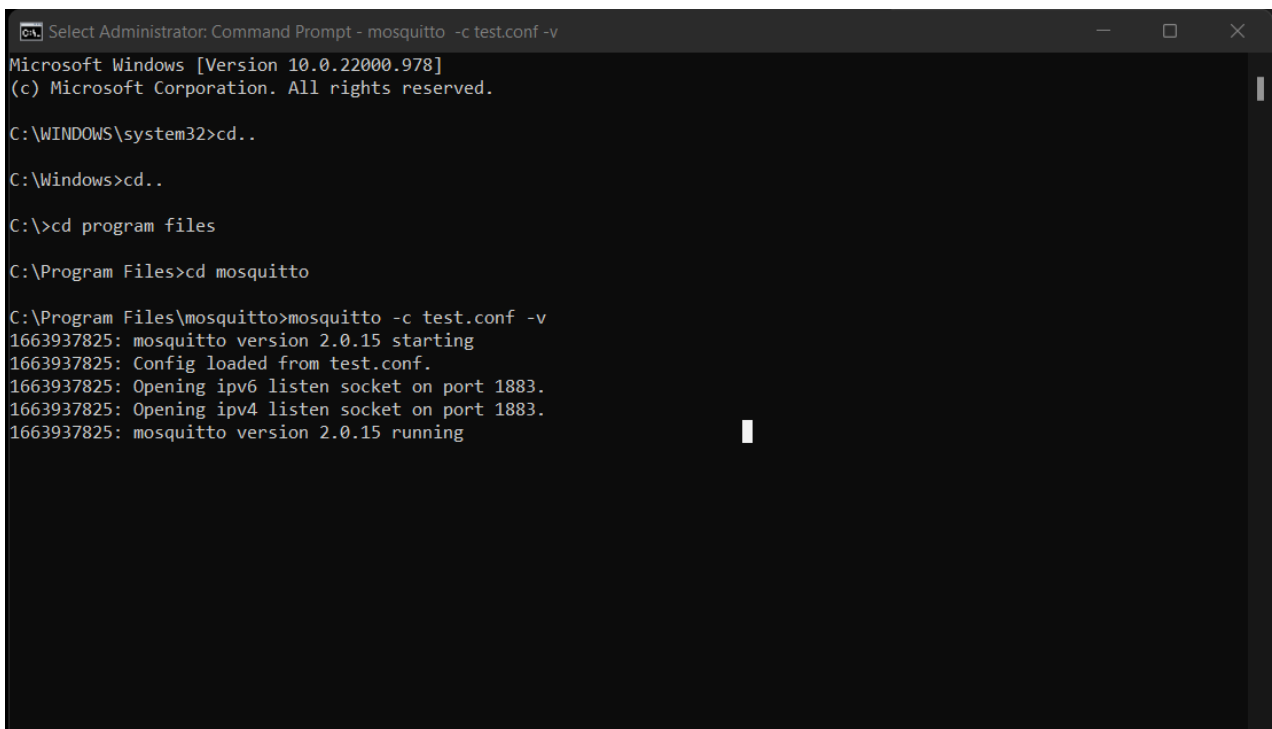
C:\WINDOWS\system32>cd ..
C:\Windows>cd ..
C:\>cd program files
C:\Program Files>cd mosquitto
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t iot/test
HelloWorld
```

Εικόνα 9. Δημιουργία configuration file (θέτοντας listener το port1883 και επιτρέποντας σύνδεση χωρίς αυθεντικοποίηση ) για να διαμορφωθεί κατάλληλα ο broker για την υλοποίηση.



```
C:\Program Files\mosquitto\test.conf - Notepad++ [Administrator]
File Edit Search View Encoding Language Settings Tools Macro Run Plugins Window ?
server.bt client test.conf mosquito.conf
1 listener 1883
2 allow_anonymous true
Normal text file | length: 34 | lines: 2 | Ln: 2 | Col: 20 | Pos: 35 | Windows (CR LF) | UTF-8 | INS
```

Εικόνα 10. Εκκίνηση του mosquitto broker με χρήση του configuration file.



```
Select Administrator: Command Prompt - mosquitto -c test.conf -v
Microsoft Windows [Version 10.0.22000.978]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\WINDOWS\system32>cd..
C:\Windows>cd..
C:\>cd program files
C:\Program Files>cd mosquitto
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -c test.conf -v
1663937825: mosquitto version 2.0.15 starting
1663937825: Config loaded from test.conf.
1663937825: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1663937825: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1663937825: mosquitto version 2.0.15 running
```

Εικόνα 11. Επιβεβαίωση του sub στην οθόνη του broker.

```
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -c test.conf -v
1663938222: mosquitto version 2.0.15 starting
1663938222: Config loaded from test.conf.
1663938222: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1663938222: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1663938222: mosquitto version 2.0.15 running
1663938316: New connection from 192.168.1.18:36642 on port 1883.
1663938316: New client connected from 192.168.1.18:36642 as raspberry (p2, c1, k60).
1663938316: No will message specified.
1663938316: Sending CONNACK to raspberry (0, 0)
1663938316: Received SUBSCRIBE from raspberry
1663938316:      iot/test (QoS 0)
1663938316: raspberry 0 iot/test
1663938316: Sending SUBACK to raspberry
1663938376: Received PINGREQ from raspberry
1663938376: Sending PINGRESP to raspberry
```

Εικόνα 12. Αποστολή δοκιμαστικού μηνύματος από publisher για την επιβεβαίωση της σωστής επικοινωνίας.

```
Administrator: Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.22000.978]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\WINDOWS\system32>cd..

C:\Windows>cd..

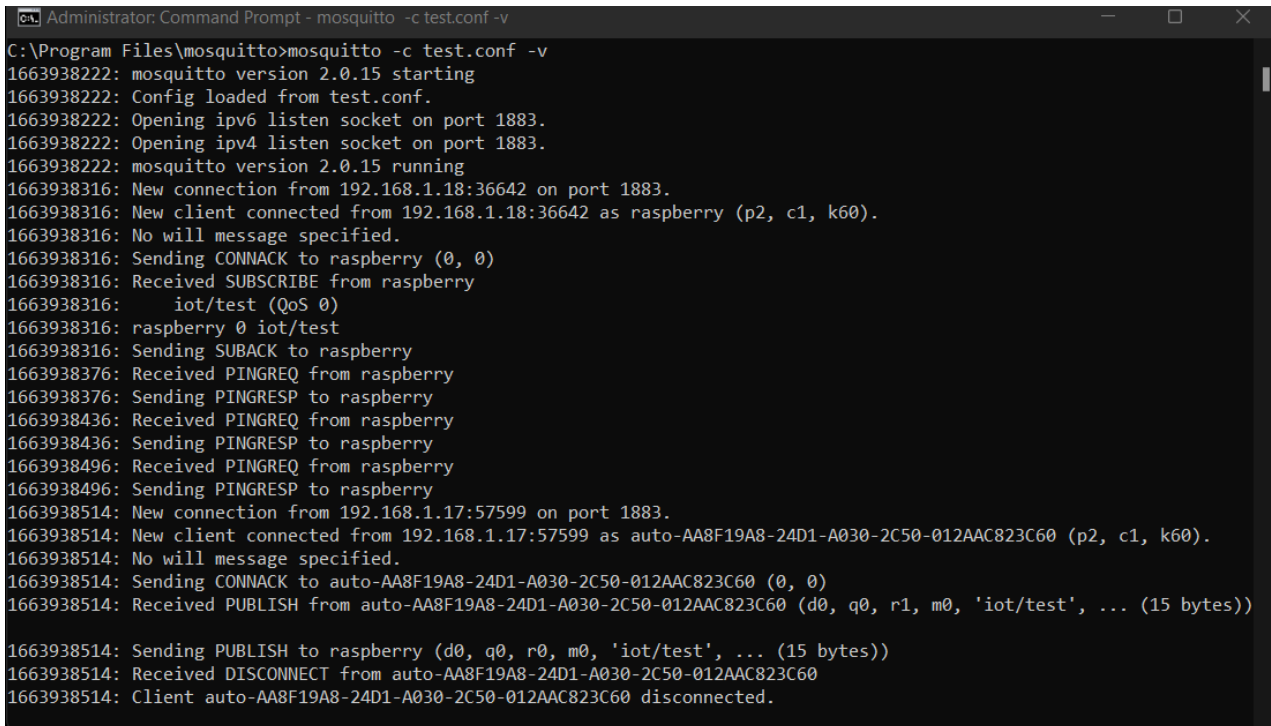
C:\>cd program files

C:\Program Files>cd mosquito

C:\Program Files\mosquito>mosquito_pub -h 192.168.1.17 -t iot/test -r -m "Connection Test" -d
Client null sending CONNECT
Client null received CONNACK (0)
Client null sending PUBLISH (d0, q0, r1, m1, 'iot/test', ... (15 bytes))
Client null sending DISCONNECT

C:\Program Files\mosquito>
```

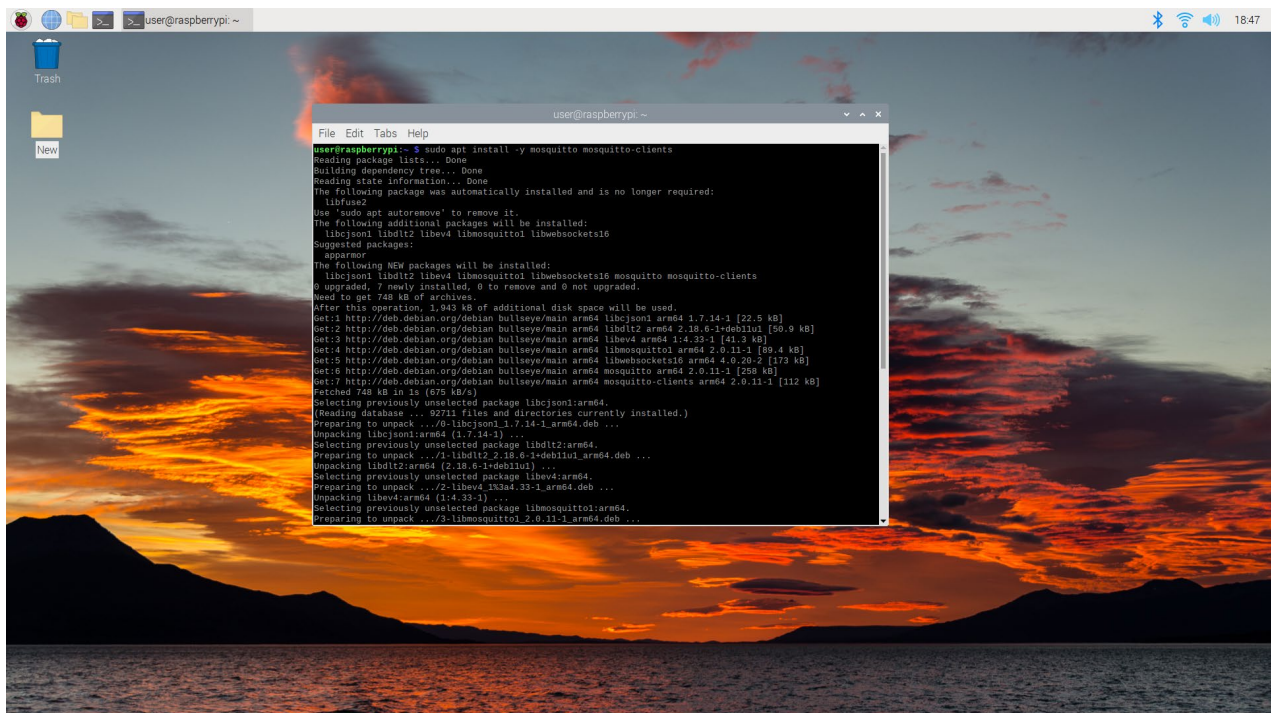
Εικόνα 13. Επιβεβαίωση λήψης στην οθόνη του broker του μηνύματος που στάλθηκε.



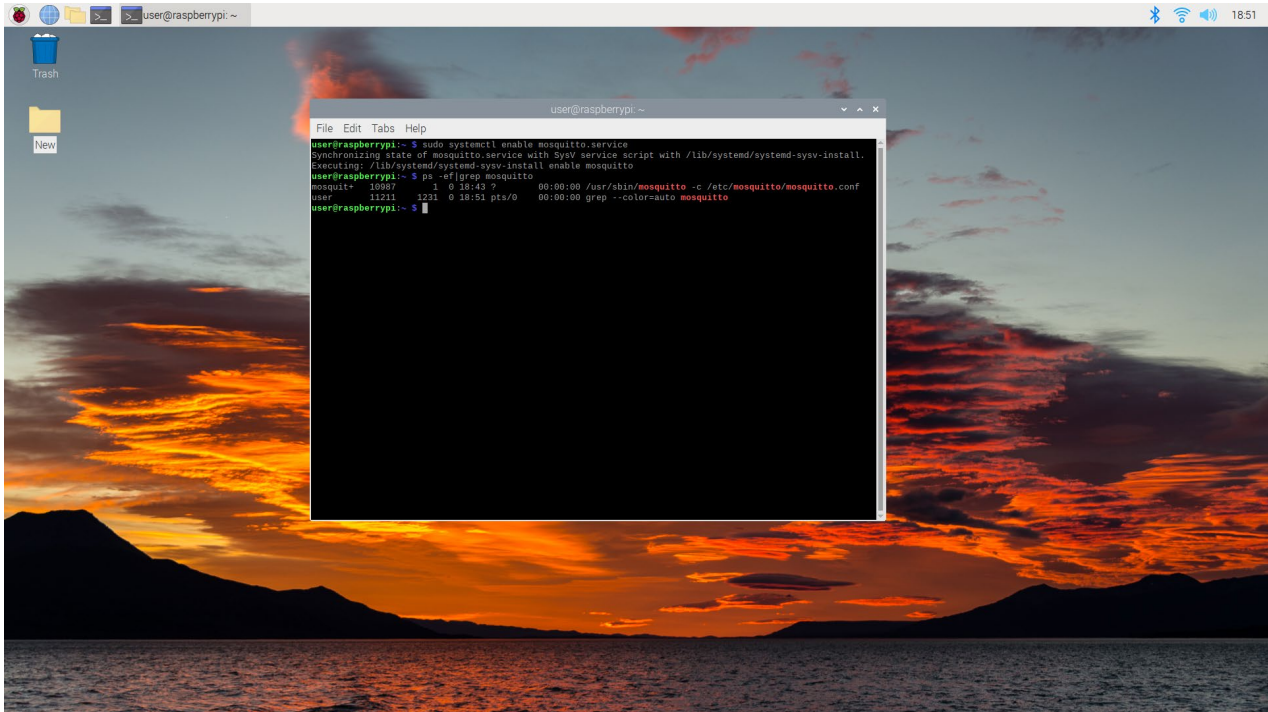
```
Administrator: Command Prompt - mosquitto -c test.conf -v
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -c test.conf -v
1663938222: mosquitto version 2.0.15 starting
1663938222: Config loaded from test.conf.
1663938222: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1663938222: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1663938222: mosquitto version 2.0.15 running
1663938316: New connection from 192.168.1.18:36642 on port 1883.
1663938316: New client connected from 192.168.1.18:36642 as raspberr (p2, c1, k60).
1663938316: No will message specified.
1663938316: Sending CONNACK to raspberr (0, 0)
1663938316: Received SUBSCRIBE from raspberr
1663938316:   iot/test (QoS 0)
1663938316: raspberr 0 iot/test
1663938316: Sending SUBACK to raspberr
1663938376: Received PINGREQ from raspberr
1663938376: Sending PINGRESP to raspberr
1663938436: Received PINGREQ from raspberr
1663938436: Sending PINGRESP to raspberr
1663938496: Received PINGREQ from raspberr
1663938496: Sending PINGRESP to raspberr
1663938514: New connection from 192.168.1.17:57599 on port 1883.
1663938514: New client connected from 192.168.1.17:57599 as auto-AA8F19A8-24D1-A030-2C50-012AAC823C60 (p2, c1, k60).
1663938514: No will message specified.
1663938514: Sending CONNACK to auto-AA8F19A8-24D1-A030-2C50-012AAC823C60 (0, 0)
1663938514: Received PUBLISH from auto-AA8F19A8-24D1-A030-2C50-012AAC823C60 (d0, q0, r1, m0, 'iot/test', ... (15 bytes))
1663938514: Sending PUBLISH to raspberr (d0, q0, r0, m0, 'iot/test', ... (15 bytes))
1663938514: Received DISCONNECT from auto-AA8F19A8-24D1-A030-2C50-012AAC823C60
1663938514: Client auto-AA8F19A8-24D1-A030-2C50-012AAC823C60 disconnected.
```

Στην συνέχεια στο λογισμικό του Raspberry πi θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση του mosquitto και η δημιουργία του topic iot/test ώστε να «μιλάνε» publisher και sub. Το Raspberry πi θα είναι ο sub του συστήματος

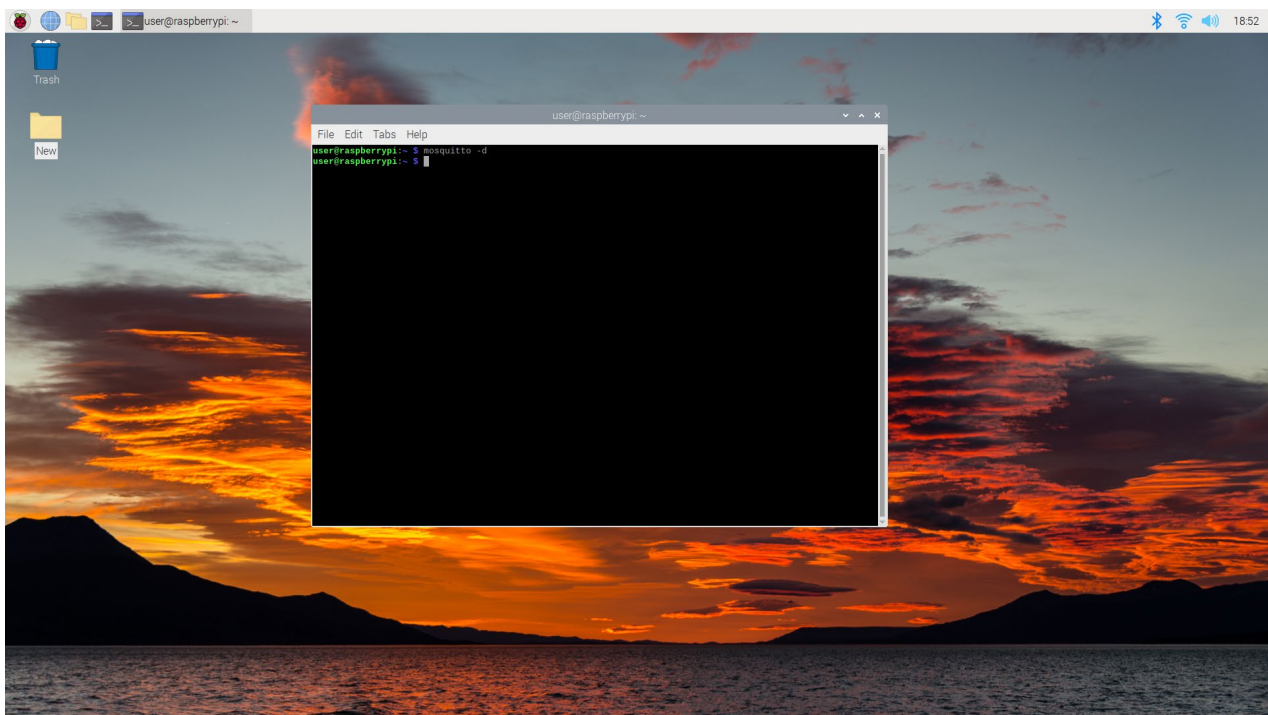
Εικόνα 14. Εγκατάσταση του mosquitto .



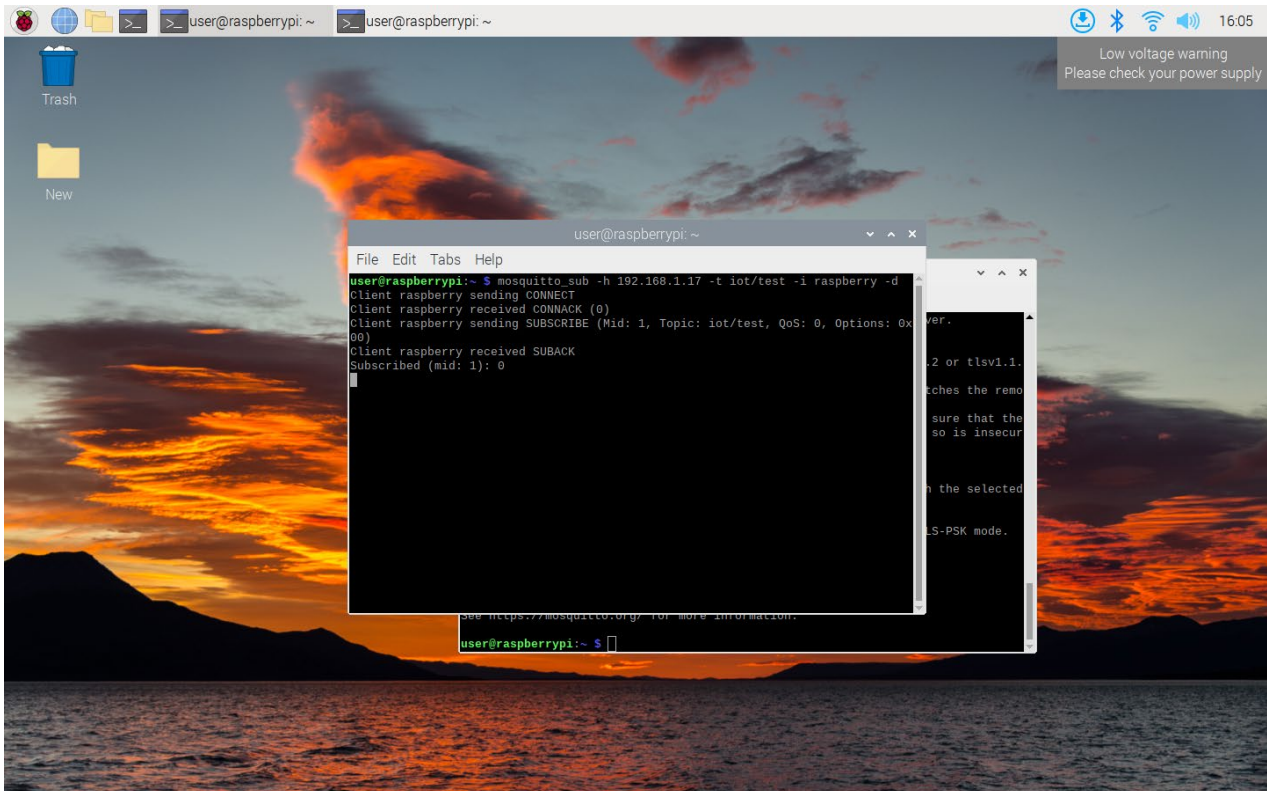
Εικόνα 15. Ενεργοποίηση της υπηρεσίας mosquito services.



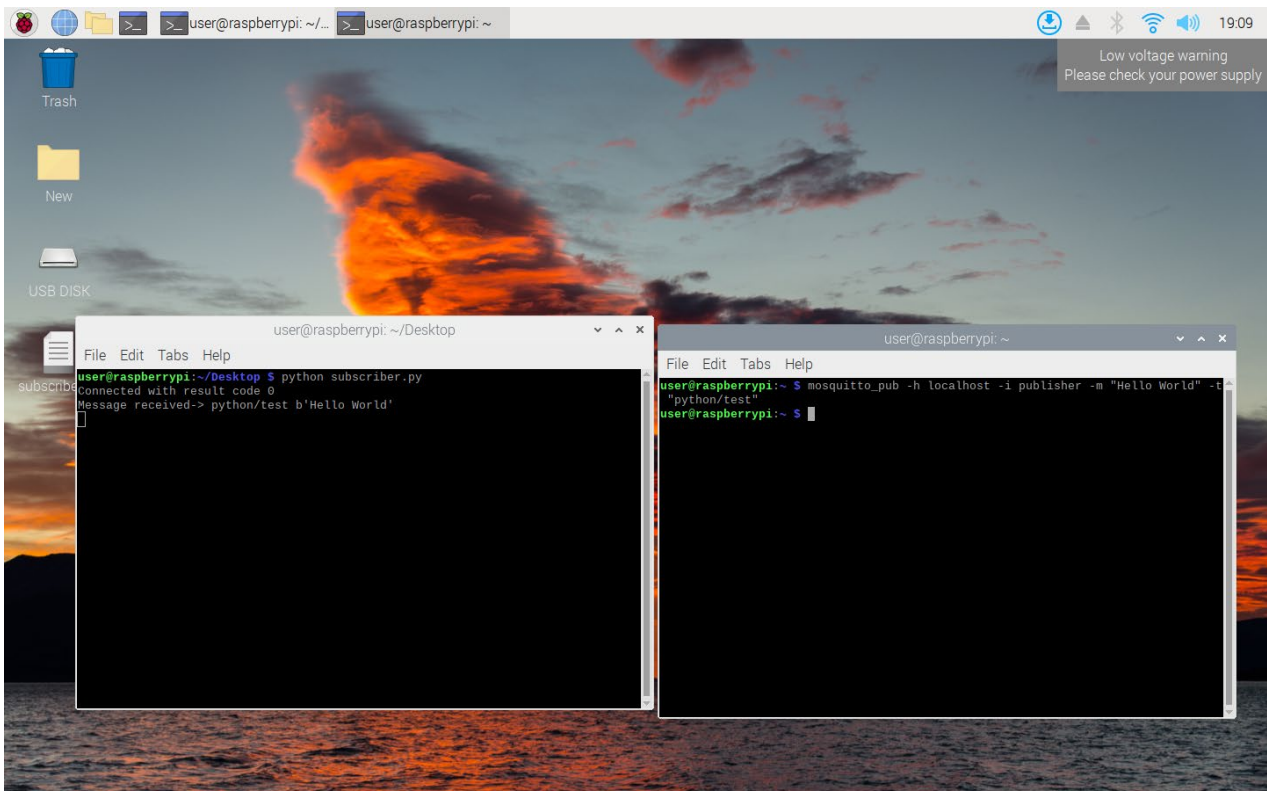
Εικόνα 16. Ενεργοποίηση του mosquito domain.



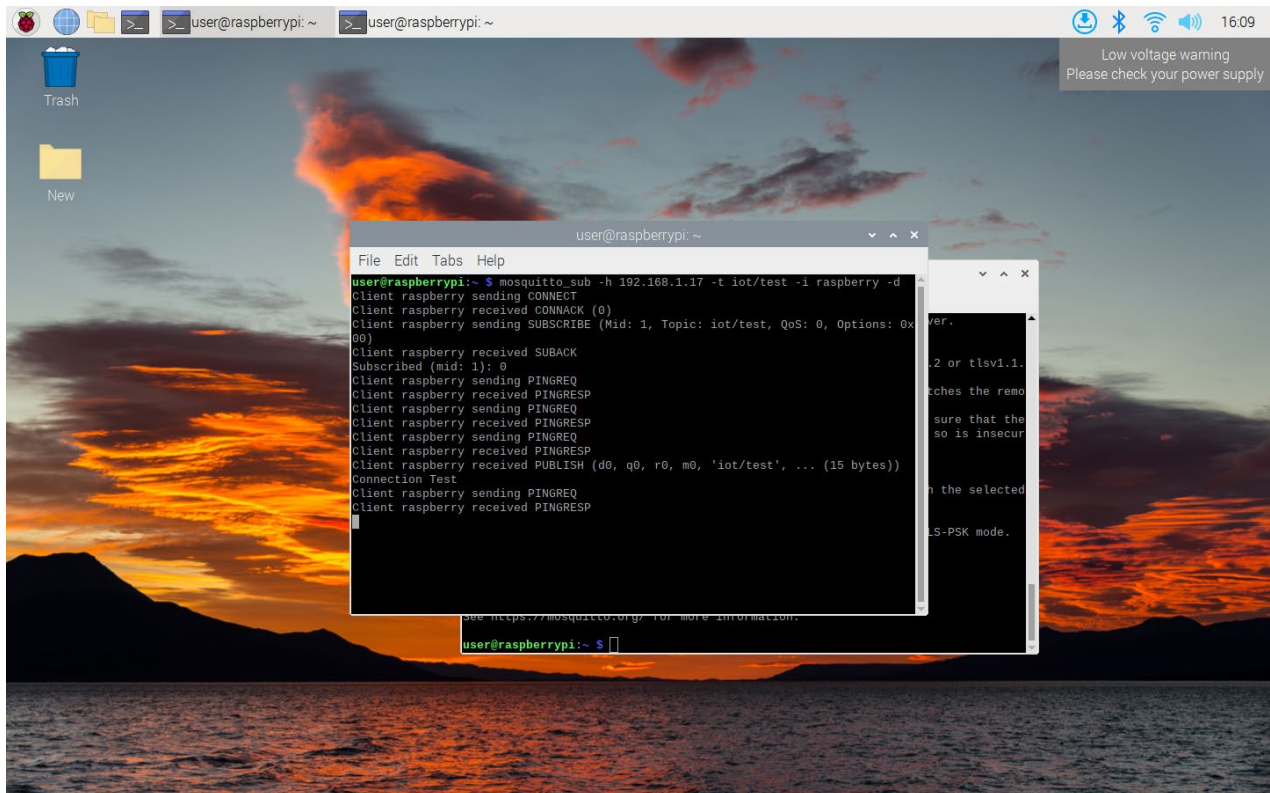
Εικόνα 17. Σύνδεση με τον broker ως sub στο topic iot/test για την μεταξύ τους επικοινωνία.



Εικόνα 18. Επιβεβαίωση λήψης στην οθόνη του sub που δηλώνει την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

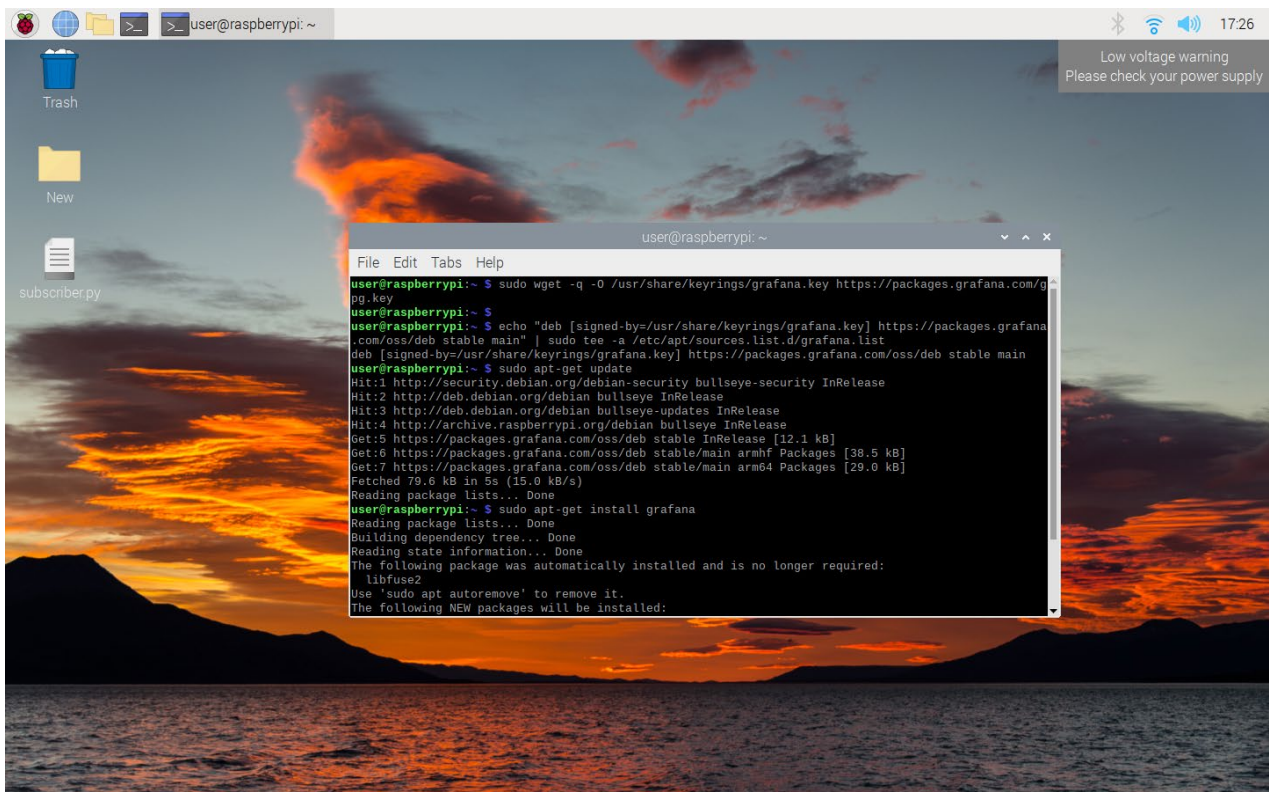


Εικόνα 19. Λειτουργία του προγράμματος `rhythm` που θα παίρνει τις πληροφορίες από το αρχείο που θα στέλνει ο publisher του συστήματος (κομμάτι του κώδικα υπάρχει στο παράρτημα Ι).

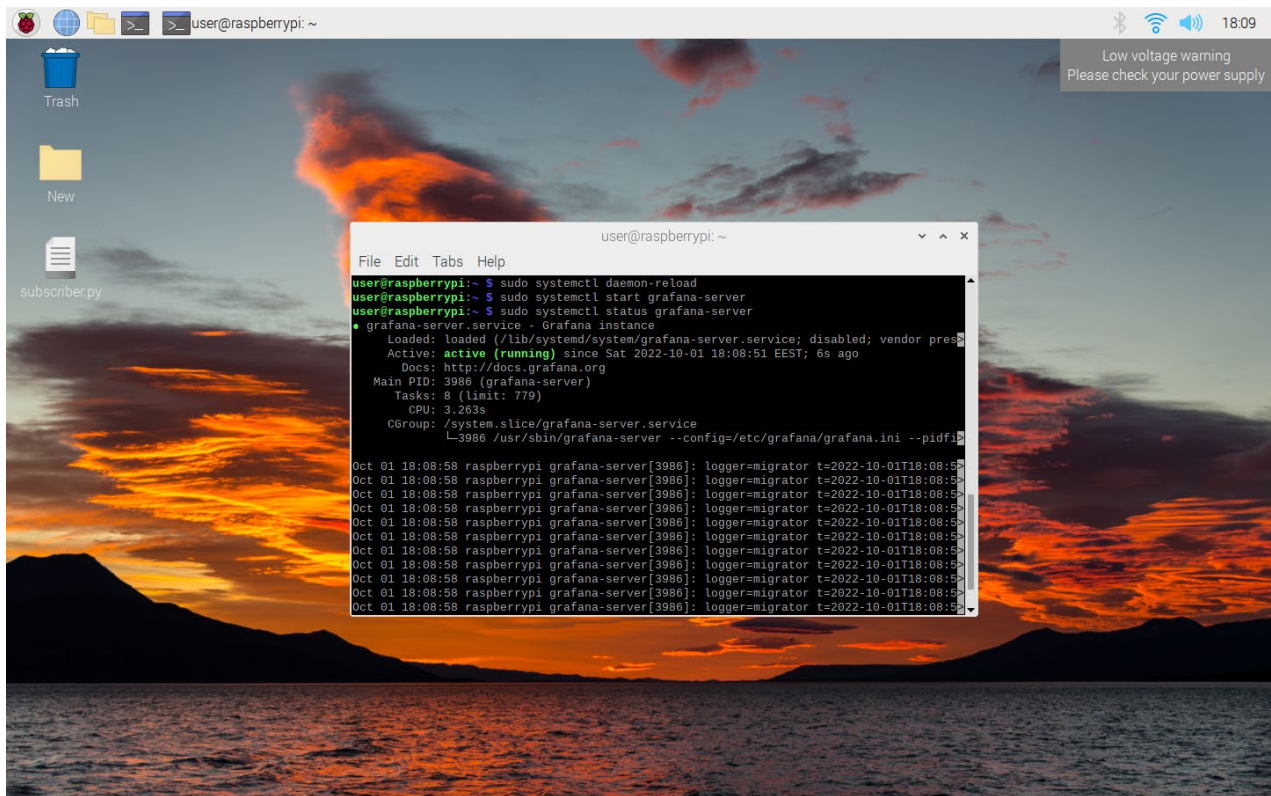


Αφού επιτεύχθηκε η επικοινωνία σειρά έχει η απεικόνιση αυτών των πληροφοριών που θα γίνει με το λογισμικό Grafana.

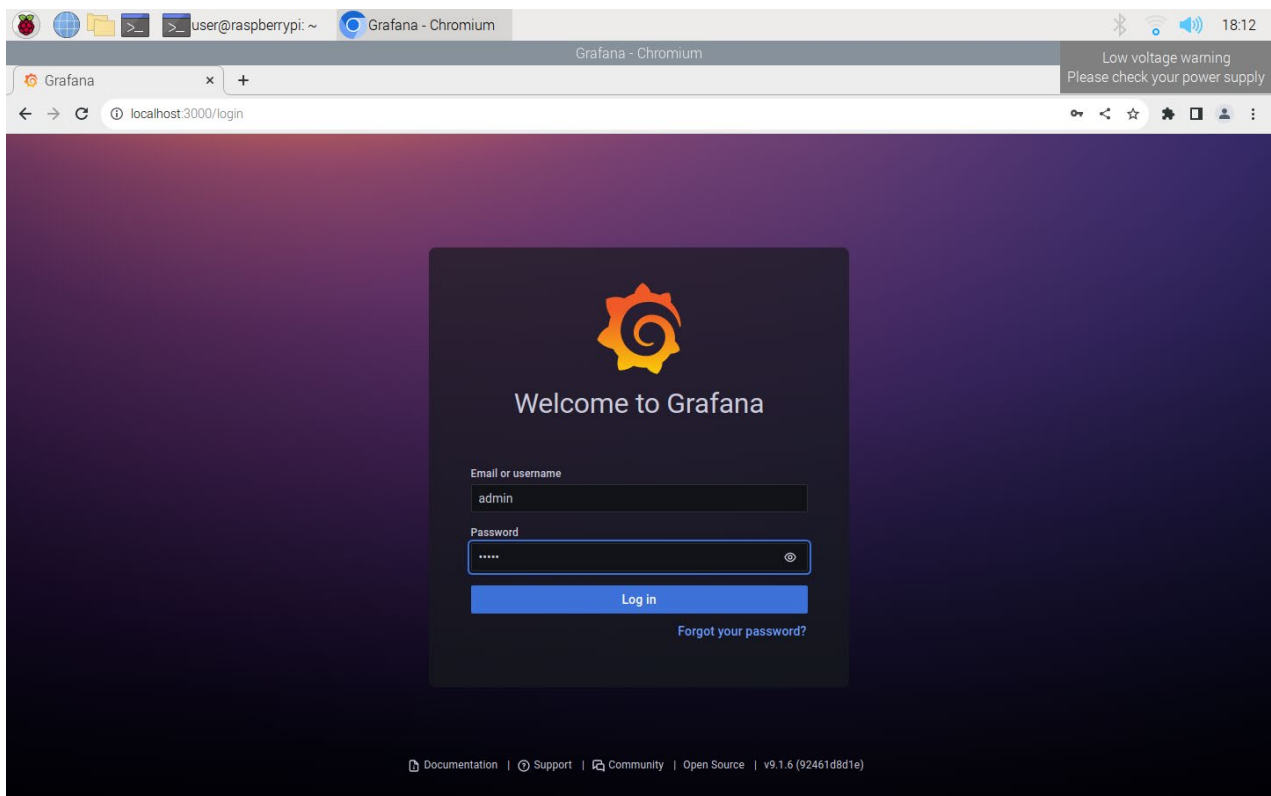
Εικόνα 20. Εγκατάσταση λογισμικού Grafana .



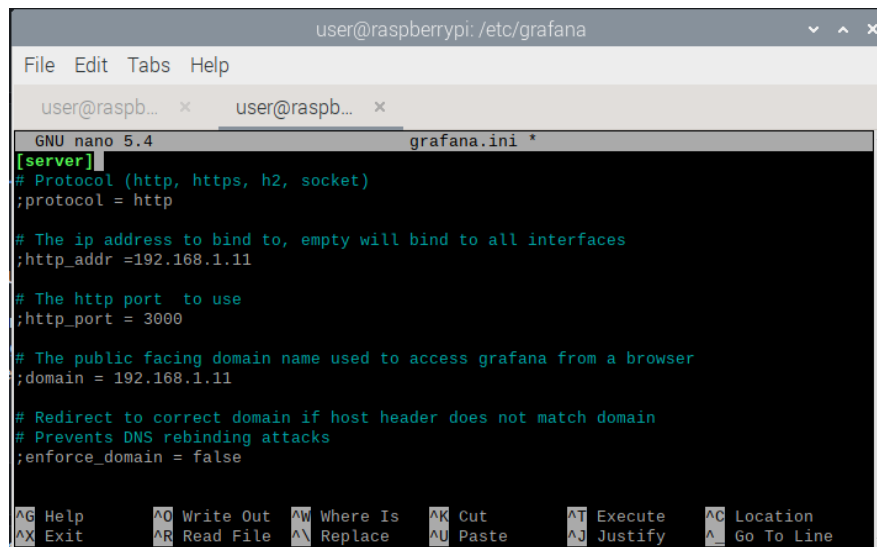
Εικόνα 21. Επιβεβαίωση λειτουργίας του Grafana.



Εικόνα 22. Σύνδεση στο Grafana.



Εικόνα 23. Παραμετροποίηση του configuration file του Grafana για σύνδεση το τοπικό δίκτυο.



```
user@raspberrypi: /etc/grafana
File Edit Tabs Help
user@raspb... x user@raspb... x
GNU nano 5.4 grafana.ini *
[server]
# Protocol (http, https, h2, socket)
;protocol = http

# The ip address to bind to, empty will bind to all interfaces
;http_addr = 192.168.1.11

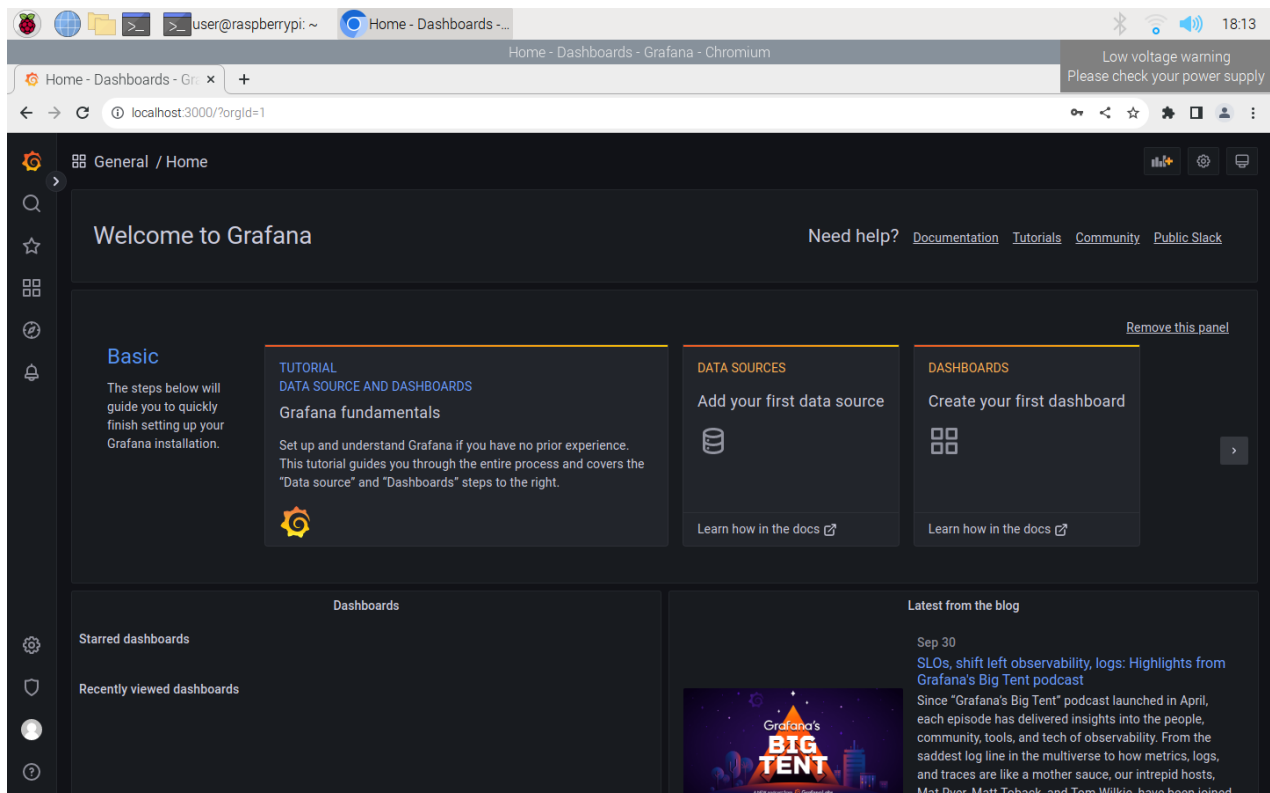
# The http port to use
;http_port = 3000

# The public facing domain name used to access grafana from a browser
;domain = 192.168.1.11

# Redirect to correct domain if host header does not match domain
# Prevents DNS rebinding attacks
;enforce_domain = false

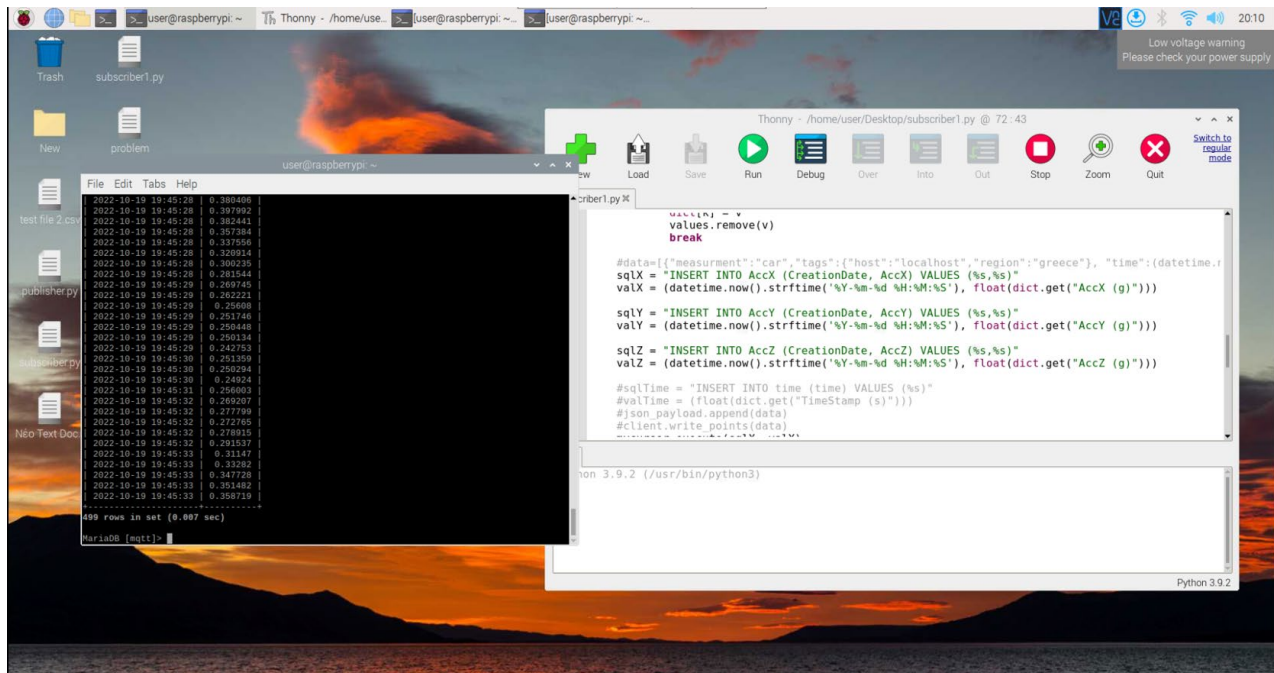
AG Help      AO Write Out  AW Where Is   AK Cut        AT Execute    AC Location
AX Exit      AR Read File  AL Replace    AP Paste      AJ Justify    AA Go To Line
```

Εικόνα 24. Αρχική σελίδα του λογισμικού.



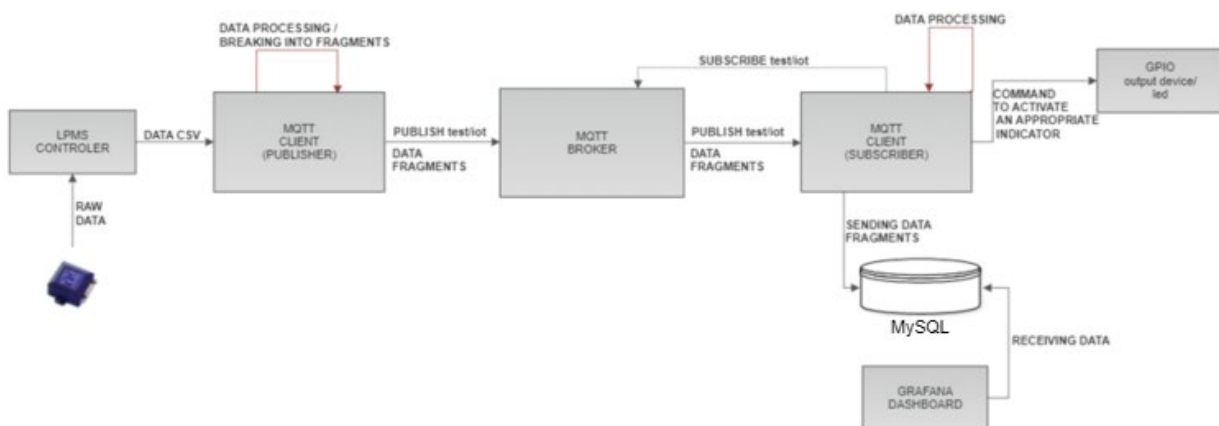
Για την ολοκλήρωση της ιδέας του Π.Σ. εγκαταστάθηκε και το Mysql database για την αποθήκευση των δεδομένων που λαμβάνει ο sub.

Εικόνα 25. Mysql database



Για να γίνει πιο κατανοητό, στο Σχήμα 4 αποτυπώνετε όλο το Π.Σ. και ότι δημιουργήθηκε μέχρι τώρα . Στο σενάριο της ιδέας ο publisher είναι το όχημα 1 ενώ ο subscriber είναι το όχημα 2. Όχημα 1 αντιμετωπίζει το συμβάν και στέλνει δεδομένα , όχημα 2 ειδοποιείται για το συμβάν.

Σχήμα 4. Διάγραμμα Πληροφορικού Συστήματος.



Διπλωματική Εργασία  
Διαδίκτυο των πραγμάτων στο αυτοκίνητο: Ανιχνευτής κινδύνων οδοστρώματος από αισθητήρες

Ο αισθητήρας LPMS-UTTL2 πραγματοποιεί τις ακόλουθες μετρήσεις με ρυθμό δειγματοληψίας τα 20msec:

- Επιταχυνσιόμετρο (αξελερόμετρο) στους τρεις άξονες (x-διεύθυνση κίνησης, y-πλευρική κίνηση/κάθετη στην κίνηση, z-κάθετος στο επίπεδο κίνησης).
- Γυροσκόπιο στους τρεις άξονες, που μετράει την περιστροφή (σε μοίρες) γύρω από τον κάθε άξονα.
- Μαγνητόμετρο στους τρεις άξονες – που πρακτικά υλοποιεί μια τρισδιάστατη πυξίδα.

Στην συνέχεια θα παρατεθούν στιγμιότυπα οθόνης από τις μετρήσεις που κατέγραψε ο αισθητήρας σε διάφορες καταστάσεις. Ο αισθητήρας καταγράφει όπως φαίνεται και παρακάτω αλλαγές στο άξονα X,Y,Z όπως και στο γυροσκόπιο και στις τελευταίες στήλες του πίνακα παρατηρούνται και οι μετρήσεις του αξελερόμετρο σε μονάδα μέτρησης g.

Εικόνα 26. Αρχείο csv από οδήγηση σε δρόμο χωρίς ιδιαίτερες κακουχίες .

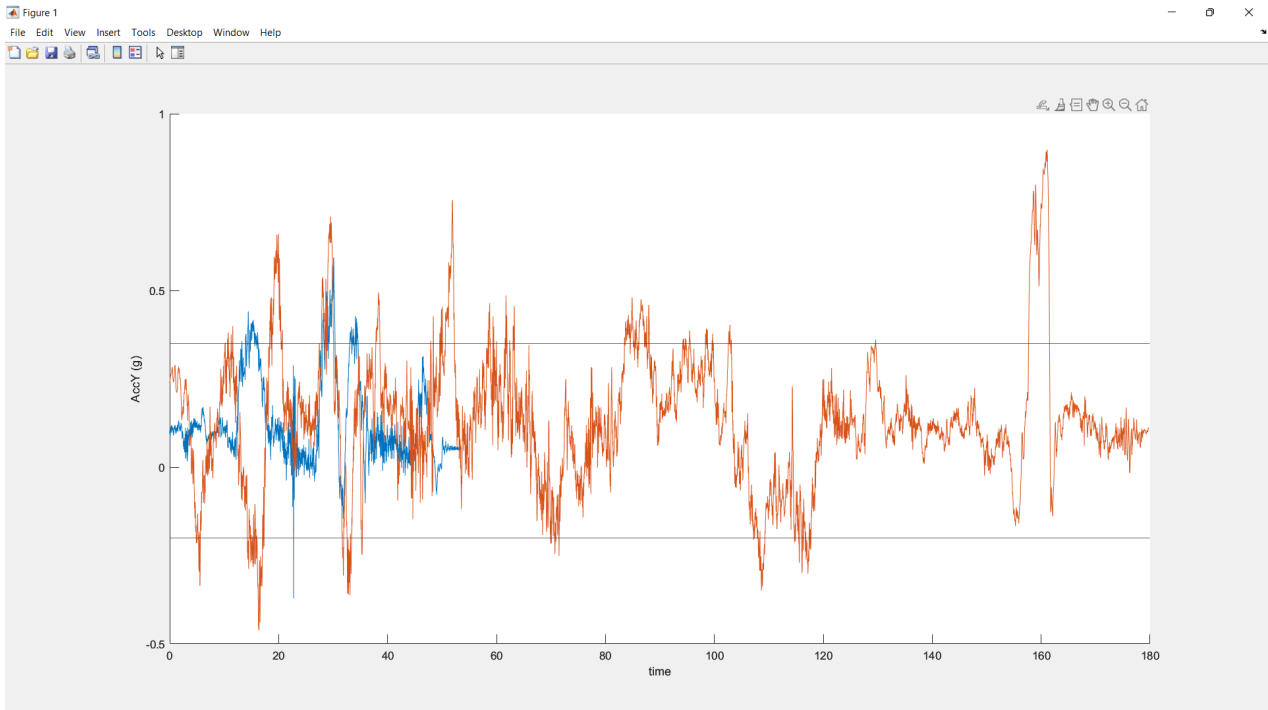
|    | A        | B        | C        | D         | E         | F         | G         | H          | I         | J         | K         | L         | M         | N         | O         | P         | Q         | R         | S         | T         | U         | V          | W         |          |    |
|----|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|----|
| 1  | SensorId | TimeStam | FrameNum | AccX(g)   | AccY(g)   | AccZ(g)   | GyroX(de  | GyroY(de   | GyroZ(de  | MagX(uT)  | MagY(uT)  | MagZ(uT)  | EulerX(de | EulerY(de | EulerZ(de | QuatW     | QuatX     | QuatY     | QuatZ     | LinAccX(g | LinAccY(g | Pressure   | Alt       |          |    |
| 2  | 1        | 0.0000   | 0        | 0.561806; | 0.099772; | 0.838960; | 0.212802; | -0.235124  | 0.463998; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.009168; | -0.011624; | -0.022738 | 0.000000 | -4 |
| 3  | 1        | 0.0200   | 1        | 0.566116; | 0.094136; | 0.821110; | 0.291026; | -0.266675  | 0.374167; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.004767; | -0.005824  | -0.004843 | 0.000000 | -4 |
| 4  | 1        | 0.0400   | 2        | 0.564460; | 0.104894; | 0.849956; | 0.174816; | -0.143075  | 0.463234; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.006571; | -0.019498  | -0.024661 | 0.000000 | -4 |
| 5  | 1        | 0.0600   | 3        | 0.559375; | 0.095542; | 0.832534; | 0.204950; | -0.179268  | 0.151380; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.011502; | -0.007138  | -0.006271 | 0.000000 | -4 |
| 6  | 1        | 0.0800   | 4        | 0.561850; | 0.104150; | 0.829680; | 0.016526; | -0.190684  | -0.071836 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.007749; | -0.014524  | -0.012655 | 0.000000 | -4 |
| 7  | 1        | 0.1000   | 5        | 0.551237; | 0.094324; | 0.821731; | 0.105490; | -0.191726  | -0.262455 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.018396; | -0.004637  | -0.004741 | 0.000000 | -4 |
| 8  | 1        | 0.1200   | 6        | 0.556513; | 0.091621; | 0.823260; | 0.261298; | -0.171403  | -0.210801 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.013184; | -0.001836 | -0.006326  | 0.000000  | -4       |    |
| 9  | 1        | 0.1400   | 7        | 0.554318; | 0.101900; | 0.824543; | 0.270048; | -0.174485  | -0.059621 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.015425; | -0.011987  | -0.007654 | 0.000000 | -4 |
| 10 | 1        | 0.1600   | 8        | 0.559152; | 0.102827; | 0.824733; | 0.356559; | -0.237006  | 0.022018; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.010654; | -0.012841  | -0.007886 | 0.000000 | -4 |
| 11 | 1        | 0.1800   | 9        | 0.556154; | 0.106909; | 0.828073; | 0.174368; | -0.078695  | 0.115854  | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.012837; | -0.015496  | -0.010827 | 0.000000 | -4 |
| 12 | 1        | 0.2000   | 10       | 0.554846; | 0.098194; | 0.823823; | 0.291351; | -0.070448  | 0.126912; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.014173; | -0.006733  | -0.006461 | 0.000000 | -4 |
| 13 | 1        | 0.2200   | 11       | 0.554567; | 0.114590; | 0.830896; | 0.133222; | -0.088836  | 0.427829; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.013950; | -0.022545  | -0.008032 | 0.000000 | -4 |
| 14 | 1        | 0.2400   | 12       | 0.557634; | 0.100466; | 0.822528; | 0.212021; | -0.110095  | 0.267437; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.010526; | -0.008032  | -0.004818 | 0.000000 | -4 |
| 15 | 1        | 0.2600   | 13       | 0.554118; | 0.107068; | 0.828936; | 0.240637; | -0.131002  | 0.328229; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.014086; | -0.014614  | -0.011225 | 0.000000 | -4 |
| 16 | 1        | 0.2800   | 14       | 0.552167; | 0.098806; | 0.828831; | 0.143914; | -0.254199  | 0.207864; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.015433; | -0.005804  | -0.010797 | 0.000000 | -4 |
| 17 | 1        | 0.3000   | 15       | 0.552055; | 0.118167; | 0.836375; | 0.075390; | -0.205465  | 0.337862; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.015406; | -0.025196  | -0.012944 | 0.000000 | -4 |
| 18 | 1        | 0.3200   | 16       | 0.553874; | 0.097402; | 0.822696; | 0.086881; | -0.212326  | 0.056062; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.013249; | -0.004391  | -0.008332 | 0.000000 | -4 |
| 19 | 1        | 0.3400   | 17       | 0.558781; | 0.113779; | 0.834725; | -0.032952 | -0.312546  | 0.327477; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.007968; | -0.020764  | -0.016097 | 0.000000 | -4 |
| 20 | 1        | 0.3600   | 18       | 0.558921; | 0.105756; | 0.831546; | -0.003076 | -0.363451  | 0.146650; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.007928; | -0.012768  | -0.012988 | 0.000000 | -4 |
| 21 | 1        | 0.3800   | 19       | 0.557398; | 0.117960; | 0.833181; | -0.065351 | -0.223805  | 0.117972; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.008664; | -0.023953  | -0.011197 | 0.000000 | -4 |
| 22 | 1        | 0.4000   | 20       | 0.556205; | 0.105182; | 0.832266; | 0.027298; | -0.242477  | -0.058197 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.009823; | -0.011154  | -0.013296 | 0.000000 | -4 |
| 23 | 1        | 0.4200   | 21       | 0.565594; | 0.117817; | 0.838646; | -0.148176 | -0.178914  | 0.050780; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000396; | -0.023161  | -0.017824 | 0.000000 | -4 |
| 24 | 1        | 0.4400   | 22       | 0.558583; | 0.113478; | 0.832965; | -0.165411 | -0.056436  | -0.090978 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.007116; | -0.018363  | -0.013858 | 0.000000 | -4 |
| 25 | 1        | 0.4600   | 23       | 0.554041; | 0.109114; | 0.833503; | -0.203756 | -0.015111  | -0.121725 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.011663; | -0.014036  | -0.014394 | 0.000000 | -4 |
| 26 | 1        | 0.4800   | 24       | 0.554049; | 0.110318; | 0.831095; | -0.196215 | -0.075846  | -0.093911 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.010757; | -0.014735  | -0.011425 | 0.000000 | -4 |
| 27 | 1        | 0.5000   | 25       | 0.557399; | 0.104428; | 0.828336; | -0.105307 | -0.097454  | -0.104196 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.007426; | -0.008887  | -0.008675 | 0.000000 | -4 |
| 28 | 1        | 0.5200   | 26       | 0.551059; | 0.107523; | 0.833311; | -0.115317 | -0.067002  | -0.013757 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.012906; | -0.011506  | -0.013114 | 0.000000 | -4 |
| 29 | 1        | 0.5400   | 27       | 0.548821; | 0.105811; | 0.830612; | -0.059493 | -0.059493  | -0.059493 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.007433; | -0.008881  | -0.009698 | 0.000000 | -4 |
| 30 | 1        | 0.5600   | 28       | 0.552894; | 0.109465; | 0.837116; | -0.076117 | 0.013430;  | 0.086944; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.010412; | -0.013141  | -0.015652 | 0.000000 | -4 |
| 31 | 1        | 0.5800   | 29       | 0.554230; | 0.101340; | 0.831976; | -0.051265 | -0.075073; | 0.022336; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.008060; | -0.004177  | -0.010771 | 0.000000 | -4 |
| 32 | 1        | 0.6000   | 30       | 0.552183; | 0.112401; | 0.838271; | -0.240701 | 0.162323;  | 0.185935; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.010079; | -0.015295  | -0.017034 | 0.000000 | -4 |
| 33 | 1        | 0.6200   | 31       | 0.547373; | 0.095541; | 0.826573; | -0.202406 | 0.019744;  | 0.055981; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.014240; | 0.001304;  | -0.004861 | 0.000000 | -4 |
| 34 | 1        | 0.6400   | 32       | 0.551364; | 0.103454; | 0.834032; | -0.250910 | 0.101594;  | 0.155910; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.009762; | -0.006808  | -0.011963 | 0.000000 | -4 |

Εικόνα 27. Αρχείο csv από οδήγηση σε δρόμο με κακουχίες απότομες στροφές και φρεναρίσματα .

|      | A | B       | C    | D         | E         | F         | G          | H         | I         | J         | K         | L         | M         | N         | O         | P         | Q         | R         | S         | T         | U          | V          | W         |          |
|------|---|---------|------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|----------|
| 1137 | 1 | 22.7000 | 1135 | 0.552182; | 0.204565; | 0.872008; | -1.828942; | -8.295437 | 4.818439; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | -0.086855; | -0.120168; | 0.009099; | 0.000000 |
| 1138 | 1 | 22.7200 | 1136 | 0.775254; | 0.009643; | 0.807576; | -2.091326  | -6.675017 | 4.405576; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | -0.307053; | 0.073103;  | 0.072161; | 0.000000 |
| 1139 | 1 | 22.7400 | 1137 | 0.633678; | -0.371818 | 1.074669; | 1.665563;  | -8.291201 | -4.852072 | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 1.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | 0.000000; | -0.162595; | 0.454490;  | -0.196254 | 0.00     |

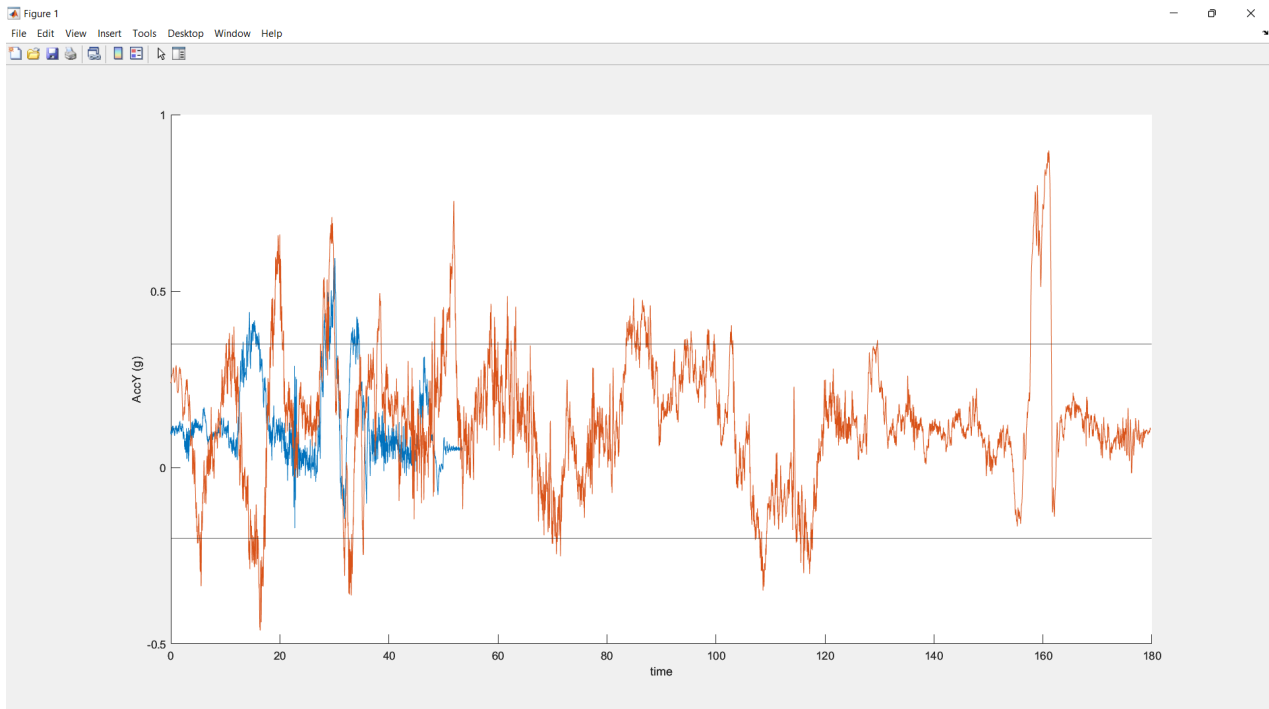
Οι μετρήσεις αυτές επεξεργάστηκαν με γλώσσα προγραμματισμού Matlab ώστε να οπτικοποιηθούν με την μορφή διαγραμμάτων καθώς και να υπάρξουν συγκριτικές ενδείξεις.

Εικόνα 28. Συγκριτικά γραφήματα σε Matlab από τα αρχεία csv σε ομαλό (μπλε) και μη ομαλό (πορτοκαλί) δρόμο άξονας Z.

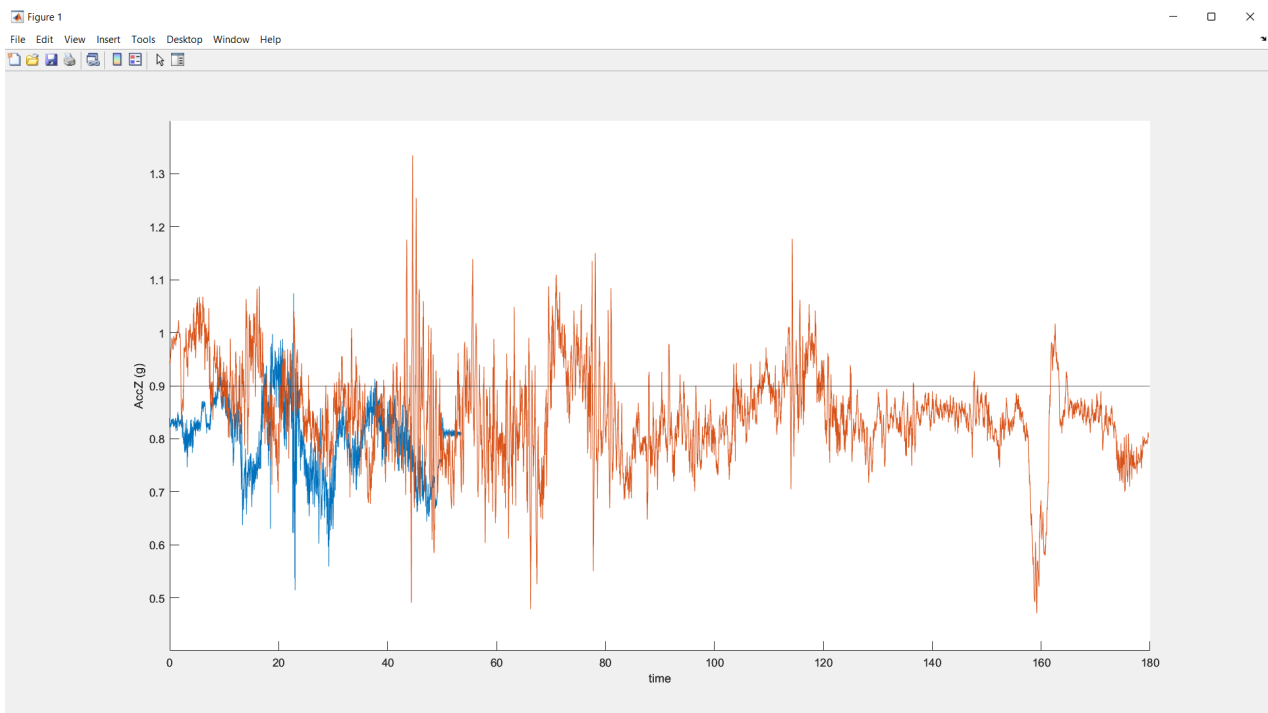


Παρατήρηση στο 40-50 της κλίμακας του time παρατηρείται μία μεγάλη μετατόπιση που προήλθε από μια λακκούβα και στην συνέχεια συνεχόμενες μικρότερες μέχρι το 70 και στη συνέχεια παρατηρούνται οι αποσβέσεις των αναρτήσεων του οχήματος.

Εικόνα 29. Συγκριτικά γραφήματα σε Matlab από τα αρχεία csv σε ομαλό (μπλε) και μη ομαλό (πορτοκαλί) δρόμο άξονας Y.



Εικόνα 30. Συγκριτικά γραφήματα σε Matlab από τα αρχεία csv σε ομαλό (μπλε) και μη ομαλό (πορτοκαλί) δρόμο άξονας X.



Παρατήρηση για τον άξονα X,Y στο χρόνο 160 παρατηρείτε μια απότομη αναστροφή κατεύθυνσης σε γρήγορη οδήγηση ενώ κάτι τέτοιο σε ήπιες συνθήκες αυτό αντιστοιχεί στο μπλε διάγραμμα στον χρόνο 35-40.

Επιπρόσθετα δημιουργήθηκε και μία πλακέτα που προσαρμόζεται στο raspberry pi με led λυχνίες που προγραμματίστηκαν καταλλήλως για να ενεργοποιούνται όταν λαμβάνουν ακραίες τιμές από τις καταγραφές . Αυτό το σύστημα θα βρίσκεται στο όχημα 2 για να προειδοποιεί το οδηγό σε επερχόμενο συμβάν.

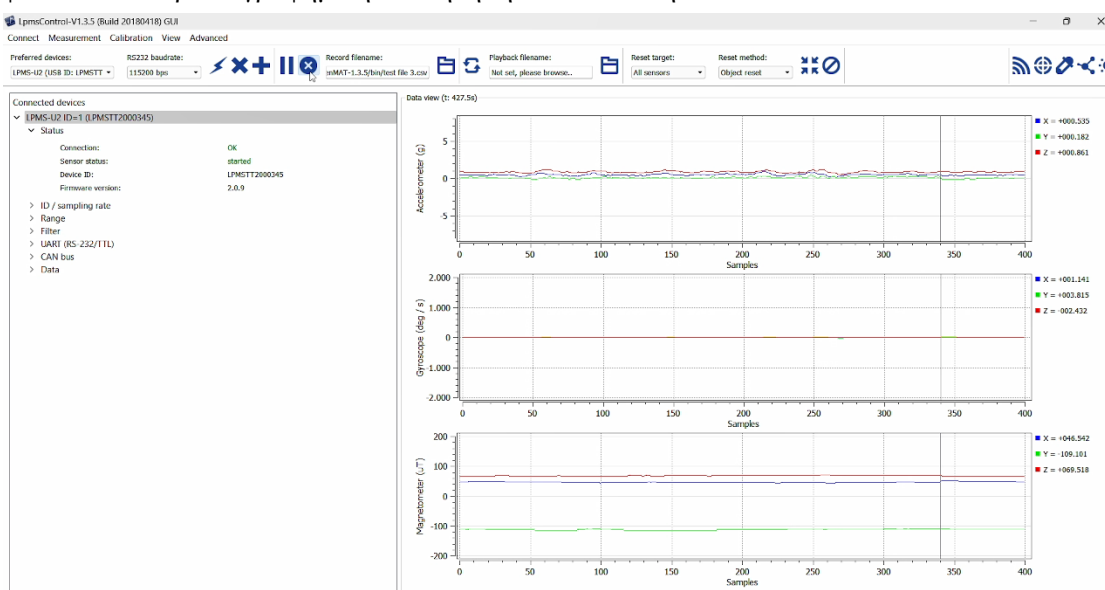
Εικόνα 31. raspberry pi model 3 model b με επιπρόσθετη πλακέτα led για εμφάνιση ενδείξεων.



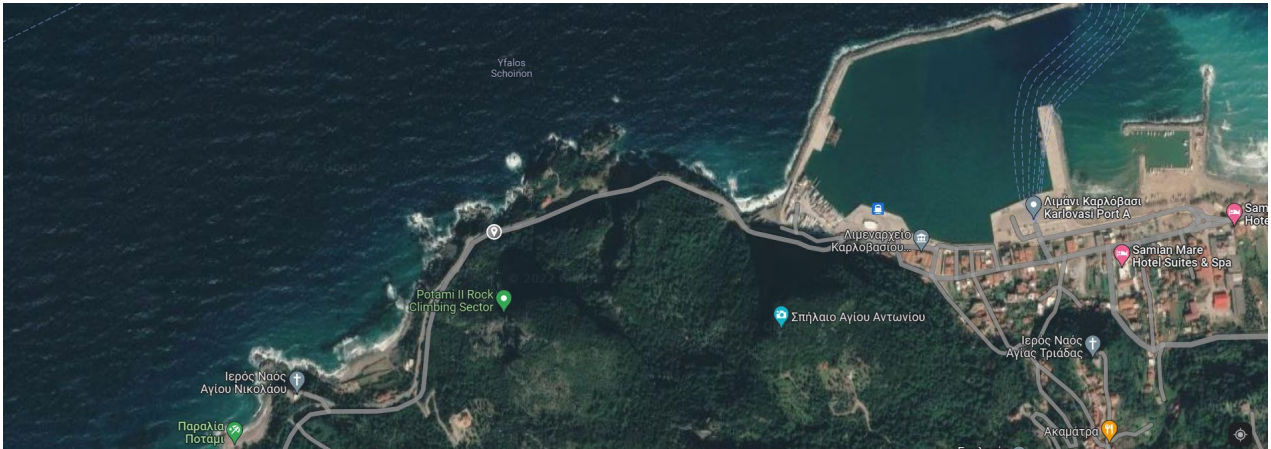
Παρατήρηση blue led άξονας Z , yellow led άξονας Y , orange led άξονας X ενεργοποιούνται όταν οι μετρήσεις ξεπερνάνε τις μετρήσεις από το csv αρχείο την οδήγησης σε ομαλό δρόμο.

Τέλος, πραγματοποιήθηκαν διαφορές δοκιμές με το σύστημα και δύο από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω. Στην πρώτη δοκιμή φαίνεται η κακουχία στον δρόμο και η μέτρηση που αισθητήρα. Στο σενάριο αυτό το πρώτο αυτοκίνητο «πέφτει» στην λακκούβα και το δεύτερο θα ειδοποιηθεί μέσω των λυχνιών. Στην δεύτερη περίπτωση υπάρχει μία απότομη στροφή όπου με το ίδιο σενάριο πραγματοποιείται η ενημέρωση του οδηγού του οχήματος 2.

Εικόνα 32. Λειτουργικό αισθητήρα Lrms control για την σύνδεση του αισθητήρα με τον υπολογιστή που φαίνεται στο πρώτο γράφημα η αναπήδηση του αυτοκινήτου .



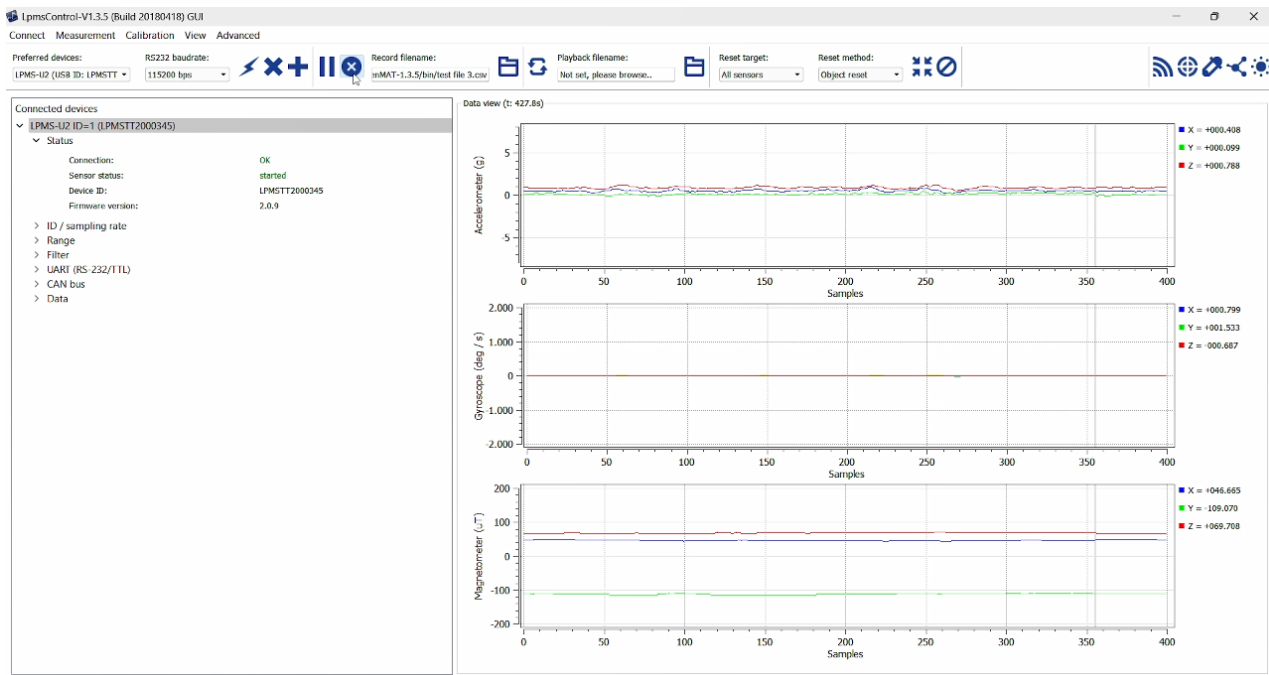
Εικόνα 33. Στιγμιότυπο οθόνης από google maps το σημείο του συμβάντος.



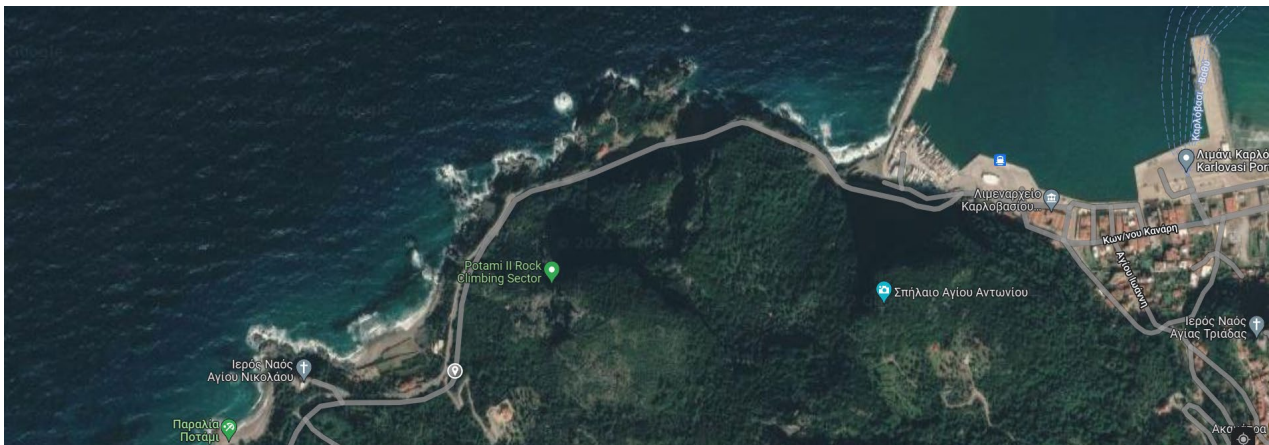
Εικόνα 34. Κατάσταση οδοστρώματος.



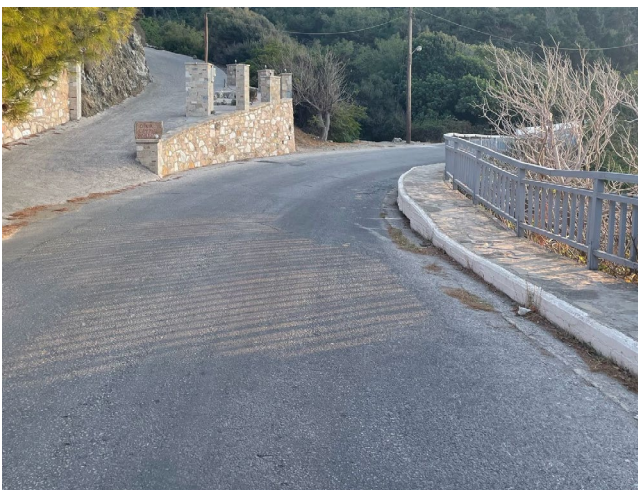
Εικόνα 35. Λειτουργικό αισθητήρα Lrms control που φαίνεται στο πρώτο γράφημα απότομο φρενάρισμα και δεξιά στροφή .



Εικόνα 36. Στιγμιότυπο οθόνης από google maps το σημείο του συμβάντος.

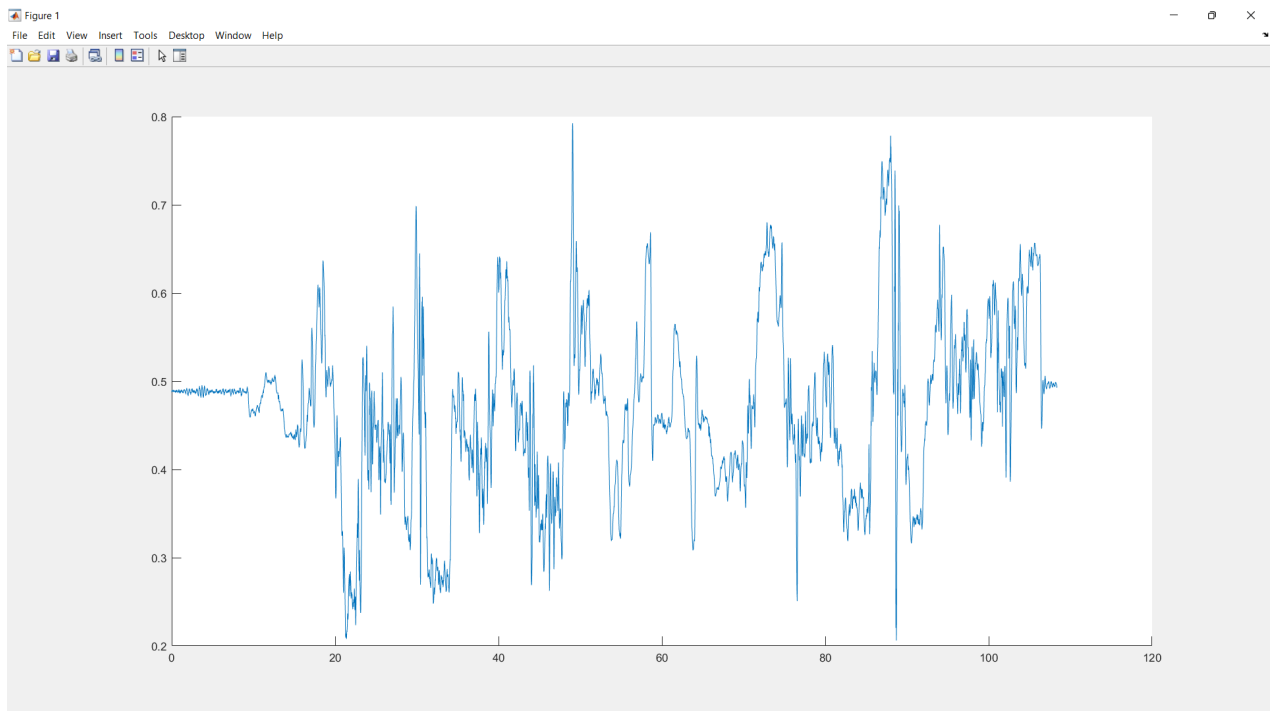


Εικόνα 37. Κατάσταση οδοστρώματος και στροφή.

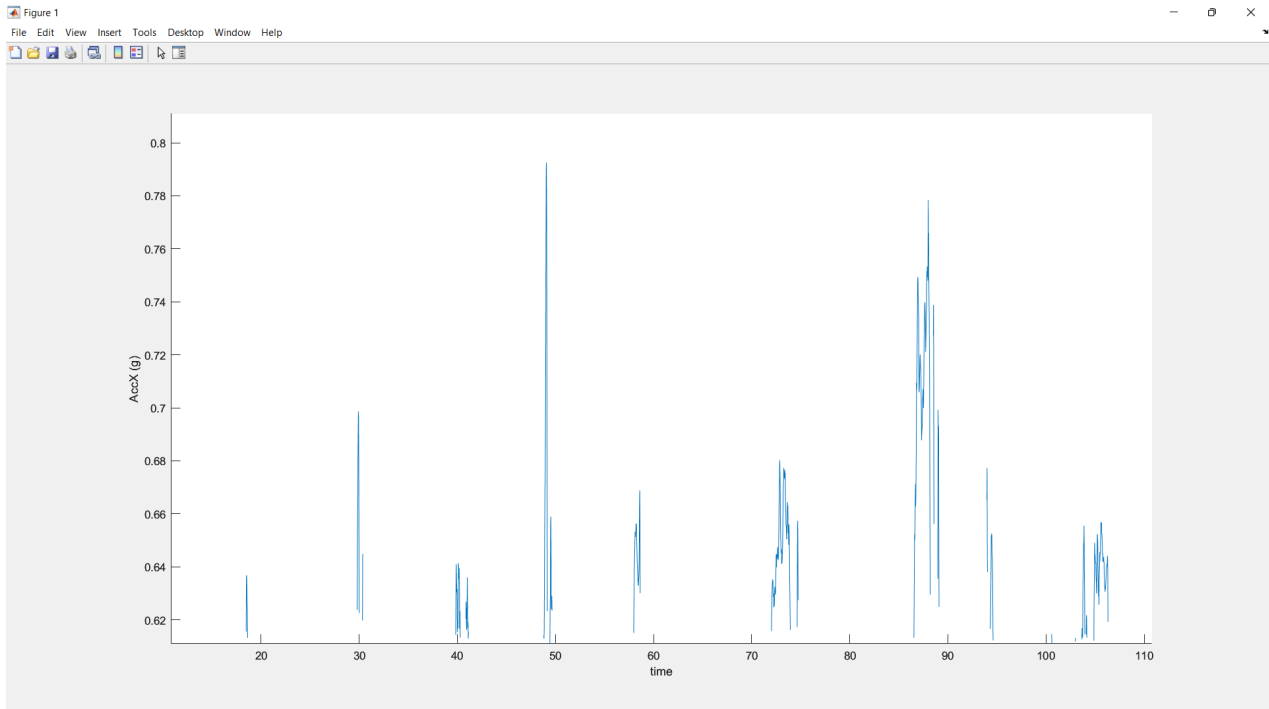


Επιπρόσθετα με την χρήση της Matlab έγινε και η κανονικοποίηση των τιμών που καταγράφει ο αισθητήρας ώστε να μην υπάρχουν ενδείξεις από αναπηδήσεις του οχήματος λόγω των αναρτήσεων ή παρόμοιων συνθηκών. Το κάθε συμβάν πχ μια κακονυχία του οδοστρώματος να είναι συνδυαστική ένδειξη στην λυχνία του οχήματος 2 από ένα φρεναρίσμα και αλλαγή στον άξονα Z . Παρακάτω υπάρχουν δύο στιγμιότυπα οθόνης από κανονικοποίηση των τιμών από τον αισθητήρα του αξελερόμετρου και από εναλλαγές στην επιβράδυνση σε απότομα φρεναρίσματα.

Εικόνα 38. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται μια πορεία με τις εναλλαγές επιβράδυνσης.



Εικόνα 39. Στο παρόν διάγραμμα φαίνονται μετά από κανονικοποίηση που χρειάστηκε, μόνο τα φρεναρίσματα τα οποία είναι πάνω από 0.61G, και αυτό γιατί πάνω από 0.61G θεωρείται πολύ απότομο φρενάρισμα(λινκ-> <https://www.geotab.com/blog/what-is-g-force/>) που αυτό υποδηλώνει σε συνδυασμό με τις μεταβολές στον άξονα z την ύπαρξη κακουχίας στο οδόστρωμα.

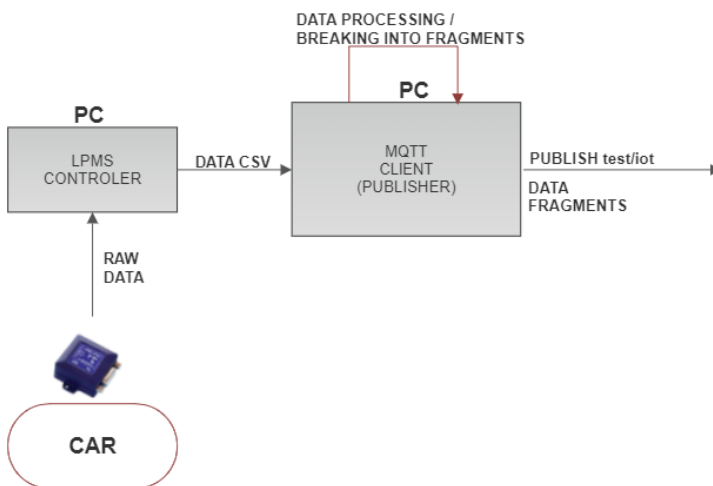


Σημειώνεται ότι στα διαγράμματα 29 και 30 έχουν οριστεί κατώφλια που προσδιορίζουν πότε η κακουχία στο οδόστρωμα είναι σημαντική – εξετάζοντας την επιτάχυνση στον άξονα Z. Ο καθορισμός του συγκεκριμένου κατωφλίου έχει γίνει με το εξής απλό κριτήριο. Μετά από μετρήσεις σε ομαλό οδόστρωμα (χωρίς έντονες φθορές), τα κατώφλια προσδιορίζονται ώστε να υπάρχει πιθανότητα 5% εσφαλμένης ανίχνευσης (Probability of False Alarm). Η πιθανότητα εσφαλμένης ανίχνευσης ορίζεται ως η ανίχνευση ενός γεγονότος (στην περίπτωση μας μια λακούβα), ενώ αυτό δεν υφίσταται στην πραγματικότητα. Η επιλογή του συγκεκριμένου κατωφλίου θα δώσει σε 5% των περιπτώσεων φθορά μη-σημαντική. Σημειώνεται ότι με τη συνδυαστική χρήση της συγκεκριμένης μέτρησης με την επιβράδυνση λόγω φρεναρίσματος, η πιθανότητα εσφαλμένης ανίχνευσης μειώνεται σημαντικά.

### 3.3 Ανάλυση του Π.Σ.

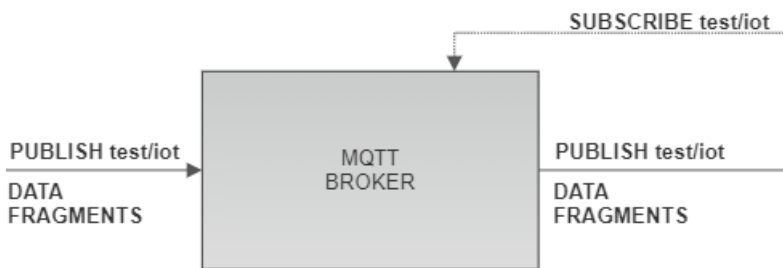
Το Πληροφοριακό Σύστημα χωρίζεται σε τρία βασικά βήματα. Το πρώτο βήμα αποτελείται από τον αισθητήρα Lpms-UttL2 που τοποθετείτε στο αυτοκίνητο και συνδέεται στον υπολογιστή, από το Lpms controller που είναι το λογισμικό ελέγχου που εκτελείται στον υπολογιστή και το MQTT Client (Publisher). Αρχικά καταγράφονται τα raw data και αναλύονται στο controller όπου με την μορφή csv αρχείου στέλνονται στο Client. Εκεί επεξεργάζονται και χωρίζονται σε fragments τα οποία αποστέλλονται στον MQTT Broker στο topic test/iot (το ένα fragment είναι 50 μετρήσεις/sec). Η επεξεργασία, ο χωρισμός και η αποστολή γίνονται στον κώδικα που περιέχεται στο publicer.py (παρουσιάζεται στο Παράρτημα 1).

Σχήμα 5.



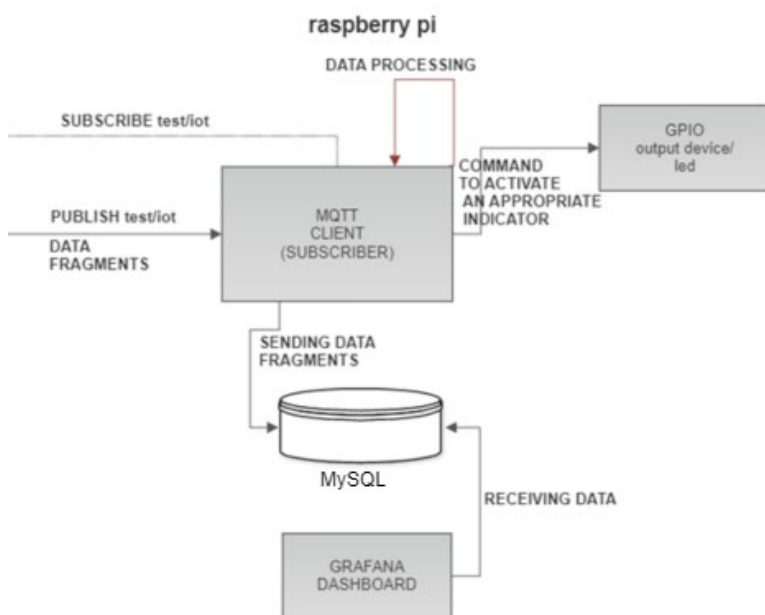
Το δεύτερο στάδιο αποτελείται από τον MQTT Broker, ο οποίος βρίσκεται στον υπολογιστή και επικοινωνεί μέσω της θύρας port 1883 για να δέχεται συνδέσεις τοπικού δικτύου. Επιτρέπονται οι συνδέσεις χωρίς αυθεντικοποίηση γιατί δεν έχει οριστεί κωδικός. Όμως, οι παράμετροι του μπορούν να αλλαχθούν στο αρχείο παραμετροποίησης, που είναι στον φάκελο `c:/ProgramFiles/mosquitto/testconf`. Όπως προαναφέρθηκε δέχεται data από τον publisher τα οποία τα αποστέλλει με την σειρά του στο MQTT Client subscriber - όπου αυτός έχει κάνει subscribe στο topic test/iot.

Σχήμα 6.



Το τρίτο στάδιο αποτελείται από τον MQTT Client subscriber, μία βάση δεδομένων MySQL, και το λογισμικό Grafana που βρίσκονται στο raspberry pi, όπου έχει τοποθετηθεί και η πλακέτα με τα τρία led που είναι συνδεδεμένη με το raspberry pi. Όπως προαναφέρθηκε ο Client sub δέχεται τα data fragments τα οποία αποθηκεύει στην βάση δεδομένων, επεξεργάζονται τα δεδομένα για τον εντοπισμό μη κανονικών τιμών και με την κατάλληλη εντολή ενεργοποιείται η ένδειξη led. Τέλος το Grafana λαμβάνει τα δεδομένα από την βάση δεδομένων και απεικονίζει τα γραφήματα. Η επεξεργασία, η ενεργοποίηση και η αποστολή γίνονται στον κώδικα που περιέχεται στο subscriber.py (παρουσιάζεται στο Παράρτημα 2).

Σχήμα 7



Στο Κεφάλαιο 4 αναπτύσσονται αναλυτικά πιθανές υλοποιήσεις που μπορούν να εκμεταλλευτούν περαιτέρω το ανεπτυγμένο Π.Σ.

# 4

## *Προτάσεις για Μελλοντικές Υλοποιήσεις βασισμένες στο*

### *Π.Σ*

#### *4.1 Πρώτη ιδέα*

Η πρώτη ιδέα για μελλοντική υλοποίηση έχει να κάνει με την επικοινωνία και την μετάδοση πληροφορίας από ένα όχημα που έχει τον αισθητήρα σε ένα άλλο όχημα. Αρχικά θα πρέπει να υπάρχει ένα σύνολο οχημάτων, τα οποία θα έχουν τοποθετημένα τον αισθητήρα και εγκατεστημένο το Πληροφοριακό Σύστημα και θα στέλνουν πληροφορίες σε μία βάση δεδομένων, όπως γίνεται ήδη στο παράδειγμα με το πληροφοριακό σύστημα που έχει υλοποιηθεί. Ύστερα αυτές τις πληροφορίες θα επεξεργάζεται καταλλήλως ένα πρόγραμμα που είναι συνδεδεμένο με τη βάση δεδομένων, ώστε να ενημερώνονται τα υπόλοιπα οχήματα που δεν έχουν λάβει την πληροφορία αυτή και έχουν πορεία – δρομολόγιο που σχετίζεται με το σημείο με το οποίο έχει εντοπιστεί το «κενό» συντήρησης του οδοστρώματος. Η συγκεκριμένη ιδέα υλοποιείται εν μέρει στο υπάρχον σύστημα με το κομμάτι των led, όπου το καθένα ενεργοποιείται ανάλογα με την μέτρηση που λαμβάνει. Για παράδειγμα το πρώτο led αφορά απότομο φρενάρισμα. Σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα το όχημα θα είναι εξοπλισμένο με έναν μικρό-υπολογιστή, ο οποίος θα συνδέεται παράλληλα με τον υπάρχοντα εγκέφαλο του αυτοκινήτου, και θα ενημερώνεται με την βάση δεδομένων του Πληροφοριακού Συστήματος που αναλύει τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από τα υπόλοιπα οχήματα που έχουν περάσει από το σημείο εκείνο που υπάρχει το «κενό», με αποτέλεσμα στον πίνακα οργάνων του οχήματος να εμφανίζονται ενδείξεις σε περίπτωση που προσεγγίζει κάποιο από τα προαναφερθέντα σημεία,

ώστε να μπορέσει ο οδηγός να πράξει έγκαιρα με προσοχή και να αποφύγει τυχόν φθορές και ατυχήματα που μπορεί να προκληθούν από το «κενό» αυτό συντήρησης στο οδόστρωμα.

Για να είναι ολοκληρωμένο το προηγούμενο σύστημα θα πρέπει να υπάρξει σε συνδυασμό με τις μετρήσεις του αισθητήρα και μία μέτρηση στίγματος GPS, ώστε να είναι όσο πιο ακριβές το σημείο καταγραφής. Το “alert” στο δεύτερο όχημα θα υπάρξει μόνο εάν έχουν αποθηκευτεί αρκετές περιπτώσεις στην βάση δεδομένων και όχι μεμονωμένα περιστατικά σε ένα εύλογο χρονικό περιθώριο. Για να γίνει αυτό πιο κατανοητό παρουσιάζεται ένα παράδειγμα. Έστω ότι υπάρχει μία κακουχία - κακοτεχνία του οδοστρώματος, η οποία μπορεί να μεταφραστεί στις μετρήσεις ως μετατόπιση του άξονα Z, δηλαδή το αυτοκίνητο κινήθηκε στον κάθετο άξονα παραπάνω από το φυσιολογικό ή στις μετρήσεις ως προς το άξονα Y, δηλαδή το όχημα μετατοπίστηκε βίαια στον οριζόντιο άξονα και αυξήθηκε κατ’ αυτόν τον τρόπο η μέτρηση στο αξελερόμετρο. Η συγκεκριμένη ένδειξη “alert” θα εμφανιστεί σαν ένδειξη στα διερχόμενα οχήματα που σκοπεύουν να προσεγγίσουν το σημείο, μόνο εφόσον παρατηρηθεί και καταμετρηθεί αρκετές φορές σε σταθερό στίγμα GPS η ένδειξη αυτή που καταμετρήθηκε για το συγκεκριμένο σημείο με τους αισθητήρες. Αυτό έχει ως στόχο την ασφάλεια αλλά και την αξιοπιστία της μέτρησης που πήραν τα προηγούμενα οχήματα που πέρασαν από το σημείο αυτό, ώστε οι οδηγοί να μπορούν να λάβουν μία εμπεριστατωμένη απόφαση, βάσει των μετρήσεων που έχουν γίνει πριν καν βρεθούν στο σημείο.

Ο λόγος που προτείνεται η συγκεκριμένη ιδέα είναι διότι καθημερινά γίνονται ατυχήματα που οφείλονται στην λανθασμένη ή παραμελημένη συντήρηση του οδοστρώματος. Η συγκεκριμένη αιτία ατυχήματος είναι δύσκολο να διαχωριστεί από τις υπόλοιπες αιτίες. Με αυτό το σύστημα δίνεται η δυνατότητα να αποφευχθούν ατυχήματα που οφείλονται στην κακή διαχείριση του οδοστρώματος και να ενημερωθούν έγκαιρα και μαζικά πολλοί οδηγοί για την κατάσταση του οδοστρώματος που θα διανύσουν, κατά την διάρκεια της πορείας τους. Με βάση το σύστημα αυτό, ακόμα και η κάλυψη που παρέχει μία ασφαλιστική εταιρεία μπορεί να είναι υπέρ του οδηγού εάν το οδόστρωμα είχε βλάβη και δεν είχε συντηρηθεί σωστά, με την εξακρίβωση συνθηκών που θα παραχθούν από τις μετρήσεις ειδικά όταν δεν υπάρχουν μάρτυρες για ένα ατύχημα. Τέλος η βάση δεδομένων του συγκεκριμένου Πληροφοριακού Συστήματος, εκτός του ότι θα είναι πολύ χρήσιμη για την τροχαία για την περαιτέρω διερεύνηση αιτίας ενός ατυχήματος. Θα είναι χρήσιμη και για τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για την συντήρηση του οδοστρώματος καθώς βάσει των ενδείξεων και των μετρήσεων θα μπορούν να προβλέψουν και την φθορά του οδοστρώματος.

## 4.2 Δεύτερη ιδέα

Η δεύτερη ιδέα αποτελεί επέκταση της πρώτης και αναφέρεται στην ενημέρωση των φορέων που είναι αρμόδιοι για την συντήρηση τους οδοστρώματος. Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ιδέα και σε αυτήν για να πραγματοποιηθεί, θα χρειαστεί στίγμα GPS. Αρχικά στο υπάρχον πληροφοριακό σύστημα υπάρχει η απεικόνιση των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων σε διαγράμματα στο πρόγραμμα Grafana. Αυτή η απεικόνιση σε συνδυασμό με το στίγμα GPS θα μπορούσε να βρίσκεται σε έναν δημόσιο φορέα, έναν Δήμο λόγου χάρη, που ασχολείται με την κατάσταση και επιδιόρθωση του οδοστρώματος και που είναι υπεύθυνος για αυτή. Αυτή η απεικόνιση θα μπορούσε να είναι ένας χάρτης του Δήμου για ευκολία όπου σε συγκεκριμένα

σημεία θα εμφανίζονται ενδείξεις από τα διερχόμενα αυτοκίνητα που κατέγραψαν μία ανωμαλία κίνησης επαναλαμβανόμενες φορές. Με σωστή ανάλυση και επεξεργασία των μετρήσεων το πληροφοριακό σύστημα θα μπορεί να ενημερώσει τους υπεύθυνους φορείς συντήρησης οδοστρώματος για την ύπαρξη μίας κακουχίας ή ρωγμής σε αυτό. Η προειδοποίηση στο χάρτη μπορεί να είναι αποτέλεσμα πολλών καταγραφών για το συγκεκριμένο κομμάτι όπως και πριν, ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα, βάσει εμπειριστατικών και πολλαπλών μετρήσεων.

Έως τώρα μετά από έρευνα που έγινε ο πιο άμεσος τρόπος για να δηλωθεί κάτι τέτοιο, μια ρωγή για παράδειγμα στο οδόστρωμα, είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα σε έναν Δήμο, (για παράδειγμα στον Δήμο Χαλκίδας <https://dimoschalkideon.gr/e-aitimata>). Αν και ο συγκεκριμένος τρόπος μπορεί να είναι άμεσος, χρειάζεται συχνή παρακολούθηση των μηνυμάτων, επομένως την ύπαρξη ενός υπαλλήλου το λιγότερο, ανάλογα με την έκταση του κάθε Δήμου, μόνο για την παρακολούθηση και τη διαβίβαση των αιτημάτων, κάτι το οποίο είναι αντίθετο στις δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογική ακμή που ζούμε. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η καταμέτρηση των σημείων που χρήζουν επιδιόρθωση στο οδόστρωμα, όπως και στην πρώτη ιδέα, με την συνεργασία και την επικοινωνία των οχημάτων, ώστε να μην σπαταλούνται εργατοώρες από εργαζόμενους που θα πρέπει να καταγράφουν και ύστερα να βγάζουν πόρισμα για το βάθος του ρήγματος που υπάρχει στο οδόστρωμα. Αυτή η δεύτερη ιδέα προτείνεται ώστε να γίνεται αυτόματα η καταγραφή των σημείων, με σκοπό να ληφθούν άμεσα και αυτοματοποιημένα τα μέτρα αντιμετώπισης του «προβλήματος» βελτιώνοντας την καθημερινότητα του χρήστη και των φορέων που είναι υπεύθυνοι, τοποθετώντας έναν μικρό-υπολογιστή και αισθητήρα στο όχημά των οδηγών.

### **4.3 Τρίτη ιδέα**

Η τρίτη ιδέα αφορά την εκμετάλλευση των δεδομένων που εξάγονται από το σύστημα στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης. Για παράδειγμα η εκμάθηση μίας τεχνητής νοημοσύνης με όλες αυτές τις πληροφορίες που συλλέγονται, που αποθηκεύονται και επεξεργάζονται καθώς και όλα τα αποτελέσματα που απορρέουν από αυτές τις μετρήσεις από το πληροφοριακό σύστημα, για τον τρόπο με τον οποίον οδηγούν οι άνθρωποι ή τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουν καταστάσεις σε λίγα δευτερόλεπτα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπέρ του οδηγού, εάν εκπαιδευτεί η τεχνητή νοημοσύνη με σκοπό να ξεπερνά και να αντιμετωπίζει αυτόματα η ίδια τα εμπόδια που οφείλονται σε λανθασμένη συντήρηση του οδοστρώματος, χωρίς την συμμετοχή του οδηγού. Σε αυτή την υλοποίηση επομένως δεν θα ενημερώνεται ο οδηγός, αλλά το όχημα και ειδικά η τεχνητή νοημοσύνη που θα υπάρχει σε αυτό, η οποία θα μπορεί να ανταπεξέλθει στο επικείμενο «πρόβλημα» ορίζοντας την ταχύτητα και την κίνηση του οχήματος κατά την πορεία του προς το σημείο που φέρει ρωγή και χρειάζεται επισκευή και συντήρηση.

#### **4.4 Τέταρτη ιδέα**

Η τέταρτη και τελευταία ιδέα αφορά τη χρήση του πληροφοριακού συστήματος στο Google Maps και την εκμετάλλευση των δεδομένων που συλλέγει σχετικά με την κατάσταση του οδοστρώματος. Συγκεκριμένα μέχρι τώρα η εφαρμογή του Google Maps χρησιμοποιείται και φέρει πληροφορίες για την κίνηση που υπάρχει στους δρόμους, ώστε να προτείνεται η πιο σύντομη διαδρομή, για τα διόδια που υπάρχουν στη διαδρομή με σκοπό να προταθεί η πιο οικονομική διαδρομή, αλλά όχι για την κατάσταση του οδοστρώματος για την βέλτιστη και διαδρομή όσον αφορά την ασφάλεια. Εάν ωστόσο δοθούν οι πληροφορίες του οδοστρώματος από τη βάση δεδομένων της υλοποίησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να δημιουργηθεί ένα καινούργιο φίλτρο το οποίο θα δίνει τη δυνατότητα στον οδηγό να επιλέξει τη διαδρομή με βάση το καλύτερη ποιότητα - κατάσταση δρόμου ως προς την ασφάλτο. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για ένα πιο ξεκούραστο ταξίδι, είτε για να αποφευχθούν ατυχήματα τα οποία πραγματοποιούνται από μία απότομη αλλαγή κατεύθυνσης λόγω ρωγμής που υπάρχει στο οδόστρωμα.

# 5

## Συμπεράσματα και

### Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως βασικό στόχο τη δημιουργία ενός Πληροφοριακού Συστήματος, που θα έχει την κατάλληλη τεχνολογία που μπορεί να συμβάλλει στον τομέα της αυτοκίνησης και μεταφοράς και συγκεκριμένα στην ασφαλέστερη οδήγηση, μέσω αυτού του συστήματος που θα προβλέπει τυχόν αυτοκινητιστικά ατυχήματα που οφείλονται λόγω της λανθασμένης ή κακής συντήρησης του οδοστρώματος. Πιο συγκεκριμένα δημιουργείται ένα Πληροφοριακό Σύστημα, το οποίο λαμβάνει δεδομένα κατά την οδήγηση του οχήματος με αισθητήρες, με αποτέλεσμα να εξάγει πληροφορίες και συμπεράσματα για το οδόστρωμα καθώς και για τον τρόπο οδήγησης του οχήματος, αλλά παράλληλα καταφέρει να ενημερώσει τους αρμόδιους φορείς για την κατάλληλη συντήρηση του οδοστρώματος και να προλάβει κατ' αυτόν τον τρόπο τυχόν ατυχήματα που οφείλονται στα “κενά” συντήρησης του οδοστρώματος. Αιτία και ανάγκη για τη δημιουργία και ανάπτυξη του συγκεκριμένου Πληροφοριακού Συστήματος είναι πως αν και στον τομέα της αυτοκίνησης μέχρι τώρα ένα όχημα καταφέρει να βοηθήσει τον οδηγό σε πραγματικό χρόνο, υπενθυμίζοντάς του την θέση του όταν αποκλίνει στη λωρίδα, βελτιώνοντας τα αντανakλαστικά του κατά το φρενάρισμα καθώς και παρακολουθώντας εάν είναι κουρασμένος και χρειάζεται ξεκούραση ή όχι, δεν μπορεί να τον ειδοποιήσει για προπορευόμενη ανωμαλία στο δρόμο ή ακόμα και για μια απότομη εναλλαγή κατεύθυνσης λόγω της λανθασμένης συντήρησης του οδοστρώματος.

Προκειμένου να εκπληρωθεί ο προαναφερθείς στόχος πραγματοποιήθηκε αρχικά ανάλυση των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του Πληροφοριακού Συστήματος δηλαδή του IoT, του MQTT και το Raspberry Pi, ενώ έγινε και η περιγραφή των τομέων που έχει εισαχθεί το IoT και αιτιολογήθηκε ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε η χρήση του IoT στον τομέα της Αυτοκίνησης. Επίσης παρουσιάστηκαν screenshots, κομμάτια κώδικα και διαγράμματα σχετικά με τα δεδομένα που λήφθηκαν κατά το testing της λειτουργίας του Πληροφοριακού Συστήματος. Σε αυτό το σημείο της εργασίας εξετάστηκαν διάφορα σενάρια στα οποία ανταποκρίθηκε και λειτούργησε το Πληροφοριακό Σύστημα. Συγκεκριμένα ξεκίνησαν όλα

με την δοκιμή καταγραφής μετρήσεων από τον αισθητήρα αφού έγινε αυτό δοκιμάστηκε πάνω σε όχημα . Πραγματοποιήθηκε πλήθος καταγραφών όπου αυτές κανονικοποιήθηκαν με τον τρόπο που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 ώστε να υποδηλώνουν ένα συμβάν (με λίγα λόγια ο συνδυασμός ενός φρεναρίσματος με αλλαγή στον άξονα z του οχήματος είναι μία ανωμαλία στο οδόστρωμα). Στην συνέχεια εξεταστικέ το σενάριο με δύο αυτοκίνητα , το πρώτο όχημα ήταν εξοπλισμένο με τον αισθητήρα και το δεύτερο με το raspberry pi με τις λυχνίες ενδείξεως .Η πρώτη δοκιμή δεν έφερε αποτέλεσμα μετά από αρκετό debugging και αρκετές δοκιμές το πληροφοριακό σύστημα δούλεψε σε μικρή εμβέλεια. Τέλος δοκιμάστηκαν και οι τρεις ενδείξεις και για αλλαγή στο x,y,z άξονα του αυτοκινήτου όπου ο οδηγός του δεύτερου οχήματος με την γνώση της κάθε ένδειξης μπορούσε να έχει μία καλύτερη αντιμετώπιση στο επερχόμενο συμβάν.

Ως αποτέλεσμα επιτυγχάνεται ο αρχικός στόχος της εργασίας αυτής δηλαδή η δημιουργία ενός Πληροφοριακού Συστήματος, που θα φέρει την κατάλληλη τεχνολογία που μπορεί να συμβάλλει στον τομέα της αυτοκίνησης και μεταφοράς και συγκεκριμένα στην ασφαλέστερη οδήγηση.

## **5.1 Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία**

Η εργασία αυτής της μελέτης περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός Πληροφοριακού Συστήματος, που έχει την κατάλληλη τεχνολογία που μπορεί να συμβάλλει στον τομέα της αυτοκίνησης και μεταφοράς με στόχο την ασφαλέστερη οδήγηση. Μέσω αυτού του συστήματος είναι δυνατή η πρόβλεψη και αποφυγή πιθανών αυτοκινητιστικών ατυχημάτων που οφείλονται λόγω της λανθασμένης ή κακής συντήρησης του οδοστρώματος. Στην εργασία αυτή έχουν προταθεί τέσσερα σενάρια τα οποία θα μπορούσαν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας σαν βάση το υπάρχον Πληροφοριακό Σύστημα που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Η πρώτη πρόταση αφορά την επικοινωνία και την μετάδοση πληροφορίας από ένα όχημα που έχει τον αισθητήρα σε ένα άλλο όχημα, με στόχο να ενημερώνεται κάθε όχημα που έχει στη διαδρομή του το σημείο με το «κενό» του οδοστρώματος είτε αυτό είναι ρωγμή είτε κακή συντήρηση. Επιπλέον η δεύτερη πρόταση αφορά την ανάπτυξη της πρώτης ιδέας με την ενημέρωση των αρμόδιων φορέων που αναλαμβάνουν τις επιδιορθώσεις του οδοστρώματος με σκοπό να μειωθούν οι χρόνοι απόκρισης και επιδιόρθωσης των οδοστρωμάτων και να γίνει όλη η διαδικασία αυτοματοποιημένη και λιγότερο χρονοβόρα. Η τρίτη ιδέα που προτάσσεται αφορά την εκμετάλλευση των δεδομένων που εξάγονται από το σύστημα στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, με σκοπό να εκπαιδευτεί η τελευταία να αντιμετωπίζει αυτόματα το επικείμενο «πρόβλημα» που έχει να αντιμετωπίσει το όχημα κατά την πορεία του στο οδόστρωμα, χωρίς μάλιστα την συμμετοχή του οδηγού σε αυτή την διαδικασία. Τέλος η τέταρτη και τελευταία πρόταση αφορά τη χρήση του πληροφοριακού συστήματος στο Google Maps και την εκμετάλλευση των δεδομένων που συλλέγει σχετικά με την κατάσταση του οδοστρώματος, ώστε να υπάρχει το φίλτρο επιλογής της διαδρομής με την καλύτερη κατάσταση του οδοστρώματος.

## ***Βιβλιογραφία***

- [1] Rafiullah Khan, Sarmad Ullah Khan, Rifaqat Zaheer and Shahid Khan, "Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges," in Proceedings of Frontiers of Information Technology (FIT), 2012, pp. 257-260
- [2] M.U Farooq, Muhammad Waseem, Sadia Mazhar, Talha Kamal, Anjum Khairi, "A Review on Internet of Things (IoT)", International Journal of Computer Applications, 2015
- [3] Xu Cheng, Minghui Zhang, Fuquan Sun, «Architecture of in ternet of things and its key technology integration based on RFID», στο Fifth International Symposium on Computational Intelligence and Design, pp. 294-297, 2012
- [4] Debasis Bandyopadhyay, Jaydip Sen, "Internet of Things -Applications and Challenges in Technology and Standardization" in Wireless Personal Communications, Volume 58, Issue 1, pp. 49-69
- [5] Ying Zhang, "Technology Framework of the Internet of Things and Its Application," in Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011, pp. 4109-4112
- [6] Y.Cao, W.Li, J.Zhang, "Real-time traffic information collect□ing and monitoring system based on the internet of things," in Pervasive Computing and Applications (ICPCA), 2011 6<sup>th</sup> International Conference, pp. 45-49
- [7] L.Xiao, Z.Wang, "Internet of Things: A New Application for Intelligent Traffic Monitoring System," in JOURNAL OF NETWORKS, 2011
- [8] <https://www.codingninjas.com/codestudio/library/characteristics-of-iot>
- [9] Solanki, Vijender Kumar, Dhall, Rohit, "An IoT Based Predictive Connected Car Maintenance Approach", International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, Vol. 4, N°3, 2017
- [10] [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=DH-VSAACtBk>
- [12] [https://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90001541/reference/r\\_example\\_subscribe\\_mqtt.htm](https://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90001541/reference/r_example_subscribe_mqtt.htm)
- [13] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/setup-grafana/installation/debian/>
- [14] <https://techtutorialsx.com/2017/04/14/python-publishing-messages-to-mqtt-topic/>
- [15] <https://roboticsbackend.com/raspberry-pi-control-led-python-3/>
- [16] [https://www.youtube.com/watch?v=Pb3FLznsdwI&ab\\_channel=CoreElectronics](https://www.youtube.com/watch?v=Pb3FLznsdwI&ab_channel=CoreElectronics)
- [17] [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-2622-6\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-2622-6_26)

- [18] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9133106>
- [19] <https://lp-research.com/9-axis-usb-and-can-bus-imu-lpmsu2-series/>
- [20] <https://www.geeksforgeeks.org/how-to-install-mysql-connector-package-in-python/>
- [21] <https://www.hostinger.com/tutorials/mysql/how-create-mysql-user-and-grant-permissions-command-line>
- [22] [https://www.w3schools.com/python/python\\_mysql\\_insert.asp](https://www.w3schools.com/python/python_mysql_insert.asp)

## Παράρτημα I

### **publisher.py**

```
import paho.mqtt.client as mqttClient
import time
import csv

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    if rc == 0:
        print("Connected to broker")
        global Connected          #Use global variable
        Connected = True         #Signal connection
    else:
        print("Connection failed")

Connected = False #global variable for the state of the connection
broker_address= "localhost" #MQTT Broker Address
port = 1883          #MQTT Broker Port
user = ""            #MQTT Broker Username
password = ""        #MQTT Broker Password

client = mqttClient.Client("Python")          #create new instance
client.username_pw_set(user, password=password) #set username and password
client.on_connect= on_connect                #attach function to callback
client.connect(broker_address, port=port) #connect to broker
client.loop_start()      #start the loop
while Connected != True: #Wait for connection
    time.sleep(0.1)
with open('test file 2.csv') as file_obj: #topothesia arxeiou csv
```

```
reader_obj = csv.reader(file_obj)
next(reader_obj)
try:
    while True:
        for row in reader_obj: #επιλέγει γραμμή από το αρχείο csv
            starttime = time.time()

            value = str(row)
            client.publish("python/test",value) #publish σε MQTT Broker τη σειρά του csv

            endtime = time.time()
            time.sleep(0.02-(endtime-starttime))

except KeyboardInterrupt:
    client.disconnect()
    client.loop_stop()
```

## Παράρτημα II

### subscriber.py

```
import paho.mqtt.client as mqtt
import RPi.GPIO as GPIO
import time
from datetime import datetime
import mysql.connector

def on_connect(client, userdata, flags, rc): # The callback for when

    print("Connected with result code {}".format(str(rc))) # Print result of connection attempt
    client.subscribe("python/test") # Subscribe to the topic "python/test", receive any messages

GPIO.setmode(GPIO.BCM) #gpio setmode
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(2,GPIO.OUT) #thetw gpio2 os output
GPIO.setup(3,GPIO.OUT) #thetw gpio3 os output
GPIO.setup(4,GPIO.OUT) #thetw gpio4 os output

def on_message(client, userdata, msg): # The callback for when a PUBLISH

    mydb = mysql.connector.connect( #connect to mysql
        host="localhost",
        user="admin1",
        password="admin1",
        database="mqtt"
    )
    mycursor = mydb.cursor()
```

```
dict = {}
```

```
str1 = "SensorId, TimeStamp (s), FrameNumber, AccX (g), AccY (g), AccZ (g), GyroX (deg/s), GyroY (deg/s), GyroZ (deg/s), MagX (uT), MagY (uT), MagZ (uT), EulerX (deg), EulerY (deg), EulerZ (deg), QuatW, QuatX, QuatY, QuatZ, LinAccX (g), LinAccY (g), LinAccZ (g), Pressure (kPa), Altitude (m), Temperature (degC), HeaveMotion (m)"
```

```
str2 = str(msg.payload) #ta dedomena poy lamvanw apo MQTT ta thetw os string
```

```
keys = str1.split(',') #xorismos dedomenwn
```

```
values = str2.split(",")
```

```
for k in keys: #eisagwgi dedomenwn se dictionary
```

```
    for v in values:
```

```
        dict[k] = v
```

```
        values.remove(v)
```

```
    break
```

```
sqlX = "INSERT INTO AccX (CreationDate, AccX) VALUES (%s,%s)"
```

```
valX = (datetime.now().strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S'), float(dict.get("AccX (g)")))
```

```
sqlY = "INSERT INTO AccY (CreationDate, AccY) VALUES (%s,%s)"
```

```
valY = (datetime.now().strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S'), float(dict.get("AccY (g)")))
```

```
sqlZ = "INSERT INTO AccZ (CreationDate, AccZ) VALUES (%s,%s)"
```

```
valZ = (datetime.now().strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S'), float(dict.get("AccZ (g)")))
```

```
mycursor.execute(sqlX, valX)
```

```
mycursor.execute(sqlY, valY)
```

```
mycursor.execute(sqlZ, valZ)
```

```
mydb.commit()
```

```
if 0.6 < (float(dict.get("AccX (g)"))): #elegxoi gia na anavosvinoun ta lampakia
```

```
    GPIO.output(2,GPIO.HIGH)
```

```
if 0.35 < (float(dict.get("AccY (g)"))) or -0.2 > (float(dict.get("AccY (g)"))):
```

```
GPIO.output(3,GPIO.HIGH)
```

```
if 0.9 < (float(dict.get("AccZ (g)"))):  
    GPIO.output(4,GPIO.HIGH)
```

```
GPIO.output(2,GPIO.LOW)  
GPIO.output(3,GPIO.LOW)  
GPIO.output(4,GPIO.LOW)
```

```
client = mqtt.Client("digi_mqtt_test") # Create instance of client with client ID "digi_mqtt_test"  
client.on_connect = on_connect # Define callback function for successful connection  
client.on_message = on_message # Define callback function for receipt of a message  
# client.connect("m2m.eclipse.org", 1883, 60) # Connect to (broker, port, keepalive-time)  
client.connect('localhost',1883, 17300)  
client.loop_forever() # Start networking daemon
```

## Παράρτημα III

### Αρχείο τύπου CSV

Σε αυτή την εικόνα παρουσιάζεται η δομή των μετρήσεων που γίνονται από τον αισθητήρα σε κάθε άξονα του οχήματος. Επειδή ένα τέτοιο αρχείο, τύπου CSV, είναι πολύ μεγάλο σε έκταση, με πολύ πληροφορία παρουσιάζεται παρακάτω ένα ενδεικτικό τμήμα του.

| SensorId | TimeStamp (s) | FrameNumber | AccX (g)   | AccY (g)   | AccZ (g)   | GyroX (deg/s) | GyroY (deg/s) | GyroZ (deg/s) |
|----------|---------------|-------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|
| 1        | 0.0000        | 0           | 0.56180614 | 0.09977264 | 0.83896011 | 0.21280226    | -0.23512459   | 0.46399894    |
| 1        | 0.0200        | 1           | 0.56611687 | 0.09413614 | 0.82111084 | 0.29102683    | -0.26667961   | 0.37416729    |
| 1        | 0.0400        | 2           | 0.56446028 | 0.10489477 | 0.84095669 | 0.17481697    | -0.14307585   | 0.46323410    |
| 1        | 0.0600        | 3           | 0.55937541 | 0.09554269 | 0.82253456 | 0.20495081    | -0.17926800   | 0.15138073    |
| 1        | 0.0800        | 4           | 0.56185019 | 0.10415097 | 0.82968068 | 0.01652671    | -0.19068496   | -0.07183608   |
| 1        | 0.1000        | 5           | 0.55123746 | 0.09432433 | 0.82173193 | 0.10549072    | -0.19172665   | -0.26245508   |
| 1        | 0.1200        | 6           | 0.55651367 | 0.09162133 | 0.82326096 | 0.26129848    | -0.17403094   | -0.21080711   |
| 1        | 0.1400        | 7           | 0.55431831 | 0.10190012 | 0.82454360 | 0.27004871    | -0.17448531   | -0.05962187   |
| 1        | 0.1600        | 8           | 0.55915207 | 0.10282718 | 0.82472396 | 0.35655937    | -0.23700695   | 0.02201863    |
| 1        | 0.1800        | 9           | 0.55615485 | 0.10690967 | 0.82807332 | 0.17436814    | -0.07869559   | 0.11585443    |
| 1        | 0.2000        | 10          | 0.55484676 | 0.09819415 | 0.82382315 | 0.29135114    | -0.07044802   | 0.12691224    |
| 1        | 0.2200        | 11          | 0.55456752 | 0.11459094 | 0.83038992 | 0.13322237    | -0.08883650   | 0.42782933    |
| 1        | 0.2400        | 12          | 0.55763417 | 0.10046634 | 0.82252860 | 0.21202160    | -0.11009532   | 0.26743791    |
| 1        | 0.2600        | 13          | 0.55411875 | 0.10706802 | 0.82893658 | 0.24063747    | -0.13100201   | 0.32822904    |
| 1        | 0.2800        | 14          | 0.55216789 | 0.09880612 | 0.82883126 | 0.14391428    | -0.25419942   | 0.20786478    |
| 1        | 0.3000        | 15          | 0.55205512 | 0.11816733 | 0.83627522 | 0.07539029    | -0.20256588   | 0.33798206    |
| 1        | 0.3200        | 16          | 0.55387485 | 0.09740219 | 0.82669657 | 0.08688152    | -0.21232679   | 0.05606265    |
| 1        | 0.3400        | 17          | 0.55878162 | 0.11377949 | 0.83472586 | -0.03295251   | -0.31254694   | 0.32747796    |
| 1        | 0.3600        | 18          | 0.55892134 | 0.10575671 | 0.83154607 | -0.00307652   | -0.36345148   | 0.14665054    |
| 1        | 0.3800        | 19          | 0.55739862 | 0.11796005 | 0.83318150 | -0.06535123   | -0.22380997   | 0.11979270    |
| 1        | 0.4000        | 20          | 0.55630535 | 0.10518266 | 0.83222699 | 0.02729863    | -0.24247797   | -0.05819770   |
| 1        | 0.4200        | 21          | 0.56559420 | 0.11781722 | 0.83684623 | -0.14817610   | -0.17891437   | 0.05078075    |
| 1        | 0.4400        | 22          | 0.55858386 | 0.11347861 | 0.83296531 | -0.16541179   | -0.05643092   | -0.09097857   |
| 1        | 0.4600        | 23          | 0.55404121 | 0.10911401 | 0.83350313 | -0.20375054   | -0.01511095   | -0.12172933   |
| 1        | 0.4800        | 24          | 0.55404907 | 0.11031801 | 0.83109570 | -0.19621533   | -0.07584818   | -0.09391141   |
| 1        | 0.5000        | 25          | 0.55739957 | 0.10442802 | 0.82833630 | -0.10530705   | -0.09745441   | -0.10419066   |
| 1        | 0.5200        | 26          | 0.55105913 | 0.10752360 | 0.83331102 | -0.11531740   | -0.06700215   | -0.01375743   |
| 1        | 0.5400        | 27          | 0.55588299 | 0.10518123 | 0.83030379 | -0.09441356   | 0.07484982    | 0.00590604    |

## ***Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα***

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον