



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον

Χώρος για εικόνα/σχήμα/διάγραμμα σχετικό με την εργασία (προαιρετικά)

Φοιτητής: Καλυβάς-Αναστασίου Δημήτριος
ΑΜ: 50106982

Επιβλέπων Καθηγητής

Ηλίας Σταύρακας
Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Design and Implementation of a Recording and Monitoring System of Urban Noise

Χώρος για εικόνα/σχήμα/διάγραμμα σχετικό με την εργασία (προαιρετικά)

Student: Kalyvas-Anastasiou Dimitrios
Registration Number: 50106982

Supervisor

Ilias Stavrakas
Professor

ATHENS-EGALEO, FEBRUARY 2024

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

(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Καλυβάς-Αναστασίου Δημήτριος,
Φεβρουάριος, 2024**

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

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

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Καλυβάς-Αναστασίου Δημήτριος του Άγγελου με αριθμό μητρώου 50106982 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

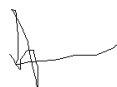
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό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

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι **Κενό** και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο Δηλών

Καλυβάς-Αναστασίου Δημήτριος



Αφιερωμένο στην οικογένεια μου, στα κοντινά μου άτομα και στον κ. Ηλία Σταύρακα που με καθοδήγησε καθ'όλη την διάρκεια της διπλωματικής.

Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική αναφέρεται στην ανάπτυξη ενός συστήματος καταγραφής και παρακολούθησης αστικού θορύβου χρησιμοποιώντας ένα Raspberry Pi Model B, μία κάρτα ήχου HiFi Berry Digi2-Pro και ένα μικρόφωνο USB. Έχοντας ως στόχο την αντιμετώπιση της αστικής ηχορύπανσης, το έργο αξιοποιεί την δύναμη της βιβλιοθήκης PyAudio για την αποτύπωση του θορύβου, τη βιβλιοθήκη wave για αποθήκευση των καταγραφών και την datetime για την εισαγωγή χρονικών σφραγίδων. Η ανάλυση πραγματοποιείται με τις βιβλιοθήκες SciPy και NumPy για την εύρεση των πιο δυνατών συχνοτήτων μέσω του FFT. Τέλος, τα αποτελέσματα οπτικοποιούνται με την βιβλιοθήκη Matplotlib και ανεβαίνουν σε έναν διακομιστή με χρήση του InfluxDB και παρουσιάζονται στο Grafana. Αυτό το σύστημα αποτελεί ένα αποδοτικό εργαλείο για την περιβαλλοντική παρακολούθηση συμβάλλοντας στην κατανόηση και στην μετρίαση της ηχορύπανσης σε αστικά περιβάλλοντα.

Λέξεις – κλειδιά

Παρακολούθηση Θορύβου, Αστικά Επίπεδα Ήχου, Ανάλυση Ακουστικών Δεδομένων, Μέρηση Έντασης Θορύβου, Ανάλυση Συχνότητας Ήχου, Καταγραφή Περιβαλλοντικού Θορύβου, Επίδραση Θορύβου στην Υγεία.

Abstract

This thesis discusses the development of a system for recording and monitoring urban noise using a Raspberry Pi Model B, a HiFi Berry Digi2-Pro sound card and a USB microphone. Aiming to address urban noise pollution, the project utilizes the power of the PyAudio library to capture the noise, the wave library to store recordings and the datetime library for inserting timestamps. Analysis is conducted with the SciPy and NumPy libraries to identify the loudest frequencies through FFT. Finally, the results are visualized with the Matplotlib library and are uploaded to a server using InfluxDB, presented in Grafana. This system serves as an efficient tool for environmental monitoring, contributing to the understanding and mitigation of noise pollution in urban environments.

Keywords

Noise Monitoring, Urban Sound Levels, Acoustic Data Analysis, Noise Intensity Zoning, Sound Frequency Analysis, Environmental Noise Recording, Health Impact of Noise.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων.....	11
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγή.....	13
1.1 Επισκόπηση Έργου.....	13
1.1.1 Η Ανάγκη Παρακολούθησης Αστικού Θορύβου	13
1.1.2 Τεχνολογική Καινοτομία και Προσέγγιση	13
1.1.3 Ενσωμάτωση Λογισμικού και Ανάλυση Δεδομένων	13
1.1.4 Διαχείριση Δεδομένων και Οπτικοποίηση.....	14
1.1.5 Σημασία και Δυνητικός Αντίκτυπος.....	14
1.2 Σημασία της Παρακολούθησης του Αστικού Θορύβου.....	14
1.2.1 Επιπτώσεις στην Υγεία	14
1.2.2 Επιπτώσεις στην Οικονομία και στην Ποιότητα Ζωής.....	15
1.2.3 Πηγές Αστικού Θορύβου και Μετριάσμος.....	15
1.2.4 Αντίληψη και Κοινωνικός Αντίκτυπος.....	15
1.3 Στόχοι ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος Καταγραφής Θορύβου.....	16
1.3.1 Συστηματική και Συνεχής Παρακολούθηση της Ηχορρύπανσης σε Κλίμακα Πόλης.....	16
1.3.2 Ακριβής Περιγραφή των Ακουστικών Περιβαλλόντων.....	16
1.3.3 Ενίσχυση της Συμμετοχής των Πολιτών στην Αναφορά Θορύβου και τον Μετριάσμο.....	17
1.3.4 Διευκόλυνση Δράσης με Γνώμονα την Ενημέρωση από τους Φορείς της Πόλης	17
1.3.5 Αξιοποίηση Τεχνολογιών για Ενισχυμένη Παρακολούθηση.....	18
1.3.6 Ανάλυση και Αναφορά Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο.....	18
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	19
2.1 Αστικός Θόρυβος και οι Επιπτώσεις του	19
2.1.1 Επιπτώσεις στην Ανθρώπινη Υγεία	19
2.1.2 Επιπτώσεις στην Άγρια Ζωή	19
2.1.3 Κοινωνικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	20
2.1.4 Προκλήσεις στην Διαχείριση και τον Μετριάσμο του Θορύβου	21
2.2 Προηγούμενες Έρευνες και Τεχνολογίες στην Παρακολούθηση Θορύβου.....	21
2.2.1 Προκλήσεις και Τεχνολογική Πρόοδος.....	21
2.2.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες στην Καταγραφή Θορύβου	21
2.2.3 Ανάλυση σε Κλίμακα Πόλεως και Συμμετοχή των Πολιτών.....	22
2.2.4 Άλλες Τεχνολογικές Εξελίξεις.....	22
2.3 Χρήση του Raspberry Pi για την Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος.....	23
2.3.1 Το Raspberry Pi Zero 2 W: Μια Οικονομικά Αποδοτική Λύση	23
2.3.2 Ο Αισθητήρας Enviro+ για το Raspberry Pi	23
2.3.3 Πειραματικό Project : Έξυπνη Παρακολούθηση Περιβάλλοντος.....	24
2.3.4 Πειραματικό Project : Παρακολούθηση Ποιότητας Αέρα	25
2.3.5 Πειραματικό Project : Παρακολούθηση Στάθμης Νερού για Πρόβλεψη Πλημμυρών	25
2.3.6 Το Project AirPi.....	25
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ανάλυση & Εγκατάσταση του Εξοπλισμού.....	26
3.1 Raspberry Pi 4 Model B : Δυνατότητες και Προδιαγραφές.....	26
3.1.1 Επισκόπηση Προδιαγραφών	26
3.1.2 Ανάλυση Απόδοσης.....	27
3.1.3 Συνδεσιμότητα και Αποθήκευση.....	27
3.1.4 Δίκτυο και Απόδοση Ισχύος.....	27
3.1.5 Πρακτικές Εφαρμογές και Χρήσεις.....	28
3.2 Κάρτα Ήχου HiFi Berry Digi-2 Pro : Χαρακτηριστικά και Ενσωμάτωση	28
3.2.1 Χαρακτηριστικά της Κάρτας Ήχου HiFi Berry Digi-2 Pro	28
3.2.2 Ενσωμάτωση με το Raspberry Pi.....	29
3.2.3 Αξιολόγηση του HiFi Berry στο Πλαίσιο της Παρακολούθησης του Αστικού Θορύβου	31
3.3 Μικρόφωνο USB για το Raspberry Pi : Χαρακτηριστικά και Απόδοση.....	32

3.3.1	Επισκόπηση Μικροφώνων USB για το Raspberry Pi	32
3.3.2	Απόδοση και Δυνατότητες	33
3.3.3	Διαδικασία και Τεχνικές Καταγραφής	33
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Λογισμικό και Εργαλεία Ανάπτυξης	34
4.1	Η Βιβλιοθήκη PyAudio.....	35
4.1.1	Ρυθμίζοντας την Βιβλιοθήκη PyAudio	35
4.1.2	PyAudio για Καταγραφή Ήχου	36
4.1.3	Εξερεύνηση Συσκευών Ήχου με την Βιβλιοθήκη PyAudio	37
4.1.4	Προηγμένες Τεχνικές Καταγραφής με την Βιβλιοθήκη PyAudio	37
4.1.5	Ενσωμάτωση του PyAudio με Άλλες Βιβλιοθήκες Python	38
4.1.6	Εφαρμογές της Βιβλιοθήκης PyAudio σε Πραγματικά Έργα	38
4.1.7	Προκλήσεις και Προβληματισμοί.....	38
4.2	Η Βιβλιοθήκη Wave για Διαχείριση Αρχείων	39
4.2.1	Εισαγωγή στην Βιβλιοθήκη Wave	39
4.2.2	Βασικές Λειτουργίες της Βιβλιοθήκης Wave	39
4.2.3	Πρακτική Χρήση και Παραδείγματα.....	40
4.2.4	Προηγμένες Δυνατότητες και Βελτιώσεις.....	40
4.3	Η Βιβλιοθήκη DateTime για Χρονοσημάνσεις.....	41
4.3.1	Εισαγωγή στην Βιβλιοθήκη DateTime	41
4.3.2	Βασικές Λειτουργίες της Βιβλιοθήκης DateTime	41
4.3.3	Προηγμένες Δυνατότητες και Πρακτικές Εφαρμογές	43
4.4	Οι Βιβλιοθήκες SciPy και NumPy για Ανάλυση FFT.....	44
4.4.1	Θεμελίωση και Εφαρμογή του FFT στην Επεξεργασία Ηχητικών Σημάτων.....	44
4.4.2	Βασικές Λειτουργίες της Βιβλιοθήκης.....	45
4.4.3	Προκλήσεις και Προηγμένες Τεχνικές στον FFT για την Επεξεργασία Ακουστικού Σήματος	46
4.5	Η Βιβλιοθήκη Matplotlib για Οπτικοποίηση Δεδομένων	47
4.5.1	Εισαγωγή στην Βιβλιοθήκη Matplotlib	47
4.5.2	Βασική Σχεδίαση στην Βιβλιοθήκη Matplotlib.....	47
4.5.3	Προσαρμογή του Matplotlib	47
4.5.4	Αποθήκευση Γραφικών ως Αρχείο Εικόνας.....	48
4.5.5	Προηγμένοι Τύποι Γραφικών στην Βιβλιοθήκη Matplotlib.....	48
4.6	InfluxDB και Grafana για Ανέβασμα και Παρακολούθηση Δεδομένων	49
4.6.1	Εισαγωγή στην InfluxDB για Ανέβασμα Δεδομένων	49
4.6.2	Αρχιτεκτονική IoT : Μελέτη και Εφαρμογή.....	49
4.6.3	Το Grafana για Οπτικοποίηση και Παρακολούθηση Δεδομένων.....	50
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Υλοποίηση του Συστήματος Παρακολούθησης	52
5.1	Ρύθμιση του Raspberry Pi.....	52
5.1.1	Αρχικές Απαιτήσεις και Συνδέσεις	52
5.1.2	Εγκατάσταση και Διαμόρφωση του Λειτουργικού Συστήματος.....	59
5.1.3	Ολοκληρώνοντας την Ρύθμιση	65
5.2	Εγκατάσταση της Κάρτας Ήχου και του Μικροφώνου.....	66
5.2.1	Ρυθμίζοντας την Κάρτα Ήχου HiFi Berry Digi-2 Pro	66
5.2.2	Ρυθμίζοντας το Μικρόφωνο USB για το Raspberry Pi.....	66
5.3	Εγκατάσταση του Απαραίτητου Λογισμικού	69
5.3.1	Διαδικασία Εγκατάστασης των Απαραίτητων Βιβλιοθηκών της Python.....	69
5.3.2	Έλεγχος της Εγκατάστασης του Λογισμικού.....	70
5.4	Εκτέλεση του Προγράμματος της Εργασίας	70
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Προκλήσεις και Μελλοντικές Βελτιώσεις	74
6.1	Προκλήσεις και Περιορισμοί	74
6.1.1	Τεχνικοί Περιορισμοί και Ακρίβεια των Δεδομένων	74
6.1.2	Περιβαλλοντικές και Αναπτυξιακές Προκλήσεις	75
6.1.3	Όγκος Δεδομένων και Περιορισμοί Επεξεργασίας	75
6.1.4	Ακρίβεια και Αξιοπιστία της FFT	75

6.2	Συστάσεις για Μελλοντικές Βελτιώσεις	76
6.2.1	Ενσωμάτωση Μπαταρίας για Βελτιωμένη Φορητότητα	76
6.2.2	Βελτίωση των Ασύρματων Δυνατοτήτων του Συστήματος.....	76
6.2.3	Ενίσχυση των Δυνατοτήτων του Raspberry για Αποδοτικότερη Διαχείριση Δεδομένων	77
	Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	78
	Παράρτημα Α	82

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 5.1 Raspberry Pi 4 Model B

Εικόνα 5.2 Sd Card Adapter & Micro Sd Card

Εικόνα 5.3 Καλώδιο τροφοδοσίας για το Raspberry Pi

Εικόνα 5.4 Καλώδιο HDMI

Εικόνα 5.5 Πληκτρολόγιο και ποντίκι για το Raspberry Pi

Εικόνα 5.6 Οθόνη DELL με καλώδιο HDMI

Εικόνα 5.7 Raspberry Pi με κάρτα microSD

Εικόνα 5.8 Οθόνη με συνδεδεμένη την θύρα HDMI

Εικόνα 5.9 Raspberry Pi 4 με την θύρα HDMI συνδεδεμένη

Εικόνα 5.10 Raspberry Pi 4 με συνδεδεμένες τις θύρες των περιφερειακών

Εικόνα 5.11 Raspberry Pi 4 με συνδεδεμένη την θύρα τροφοδοσίας

Εικόνα 5.12 Καλώδιο τροφοδοσίας συνδεδεμένο στην παροχή τροφοδοσίας

Εικόνα 5.13 Αναμένα LED που υποδεικνύουν την επιτυχή σύνδεση στην πηγή

Εικόνα 5.14 Επίσημη σελίδα του Raspberry Pi

Εικόνα 5.15 Επιλογή του λειτουργικού συστήματος στο πρόγραμμα Imager

Εικόνα 5.16 Επιλογή της κάρτας SD στο πρόγραμμα Imager

Εικόνα 5.17 Διαδικασία εγγραφής του λειτουργικού στο πρόγραμμα Imager

Εικόνα 5.18 Raspberry Pi με όλα τα περιφερειακά συνδεδεμένα

Εικόνα 5.19 Raspberry Pi με την κάρτα microSD στην υποδοχή

Εικόνα 5.20 Καλώδιο τροφοδοσίας συνδεδεμένο σε πηγή τροφοδοσίας

Εικόνα 5.21 Λογότυπο του Raspberry στην πρώτη εκκίνηση

Εικόνα 5.22 Μενού του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση

Εικόνα 5.23 Μενού ρύθμισης χώρας του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση

Εικόνα 5.24 Μενού ρύθμισης χρήστη του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση

Εικόνα 5.25 Μενού ρύθμισης χρήστη του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση συμπληρωμένο

Εικόνα 5.26 Μενού ρύθμισης δικτύου του Raspberry Pi κατά την πρώτη εκκίνηση

Εικόνα 5.27 Raspberry Pi με την κάρτα HiFi Berry τοποθετημένη

Εικόνα 5.28 Μικρόφωνο USB για το Raspberry Pi 4

Εικόνα 5.29 Raspberry Pi με το μικρόφωνο USB συνδεδεμένο

Εικόνα 5.30 Εντολή ελέγχου της έκδοσης της γλώσσας Python

Εικόνα 5.31 Εντολή αναβάθμισης των πακέτων του συστήματος

Εικόνα 5.32 Εντολή εγκατάστασης της έκδοσης τρία της γλώσσας Python

Εικόνα 5.33 Εντολή εγκατάστασης του προγράμματος εγκατάστασης πακέτων της Python

Εικόνα 5.34 Εντολή εγκατάστασης των βιβλιοθηκών του project

Εικόνα 5.35 Εντολές ελέγχου της επιτυχής εγκατάστασης των βιβλιοθηκών της Python

Εικόνα 5.36 Εντολή εκτέλεσης του κώδικα του project

Εικόνα 5.37 Έναρξη της καταγραφής ήχου

Εικόνα 5.38 Εμφάνιση των καταγεγραμμένων δεδομένων στην οθόνη

Εικόνα 5.39 Διάγραμμα του φάσματος συχνοτήτων

Εικόνα 5.40 Αποστολή των δεδομένων στο Grafana

Εικόνα 5.41 Αποθήκευση των δεδομένων σε αρχείο txt

Εικόνα 5.42 Πίνακας συχνοτήτων

Εικόνα 5.43 Πίνακας μεγεθών των συχνοτήτων

Εικόνα 5.44 Εμφάνιση της τοποθεσίας του σταθμού στον χάρτη

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγή

1.1 Επισκόπηση Έργου

Στη σύγχρονη εποχή, η ακουστική ρύπανση αποτελεί ένα κρίσιμο περιβαλλοντικό ζήτημα, επηρεάζοντας όχι μόνο την οικολογική ισορροπία αλλά και την υγεία και ευεξία των κατοίκων της πόλης. Η παρούσα διπλωματική με τίτλο “Σχεδιασμός και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον” στοχεύει στην αντιμετώπιση αυτού του αυξανόμενου ζητήματος μέσω της ανάπτυξης ενός εξελιγμένου και αποδοτικού κοστολογικά, συστήματος παρακολούθησης θορύβου σε αστικές περιοχές.

1.1.1 Η Ανάγκη Παρακολούθησης Αστικού Θορύβου

Η ταχεία επέκταση των αστικών περιβάλλοντων έχει οδηγήσει σε αύξηση της ρύπανσης από θόρυβο, αποτέλεσμα των βιομηχανικών δραστηριοτήτων, της κυκλοφορίας, των κατασκευών καθώς και των καθημερινών ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου έχει συνδεθεί με διάφορα προβλήματα υγείας, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας ακοής, ασθένειες που σχετίζονται με το στρες, διαταραχές ύπνου και καρδιαγγειακών προβλημάτων [1]. Η παρακολούθηση του αστικού θορύβου είναι ζωτικής σημασίας για τη δημιουργία στρατηγικών μετρίασης του αντικτύπου του στη δημόσια υγεία καθώς και στην αστική ζωή.

1.1.2 Τεχνολογική Καινοτομία και Προσέγγιση

Η παρούσα Διπλωματική θα αξιοποιήσει το Raspberry Pi 4 Model B, μια ικανή και οικονομικά προσιτή πλατφόρμα υπολογισμού, για να αποτελέσει τον πυρήνα του συστήματος παρακολούθησης θορύβου. Η επιλογή του Raspberry Pi είναι στρατηγική, λαμβάνοντας υπόψη το χαμηλό κόστος, την πολυπλοκότητα του και την σταθερή υποστήριξη από την κοινότητα. Το Raspberry θα εξοπλιστεί με μία κάρτα ήχου HiFiBerry Digi2-Pro, επιλεγμένη για τις υψηλής ποιότητας ικανότητες επεξεργασίας ήχου. Αυτός ο συνδιασμός αναμένεται να προσφέρει ένα αξιόπιστο και ακριβές ψηφιακό σύστημα καταγραφής θορύβου.

Επιπλέον, ένα μικρόφωνο USB για το Raspberry Pi θα χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή του ήχου. Αυτό το μικρόφωνο, επιλεγμένο για τη συμβατότητα του με το Raspberry Pi και την ευκολία χρήσης, θα καταγράψει τον περιβάλλοντα θόρυβο, ο οποίος στη συνέχεια θα επεξεργαστεί, θα αναλυθεί και θα οπτικοποιηθεί.

1.1.3 Ενσωμάτωση Λογισμικού και Ανάλυση Δεδομένων

Η βασική διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων θα γίνει μέσω διαφόρων βιβλιοθηκών της Python. Η PyAudio θα χρησιμοποιηθεί για την εγγραφή του ήχου, εκμεταλλευόμενη την ικανότητα της να διασυνδέεται με την ηχητική είσοδο του Raspberry Pi. Οι εγγεγραμμένοι ήχοι θα αποθηκευτούν σε μορφή .wav χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη Wave και η βιβλιοθήκη Datetime θα χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή χρονικών σφραγίδων, εξασφαλίζοντας ακριβή χρονολογική καταγραφή των δεδομένων.

Για την ανάλυση των δεδομένων θα χρησιμοποιηθούν οι βιβλιοθήκες SciPy (Scientific Python) και NumPy (Numerical Python) οι οποίες θα εκτελέσουν αναλύσεις Ταχύς Μετασχηματισμού Φουριέ (FFT). Αυτό το βήμα είναι κρίσιμο για να διαχωριστεί ο ήχος στις συστατικές του συχνότητες,

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον επιτρέποντας την ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση των ισχυρότερων ηχητικών συνιστωσών στο αστικό περιβάλλον.

Η Matplotlib, μία ισχυρή βιβλιοθήκη δημιουργίας γραφημάτων, θα χρησιμοποιηθεί για να οπτικοποιήσει τα δεδομένα που προκύπτουν από την ανάλυση FFT. Αυτή η οπτική αναπαράσταση δεν θα βοηθήσει μόνο στην κατανόηση της φύσης του αστικού θορύβου, αλλά και στην παρουσίαση των ευρημάτων σε ενδιαφερόμενους φορείς και στο κοινό.

1.1.4 Διαχείριση Δεδομένων και Οπτικοποίηση

Για την αποτελεσματική διαχείριση και οπτικοποίηση των δεδομένων θα ενσωματωθούν το InfluxDB και το Grafana. Το InfluxDB αποτελεί μία βάση δεδομένων χρονοσειρών που θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση των επεξεργασμένων δεδομένων θορύβου. Αυτή η επιλογή βασίζεται στην αποδοτικότητα του InfluxDB στον χειρισμό δεδομένων και την συμβατότητα του με συσκευές IoT. Το Grafana, μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για την οπτικοποίηση δεδομένων, θα χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει διαδραστικούς πίνακες ελέγχου. Αυτοί οι πίνακες θα παρέχουν μία σύγχρονη και ολοκληρωμένη εικόνα των επιπέδων θορύβου στις αστικές περιοχές, προσφέροντας ένα ισχυρό εργαλείο για τους σχεδιαστές πόλεων, τους περιβαλλοντολόγους και το κοινό για την παρακολούθηση και ανάλυση της ηχορύπανσης.

1.1.5 Σημασία και Δυνητικός Αντίκτυπος

Η επιτυχημένη υλοποίηση του έργου έχει τη δυνατότητα να επαναστατήσει την παρακολούθηση του αστικού θορύβου. Παρέχοντας μια κλιμακούμενη, προσιτή και αποδοτική λύση θα επιτρέψει στις πόλεις να παρακολουθούν συνεχώς τα επίπεδα της ηχορύπανσης και να αναπτύξουν στρατηγικές βασισμένες σε δεδομένα για τη διαχείριση του θορύβου. Επιπλέον, αυτό το project μπορεί να λειτουργήσει ως πρότυπο για παρόμοιες πρωτοβουλίες περιβαλλοντικής παρακολούθησης, αναδεικνύοντας τον ρόλο της τεχνολογίας στην αντιμετώπιση οικολογικών προκλήσεων.

1.2 Σημασία της Παρακολούθησης του Αστικού Θορύβου

Ο αστικός θόρυβος, ένα συχνό περιβαλλοντικό πρόβλημα, έχει λάβει σημαντική προσοχή λόγω των εκτεταμένων επιπτώσεων του στην δημόσια υγεία, την ποιότητα ζωής των ανθρώπων και το περιβάλλον. Αυτή η ενότητα εξετάζει τις διάφορες πτυχές της αστικής ρύπανσης, τονίζοντας την ανάγκη για αποτελεσματικές στρατηγικές παρακολούθησης του.

1.2.1 Επιπτώσεις στην Υγεία

Οι επιπτώσεις του αστικού θορύβου στην υγεία είναι διάφορες και σημαντικές. Η μακροχρόνια και υπερβολική έκθεση στον θόρυβο έχει συνδεθεί με μια πληθώρα προβλημάτων όπως το άγχος, κακή συγκέντρωση, απώλεια παραγωγικότητας, δυσκολίες στην επικοινωνία, κόπωση λόγω έλλειψης ύπνου, καρδιαγγειακή νόσο, εμβοές και απώλεια ακοής. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) ταυτίζει την ηχορύπανση, κυρίως από την οδική κυκλοφορία, ως την δεύτερη πιο σημαντική απειλή για την δημόσια υγεία στις ανεπτυγμένες χώρες, αμέσως μετά την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η επίδραση δεν περιορίζεται μόνο σε ενήλικες. Τα παιδιά που εκτίθενται στην ηχορύπανση εμφανίζουν μειωμένη μνημονική ικανότητα, δεξιότητες ανάγνωσης και χαμηλότερες βαθμολογίες με αποτέλεσμα χαμηλότερες επιδόσεις στην εκπαίδευση και στην γνωστική ανάπτυξη[1][2].

Ένα ανησυχητικό στοιχείο της ηχορρύπανσης είναι η επίδραση της ακόμη και κατά την διάρκεια του ύπνου. Το ανθρώπινο αυτί, ευαίσθητο και πάντα ενεργό, συνεχίζει να επεξεργάζεται τους περιβάλλοντες θορύβους, οδηγώντας σε κακής ποιότητας ύπνο και σε επακόλουθα ζητήματα όπως κόπωση, μειωμένη μνήμη, μειωμένη δημιουργικότητα, στρες και αποδυναμωμένες ψυχοκινητικές δεξιότητες. Η συνεχής έκθεση στον θόρυβο προκαλεί την οξεία αντίδραση του στρες στο σώμα, αυξάνοντας την αρτηριακή πίεση και τους καρδιαγγειακούς παλμούς, που μπορεί να οδηγήσει σε πιο σοβαρές παθήσεις υγείας, όπως καρδιαγγειακή νόσος[2].

1.2.2 Επιπτώσεις στην Οικονομία και στην Ποιότητα Ζωής

Οι οικονομικές επιπτώσεις της ηχορρύπανσης είναι αξιοσημείωτες. Οι τιμές των ενοικίων σε θορυβώδεις περιοχές μπορεί να μειωθούν σημαντικά, αντανakλώντας το αρνητικό αντίκτυπο του περιβαλλοντικού θορύβου στις αγορές και ενοικιάσεις ακινήτων. Αυτή η οικονομική διάσταση είναι ουσιαστική για τον αστικό σχεδιασμό και τη λήψη πολιτικών αποφάσεων[1].

Όσον αφορά την ποιότητα ζωής, η ηχορρύπανση είναι μία από τις πιο ενοχλητικές ανησυχίες για τους κατοίκους των πόλεων. Επηρεάζει την καθημερινή ζωή διαταράσσοντας τα μοτίβα ύπνου, προκαλώντας εκνευρισμό και αυξάνοντας τον κίνδυνο ατυχημάτων και ψυχιατρικής θεραπείας. Οι άνθρωποι που ζουν κοντά σε μεγάλους δρόμους ή αεροδρόμια είναι πιο πιθανό να υποφέρουν από συχνούς πονοκεφάλους και εμπλέκονται σε περισσότερα ατυχήματα σε σύγκριση με όσους ζουν σε ήσυχες περιοχές[1].

1.2.3 Πηγές Αστικού Θορύβου και Μετριάσμός

Ο αστικός θόρυβος προέρχεται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των οικοδομών, τις σειρήνες των οχημάτων έκτακτης ανάγκης, των συναγερμών ασφαλείας, της οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, των αεροσκαφών, της δυνατής μουσικής και των εκδηλώσεων. Αυτές οι διάφορες πηγές συμβάλλουν στην πολυπλοκότητα της διαχείρισης της ηχορρύπανσης στις πόλεις[1].

Οι στρατηγικές μετριάσμού είναι ουσιαστικές στην αντιμετώπιση της ηχορρύπανσης. Αυτές περιλαμβάνουν τη συμμόρφωση με τα ρυθμιστικά πρότυπα, προσωπικά μέτρα όπως η χρήση ωτοασπίδων ή ακουστικών μείωσης θορύβου καθώς και υποδομικές λύσεις όπως η ανέγερση ηχοαπορροφητικών φραγμάτων και η ηχομόνωση κτιρίων. Ωστόσο, αυτές οι προσπάθειες δεν είναι αρκετές από μόνες τους. Απαιτείται συνεχής παρακολούθηση και επιβολή συμμόρφωσης για αποτελεσματική διαχείριση της ηχορρύπανσης[1].

1.2.4 Αντίληψη και Κοινωνικός Αντίκτυπος

Μια μελέτη που επικεντρώνεται στην αντίληψη του αστικού θορύβου σε κατοικημένες γειτονίες και κέντρα πόλεων τονίζει τις διαφορετικές βαθμίδες της ηχορρύπανσης σε διάφορες αστικές περιοχές. Η έρευνα διαπίστωσε ότι το μέσο επίπεδο ηχητικής ρύπανσης σε μια ήσυχη κατοικημένη περιοχή και σε ένα αστικό κέντρο ήταν σημαντικά διαφορετικό. Τα κύρια παράπονα των κατοίκων περιλάμβαναν πονοκεφάλους, ευερεθιστότητα, κακή συγκέντρωση και απνία υποδεικνύοντας τη διάχυτη επίδραση της ηχορρύπανσης στην καθημερινή ζωή. Επιπλέον, ένα σημαντικό ποσοστό των κατοίκων σε αμφοτέρως περιοχές αναγνώρισε την επιβλαβή δράση του θορύβου με διαφορετικά επίπεδα ευαισθησίας στα αυξανόμενα επίπεδα θορύβου που αναφέρθηκαν[3].

Η πολυμεταβλητή ανάλυση των παραγόντων αυτής της μελέτης αναγνώρισε τρεις κρίσιμους δείκτες: 'Χρονική Αντίληψη', 'Αντίληψη Ατυπικού Θορύβου', 'Πηγές και Παράπονα'. Αυτοί οι δείκτες συνολικά αντιπροσώπευαν ένα σημαντικό μέρος του φαινομένου της ηχορρύπανσης στις αστικές περιοχές, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για παρακολούθηση και την μείωση του

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον θορύβου. Οι κάτοικοι ανέφεραν διαταραχές από ατυπικές πηγές θορύβου και συχνά παράπονα σχετικά με τις επιδράσεις του αστικού θορύβου, όπως ευερεθιστότητα και κακή συγκέντρωση[3].

Ο θόρυβος από την κυκλοφορία αναγνωρίστηκε ως η πιο ενοχλητική πηγή, επισημαίνοντας περαιτέρω την ανάγκη για παρεμβάσεις αστικού σχεδιασμού όπως η διαχείριση της ροής οχημάτων και η κατασκευή ακουστικών φραγμάτων σε δημόσιους χώρους για τη μείωση της ηχορρύπανσης[3].

1.3 Στόχοι ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος Καταγραφής Θορύβου

Ο αστικός θόρυβος, ένας πανταχού παρών παράγοντας της ζωής στην πόλη, έχει γίνει μία αυξανόμενη ανησυχία λόγω των επικρατούμενων και συχνά επιζήμιων επιδράσεων του στη δημόσια υγεία, στο περιβάλλον και στη γενική ποιότητα ζωής στις αστικές περιοχές. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την παρακολούθηση και την μετρίαση του αστικού θορύβου ενισχύεται από παράγοντες συμπεριλαμβανομένων της τεχνολογικής προόδου, της αυξανόμενης περιβαλλοντικής ευαισθησίας και της εξελισσόμενης αστικής τοπογραφίας. Η παρούσα Διπλωματική αποτελεί μία απλοποιημένη εκδοχή ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης θορύβου, αλλά αποτελεί τον βασικό πυλώνα υλοποίησης του.

1.3.1 Συστηματική και Συνεχής Παρακολούθηση της Ηχορρύπανσης σε Κλίμακα Πόλης

Ο κύριος στόχος της εργασίας, είναι να καθιερωθεί ένα συστηματικό και συνεχές πλαίσιο παρακολούθησης ικανό να αποτυπώνει την πολυπλοκότητα και τη δυναμική των αστικών θορύβων. Σύγχρονες προσπάθειες, όπως οι Ήχοι της Νέας Υόρκης (SONYC), τονίζουν την ανάγκη για παρακολούθηση της ρύπανσης από θόρυβο σε αστικά περιβάλλοντα[5].

Αυτή η παρακολούθηση ευρείας κλίμακας εξυπηρετεί αρκετούς σκοπούς:

- 1. Συλλογή Δεδομένων και Ανάλυση:** Συσσώρευση μακροχρόνιων ακουστικών δεδομένων σε μια ευρεία γκάμα στατικών και δυναμικών αστικών περιβάλλοντων. Αυτό περιλαμβάνει τη σύλληψη μετρήσεων Επιπέδου Πίεσης Ήχου (SPL) και ακατέργαστα ηχητικά δεδομένα, ουσιώδη για μια περιεκτική κατανόηση του αστικού ακουστικού περιβάλλοντος[4].
- 2. Εντοπισμός Θερμών Σημείων Θορύβου:** Μέσω της εκτεταμένης παρακολούθησης, μπορούν να εντοπιστούν θερμά σημεία θορύβου, επιτρέποντας την στοχευμένη παρέμβαση και την διαμόρφωση πολιτικών αντιμετώπισης τους.
- 3. Χρονικές και Χωρικές Τάσεις:** Κατανόηση του πώς τα επίπεδα θορύβου διαφέρουν κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας, της εβδομάδας και του χρόνου καθώς και σε διάφορους αστικούς χώρους.

1.3.2 Ακριβής Περιγραφή των Ακουστικών Περιβαλλόντων

Η λεπτομερής κατανόηση των ακουστικών περιβαλλόντων είναι κρίσιμη. Αυτό περιλαμβάνει όχι μόνο τη μέτρηση των επιπέδων θορύβου αλλά και την αποκρυπτογράφηση των πηγών τους[5].

Στοιχεία όπως:

1. **Ταυτοποίηση της Πηγής:** Διάκριση ανάμεσα σε διάφορες πηγές θορύβου όπως την κυκλοφορία, τις κατασκευές και τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
2. **Χαρακτηρισμός Ήχου:** Ανάλυση της συχνότητας, διάρκειας και έντασης διαφόρων ήχων για να κατανοήσουμε τη φύση και την επίδραση τους.
3. **Περιβαλλοντική Ανάλυση:** Κατανόηση του πλαισίου μέσα στο οποίο συμβαίνουν οι θόρυβοι που είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διαχείριση του θορύβου.

1.3.3 Ενίσχυση της Συμμετοχής των Πολιτών στην Αναφορά Θορύβου και τον Μετριασμό

Ο ρόλος της κοινότητας είναι κομβικός στην παρακολούθηση και μείωση του αστικού θορύβου. Ο στόχος είναι να ενισχυθεί η συμμετοχή των πολιτών, επιτρέποντας στους κατοίκους να αναφέρουν θέματα θορύβου και να συμβάλλουν στη διαδικασία συλλογής δεδομένων[5].

Αυτό περιλαμβάνει:

1. **Ενημέρωση της Κοινότητας:** Ενημέρωση του κοινού σχετικά με τις επιπτώσεις της ηχορρύπανσης και τη σημασία της παρακολούθησης του θορύβου.
2. **Συλλογή Δεδομένων από το Κοινό:** Χρήση κινητών εφαρμογών και διαδικτυακών πλατφορμών για να αναφέρουν οι κάτοικοι περιστατικά θορύβου, συνεισφέροντας σε ένα μεγαλύτερο σύνολο δεδομένων.
3. **Ενδυνάμωση της Τοπικής Δράσης:** Ενθάρρυνση των τοπικών κοινοτήτων να λάβουν προληπτικά μέτρα για τη μείωση του θορύβου, υποστηριζόμενα από τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω του έργου.

1.3.4 Διευκόλυνση Δράσης με Γνώμονα την Ενημέρωση από τους Φορείς της Πόλης

Ο τελικός στόχος είναι η ενδυνάμωση των αρχών των πόλεων για την υλοποίηση αποτελεσματικών στρατηγικών μείωσης του θορύβου. Παρέχοντας πλήρη, ακριβή και έγκαιρα δεδομένα, το έργο στοχεύει να επιτρέψει στις αρχές της πόλης να λάβουν ενημερωμένες ενέργειες για τη μείωση του θορύβου[5].

Αυτό περιλαμβάνει:

1. **Διαμόρφωση Πολιτικής:** Βοήθεια στους πολιτικούς να διαμορφώσουν κανονισμούς και οδηγίες βασισμένες σε εμπειρικά δεδομένα.
2. **Στοχευμένες Παρεμβάσεις:** Ενδυνάμωση των αρχών των πόλεων για να επικεντρώσουν τις προσπάθειες τους σε αναγνωρισμένα σημεία έντονου θορύβου και συγκεντρωμένες πηγές θορύβου.
3. **Μακροχρόνιος Αστικός Σχεδιασμός:** Ενσωμάτωση των παραγόντων θορύβου στον αστικό σχεδιασμό για την ανάπτυξη ήσυχων αστικών περιβάλλοντων.

1.3.5 Αξιοποίηση Τεχνολογιών για Ενισχυμένη Παρακολούθηση

Τα τελευταία χρόνια, το τοπίο της αστικής παρακολούθησης θορύβου έχει επαναστατηθεί με τεχνολογικές προόδους. Αυτή η διπλωματική στοχεύει να αξιοποιήσει αυτές τις καινοτομίες για να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της παρακολούθησης θορύβου:

- 1. Σμίκρυνση των Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων:** Η ενσωμάτωση συμπαγών και αποδοτικών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, επιτρέπουν την ανάπτυξη διακριτικών συστημάτων παρακολούθησης αστικού θορύβου. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση του Raspberry Pi 4 Model B και της κάρτας ήχου HiFi Berry Digi2-Pro, που επιδεικνύουν τις προόδους στη απόδοση[6].
- 2. Χαμηλού Κόστους Υπολογιστικοί Επεξεργαστές:** Η προσβασιμότητα προσιτών υπολογιστικών επεξεργαστών, επιτρέπει στην ανάπτυξη οικονομικά αποδοτικών συστημάτων παρακολούθησης θορύβου. Αυτό το έργο χρησιμοποιεί τέτοιους επεξεργαστές, καθιστώντας το σύστημα οικονομικά εφικτό για εκτεταμένη ανάπτυξη.
- 3. Βελτιωμένη Απόδοση Μπαταρίας:** Οι πρόοδοι στην τεχνολογία μπαταριών επιτρέπουν μεγαλύτερες περιόδους λειτουργίας για τις συσκευές παρακολούθησης θορύβου, εξασφαλίζοντας συνεχή ροή δεδομένων χωρίς συχνές απαιτήσεις συντήρησης.

1.3.6 Ανάλυση και Αναφορά Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο

Η δυνατότητα ανάλυσης και αναφοράς δεδομένων σε πραγματικό χρόνο αποτελεί έναν κρίσιμο στόχο.

Αυτό περιλαμβάνει:

- 1. Γρήγορη Επεξεργασία Δεδομένων:** Η χρήση του PyAudio και της βιβλιοθήκης Wave για άμεση εγγραφή και αποθήκευση ηχητικών δεδομένων σε μορφή .wav, σε συνδυασμό με τη βιβλιοθήκη datetime για την ενσωμάτωση χρονικών σφραγίδων, επιτρέπει την ταχεία επεξεργασία και αποθήκευση των δεδομένων θορύβου.
- 2. Ανάλυση σε Πραγματικό Χρόνο:** Η υλοποίηση αλγορίθμων Fast Fourier Transform (FFT) χρησιμοποιώντας τις βιβλιοθήκες SciPy και NumPy, επιτρέπει την άμεση ανάλυση των ηχητικών δεδομένων για τον προσδιορισμό της έντασης και συχνότητας των κυρίαρχων πηγών θορύβου.
- 3. Άμεση Αναφορά και Ενημέρωση:** Η ανάπτυξη ενός συστήματος που μπορεί να παρέχει ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο στις αρχές της πόλης και στο κοινό για σημαντικά γεγονότα θορύβου ή παραβιάσεις των ορίων θορύβου.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Αστικός Θόρυβος και οι Επιπτώσεις του

Ο αστικός θόρυβος, είναι ένας ανεπιθύμητος ή υπερβολικός ήχος που προέρχεται κυρίως από ανθρώπινες δραστηριότητες σε αστικά περιβάλλοντα. Οι πηγές του είναι διαφορετικές και κυμαίνονται από την κυκλοφορία, τις βιομηχανικές δραστηριότητες, τα εργοτάξια, τις δημόσιες εκδηλώσεις κ.α. Το ζήτημα της ρύπανσης θορύβου αναγνωρίστηκε επισήμως από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) ήδη από το 1972, επισημαίνοντας την πιθανή απειλή για την ανθρώπινη υγεία και ευημερία[7].

2.1.1 Επιπτώσεις στην Ανθρώπινη Υγεία

Η ακουστική ρύπανση στα αστικά περιβάλλοντα έχει βαθιά επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Η πιο άμεση συνέπεια είναι η Απώλεια Ακοής λόγω Θορύβου (NIHL), όπου η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου βλάπτει τις ευαίσθητες δομές του εσωτερικού αυτιού. Ωστόσο, οι επιπτώσεις του αστικού θορύβου εκτείνονται πολύ πέρα από την ακουστική βλάβη. Η έρευνα έχει καθιερώσει σαφή σύνδεση μεταξύ της διαρκούς έκθεσης στον θόρυβο και μιας σειράς άλλων προβλημάτων υγείας, συμπεριλαμβανομένων:

- **Καρδιαγγειακές Παθήσεις:** Η χρόνια έκθεση στον θόρυβο συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο υψηλής αρτηριακής πίεσης και καρδιακής νόσου. Η συνεχής αντίδραση του στρες που προκαλείται από τα θορυβώδη περιβάλλοντα μπορεί να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμη καταπόνηση του καρδιαγγειακού συστήματος[8][9].
- **Διαταραχές Ύπνου:** Η ύπαρξη θορύβου στα νυχτερινά περιβάλλοντα επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του ύπνου. Τα διαταραγμένα μοτίβα ύπνου μπορούν να οδηγήσουν σε ευρύτερα θέματα υγείας, συμπεριλαμβανομένων ενός αποδυναμωμένου ανοσοποιητικού συστήματος και μειωμένη γνωστική λειτουργία[9][10].
- **Ψυχική Υγεία και Γνωστική Μείωση:** Η έκθεση σε συνεχή θόρυβο μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα στρες και άλλων ζητημάτων ψυχικής υγείας. Για τα παιδιά, οι μελέτες έχουν βρει ότι η ρύπανση από θόρυβο επηρεάζει αρνητικά τη μνήμη, το εύρος προσοχής και τις δεξιότητες ανάγνωσης επηρεάζοντας τις επιδόσεις στην εκπαίδευση[9].

2.1.2 Επιπτώσεις στην Άγρια Ζωή

Οι επιδράσεις της αστικής ηχορύπανσης δεν περιορίζονται μόνο στους ανθρώπους αλλά επεκτείνονται και στην άγρια ζωή. Τα ζώα βασίζονται στον ήχο για διάφορες ζωτικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων της πλοήγησης, της εύρεσης τροφής, της αποφυγής των αρπακτικών και της επικοινωνίας. Η ηχορύπανση διαταράσσει αυτές τις φυσικές συμπεριφορές, οδηγώντας σε αρνητικές επιδράσεις στην άγρια ζωή:

- **Αλλαγμένες Συμπεριφορές και Στρες:** Μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση σε δυνατούς θορύβους μπορεί να προκαλέσει στρες στα ζώα, παρόμοιο με την αντίδραση στρες στους ανθρώπους. Αυτό το στρες μπορεί να εκδηλωθεί με περίεργες διατροφικές συμπεριφορές, διαταραγμένα μοτίβα αναπαραγωγής και παρεμπόδιση της αναμεταξύ τους επικοινωνίας [9][11].

- **Μετακίνηση Οικοτόπου και Μειωμένη Βιοποικιλότητα:** Η εισβολή του θορύβου στους φυσικούς οικοτόπους μπορεί να οδηγήσει στη μετακίνηση ειδών άγριας ζωής. Μερικά ζώα μπορεί να εγκαταλείψουν περιοχές με θόρυβο αναζητώντας πιο ήσυχα περιβάλλοντα, οδηγώντας σε διασπορά των οικοτόπων και απώλεια βιοποικιλότητας[9][11].
- **Επίδραση στην Υδάτινη Ζωή:** Η ηχορρύπανση επηρεάζει σημαντικά τη θαλάσσια ζωή, ιδιαίτερα είδη όπως οι φάλαινες και τα δελφίνια που βασίζονται στον ηχοεντοπισμό. Ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η ναυσιπλοία, η γεώτρηση πετρελαίου και οι ναυτικές λειτουργίες σονάρ παράγουν έντονο θόρυβο που μπορεί να παρεμποδίσει την επικοινωνία και την πλοήγηση των θαλάσσιων ειδών[9].

2.1.3 Κοινωνικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι επιπτώσεις του αστικού θορύβου στην Κοινωνία και στο Περιβάλλον:

- **Επίδραση στη Κοινωνική Συμπεριφορά και την Υγεία της Κοινότητας:** Η αστική ηχορρύπανση επηρεάζει σημαντικά τις κοινότητες. Η μακροχρόνια έκθεση στον θόρυβο μπορεί να οδηγήσει σε δυσαρέσκεια της κοινότητας, στρες και κόπωση που με τη σειρά τους μπορεί να οδηγήσουν σε κοινωνικές αναταραχές. Αυτό το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο στις πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, όπου η συγκέντρωση πηγών θορύβου είναι υψηλότερη. Οι ηχητικές διαταραχές επηρεάζουν τις γνωστικές λειτουργίες συμπεριλαμβανόμενων της προσοχής, της συγκέντρωσης και της μνήμης που μπορούν να έχουν μακροπρόθεσμες συνέπειες στην ανάπτυξη των παιδιών και στη συνολική υγεία της κοινότητας[12].
- **Μέτρηση και Ρύθμιση Θορύβου:** Η κατανόηση και η ρύθμιση του θορύβου περιλαμβάνει τη μέτρηση των επιπέδων ήχου, συνήθως σε ντεσιμπέλ (dB) σε λογαριθμική κλίμακα. Ο θόρυβος μετρείται όχι μόνο ως προς την ένταση αλλά και τη συχνότητα με την κλίμακα dB(A). Οι κανονισμοί σε εθνικό και τοπικό επίπεδο στοχεύουν στον έλεγχο των επιτρεπόμενων επιπέδων ήχου που παράγονται από διάφορες πηγές όπως αεροσκάφη, σιδηρόδρομοι και οχήματα. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα αυτών των κανονισμών ποικίλλει και σε πολλές περιπτώσεις η εφαρμογή τους είναι ασυνεπής[12].
- **Πηγές Αστικού Θορύβου:** Οι κύριες πηγές αστικού θορύβου περιλαμβάνουν την κυκλοφορία και την βιομηχανία. Ο θόρυβος από οχήματα συμπεριλαμβανομένων των αυτοκινήτων, μοτοσικλετών, λεωφορείων και τρένων είναι το σημαντικότερο πρόβλημα. Οι βιομηχανικές δραστηριότητες και τα εργοτάξια συμβάλλουν επίσης σημαντικά στον αστικό θόρυβο. Η αποτελεσματική αστική σχεδίαση, η εφαρμογή των κανονισμών και οι τεχνολογικές καινοτομίες στη μείωση του θορύβου των οχημάτων και της βιομηχανίας είναι ουσιώδεις για τη διαχείριση αυτών των πηγών[12].
- **Επιπτώσεις του Θορύβου στην Υγεία:** Η χρόνια έκθεση σε αυξημένα επίπεδα θορύβου μπορεί να έχει διάφορες επιπτώσεις στην υγεία ανάλογα με την ένταση, τη διάρκεια και το πλαίσιο της έκθεσης. Συνήθως επιπτώσεις περιλαμβάνουν την ενόχληση από τον θόρυβο, τη διαταραχή του ύπνου και το βιολογικό στρες. Υπάρχουν επίσης στοιχεία που υποδεικνύουν συσχετίσεις μεταξύ υψηλότερων επιπέδων θορύβου από οδική κυκλοφορία και αυξημένου κινδύνου για μυοκαρδιακό επεισόδιο καθώς και του θορύβου από αεροπορική κυκλοφορία που συνδέεται με την υπέρταση[12].

- **Προστατευτικά Όρια Θορύβου για την Υγεία:** Διάφοροι αξιόπιστοι φορείς έχουν υιοθετήσει προστατευτικά όρια θορύβου για την ασφάλεια της δημόσιας υγείας. Για παράδειγμα, η USEPA και η Πολιτεία της Καλιφόρνιας συνιστούν ένα μέσο επίπεδο ήχου κατά την διάρκεια της ημέρας στα 45dB(A), ενώ ο ΠΟΥ συνιστά ένα εξωτερικό ισοδύναμο επίπεδο ήχου των 55dB(A) για μια περίοδο 16 ωρών και ένα μέσο θόρυβο για τη νύχτα στα 40dB(A)[12].

2.1.4 Προκλήσεις στην Διαχείριση και τον Μετριασμό του Θορύβου

Η διαχείριση και η μείωση της αστικής ηχορρύπανσης παρουσιάζει πολλές προκλήσεις. Παρά τους κανονισμούς και τα πρότυπα, πολλές φορές τα επίπεδα θορύβου υπερβαίνουν τα συνιστώμενα όρια. Η επιβολή των νόμων για τον θόρυβο είναι μεταβλητή και συχνά υποκειμενική, εξαρτώμενη σε μεγάλο βαθμό από τη θέληση και την ικανότητα των τοπικών αρχών. Επιπλέον, η επιδραση πολλαπλών πηγών θορύβου μπορεί να επιδεινώσει την κατάσταση, απαιτώντας μια πιο ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση του θορύβου που περιλαμβάνει όχι μόνο αυστηρή επιβολή των υπαρχόντων κανονισμών αλλά και καινοτόμες λύσεις στον αστικό σχεδιασμό.

2.2 Προηγούμενες Έρευνες και Τεχνολογίες στην Παρακολούθηση Θορύβου

2.2.1 Προκλήσεις και Τεχνολογική Πρόοδος

Ο αστικός θόρυβος που προέρχεται κυρίως από την κυκλοφορία, τις κατασκευές και τις βιομηχανικές δραστηριότητες, αποτελεί σημαντική περιβαλλοντική ανησυχία, ιδιαίτερα στις πυκνοκατοικημένες περιοχές. Η επέκταση των αστικών δικτύων μεταφορών και η αύξηση της κυκλοφορίας έχουν επιδεινώσει αυτό το πρόβλημα. Ο θόρυβος της κυκλοφορίας, σε συνδυασμό με τις δονήσεις έχει επιβλαβείς επιδράσεις στους κατοίκους της πόλης, προκαλώντας δυσφορία, σοβαρές ασθένειες και ακόμα και πρόωρους θανάτους, καθώς και ζημιές στις υποδομές και στα κτίρια [13].

Παρά την εφαρμογή της Οδηγίας για τον Περιβαλλοντικό Θόρυβο από το 2002, ο θόρυβος από την κυκλοφορία παραμένει ένα μεγάλο περιβαλλοντικό ζήτημα στις αστικές περιοχές της Ευρώπης. Αυτό απαιτεί περαιτέρω μέτρα όχι μόνο για τη μείωση της ρύπανσης από τον θόρυβο της κυκλοφορίας, αλλά και για την προστασία των ήσυχων περιοχών. Η πολυπλοκότητα των αστικών περιβαλλόντων με πολλαπλές πηγές θορύβου και δονήσεων απαιτεί αξιολόγηση κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση των υποδομών μεταφορών[13].

Ένα από τα βασικά προβλήματα στην παρακολούθηση του αστικού θορύβου είναι η δυσκολία στην αποτελεσματική εφαρμογή των κανόνων θορύβου σε μεγάλες αστικές περιοχές. Για παράδειγμα, η Νέα Υόρκη, η οποία διαθέτει το πιο ολοκληρωμένο σύστημα αναφοράς θορύβου από πολίτες στον κόσμο, αντιμετωπίζει ακόμα δυσκολίες στην ακριβή καταγραφή όλων των δεδομένων έκθεσης στον θόρυβο. Το Τμήμα Περιβαλλοντικής Προστασίας της πόλης, που έχει την ευθύνη να ανταποκρίνεται στις καταγγελίες θορύβου, αντιμετωπίζει προκλήσεις λόγω των περιορισμένων πόρων και της πολυπλοκότητας της απομόνωσης ατομικών πηγών θορύβου[14].

2.2.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες στην Καταγραφή Θορύβου

Το SONYC (Sounds of New York City) αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προόδου στην αντιμετώπιση της αστικής ηχορρύπανσης. Χρησιμοποιεί μια κυβερνοφυσική προσέγγιση, ενσωματώνοντας

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
έξυπνους αισθητήρες, μαζική ανάλυση θορύβου και στρατηγικές με βάση τα δεδομένα για τη μετρίαση του. Η χαμηλού κόστους έξυπνη πλατφόρμα αισθητήρων του SONYC επιτρέπει συνεχή και ακριβή παρακολούθηση θορύβου σε πραγματικό χρόνο για κάθε πηγή, ξεπερνώντας τις παραδοσιακές μετρήσεις SPL. Αυτό το σύστημα παρέχει μια κλιμακούμενη και αμερόληπτη λύση σε συστήματα αναφοράς από πολίτες όπως η υπηρεσίας 311 της Νέας Υόρκης[14].

Το δίκτυο ακουστικών αισθητήρων του SONYC βασίζεται στο Raspberry Pi, εξοπλισμένο με μια μικροφωνική μονάδα MEMS. Αυτή η επιλογή σχεδίασης προσφέρει δυνατότητες παρακολούθησης χαμηλού κόστους και υψηλής ποιότητας, ουσιώδεις για μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη. Η απόδοση των αισθητήρων είναι συγκρίσιμη με πιο ακριβές συσκευές, κάνοντας τους μια πρακτική λύση για την παρακολούθηση του αστικού θορύβου[14].

Το στοιχείο μηχανικής ακρόασης του SONYC, παρόμοιο με το αντίστοιχο της υπολογιστική όρασης, χρησιμοποιεί τεχνικές επεξεργασίας σήματος και μηχανική μάθησης για να εξάγει σημαντικές πληροφορίες από τους αστικούς θορύβους. Αυτή η πτυχή του SONYC επικεντρώνεται στον εντοπισμό συγκεκριμένων πηγών ήχου, όπως κομπρεσέρ ή κόρνες αυτοκινήτων, μέσα σε διάφορα αστικά περιβάλλοντα. Ο συνδιασμός συνόλων εκπαίδευσης και μοντέλων βαθιάς μάθησης έχει παράγει κορυφαία απόδοση στην ταξινόμηση πηγών αστικών θορύβων[14].

2.2.3 Ανάλυση σε Κλίμακα Πόλεως και Συμμετοχή των Πολιτών

Η ανάπτυξη του SONYC στη Νέα Υόρκη έχει οδηγήσει στη συσσώρευση εκτεταμένων ηχητικών δεδομένων, παρουσιάζοντας σημαντικές προκλήσεις και ευκαιρίες στην ανάλυση δεδομένων. Η ανάπτυξη ενός οπτικοαναλυτικού πλαισίου, συμπεριλαμβανόμενου ενός τρισδιάστατου αστικού πλαισίου GIS που ονομάζεται Urbane, έχει επιτρέψει την αποτελεσματική διαχείριση και οπτικοποίηση των δεδομένων θορύβου. Αυτή η προσέγγιση έχει επεκτείνει τις δυνατότητες ανάλυσης αστικού θορύβου, ενσωματώνοντας την με άλλες αστικές ροές δεδομένων για περιεκτική διαχείριση[14].

Επιπλέον, το SONYC ενθαρρύνει την συμμετοχή των πολιτών. Προβλέπει μια κινητή πλατφόρμα που επιτρέπει στους πολίτες να καταγράφουν και να επισημαίνουν θορύβους, να προβάλλουν υπάρχοντα δεδομένα και να επικοινωνούν με τις αρχές της πόλης για θέματα σχετικά με τον θόρυβο. Αυτή η συμμετοχική προσέγγιση στοχεύει στην ενδυνάμωση των πολιτών ώστε να είναι πιο ενημερωμένοι και να συμμετέχουν ενεργά στη διαχείριση του αστικού θορύβου[14].

2.2.4 Άλλες Τεχνολογικές Εξελίξεις

Πρόσφατες έρευνες στην ανάλυση αστικού θορύβου έχουν τονίσει τον ορισμό ακουστικών δεικτών, τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ασύρματων δικτύων ακουστικών αισθητήρων και την ένταξη των συστημάτων παρακολούθησης θορύβου σε πλατφόρμες Έξυπνων Πόλεων. Αυτές οι προσπάθειες επικεντρώνονται στη βελτίωση των μοντέλων διαχείρισης και στην ένταξη τους με προηγμένες τεχνολογίες όπως την μηχανική μάθηση και τα δίκτυα νέας γενιάς. Αυτή η προσέγγιση στοχεύει στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων στρατηγικών για την αντιμετώπιση της ηχορρύπανσης σε έξυπνες πόλεις, εκμεταλλευόμενη τις πρωτοποριακές τεχνολογίες για αποτελεσματική διαχείριση και ανάλυση[15].

2.3 Χρήση του Raspberry Pi για την Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος

Το Raspberry Pi, μια σειρά από μικρούς μονοπλάκετους υπολογιστές, έχει αναδειχθεί ως ένα πολύτιμο εργαλείο στον τομέα της περιβαλλοντικής παρακολούθησης. Το μικρό του μέγεθος, η προσιτή τιμή και η ευελιξία του το καθιστούν ιδανική επιλογή για τη συλλογή και ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων.

2.3.1 Το Raspberry Pi Zero 2 W: Μια Οικονομικά Αποδοτική Λύση

Το Raspberry Pi Zero 2 W αποτελεί παράδειγμα της δυναμικής του Raspberry Pi στην περιβαλλοντική παρακολούθηση. Αυτή η συσκευή διαθέτει έναν επεξεργαστή 1GHz τετραπύρηνο 64-bit ARM Cortex-A53, GPU και 512MB RAM, μαζί με WI-FI 4 και Bluetooth 4.2 με υποστήριξη BLE. Είναι αξιoσημείωτο για την προσιτή τιμή του και τις 40 οπές GPIO, που επιτρέπουν την εύκολη σύνδεση με διάφορους αισθητήρες για τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων[16].

Ενσωμάτωση Αισθητήρων

Η σχεδίαση του Raspberry Pi επιτρέπει την σύνδεση μιας ποικιλίας αισθητήρων χαμηλού κόστους. Δημοφιλείς επιλογές αποτελούν οι αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας DHT22 και DHT11, ικανοί να μεταδίδουν δεδομένα έως και 20 μέτρα μακριά. Αυτοί οι αισθητήρες αποδεικνύουν την ικανότητα του Raspberry Pi να λειτουργεί ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές όπου τέτοια δεδομένα είναι κρίσιμα για τη δημόσια υγεία και τον σχεδιασμό των πόλεων[16].

Εργαλεία Προγραμματισμού και Ενσωμάτωση Τρίτων

Τα Raspberry Pi διαθέτουν ένα πλούσιο σύνολο εργαλείων προγραμματισμού, ενισχύοντας την ικανότητα τους να συλλέγουν πληροφορίες αποτελεσματικά από τους συνδεδεμένους αισθητήρες. Η ευκολία ενσωμάτωσης τέτοιων εργαλείων, καθιστά το Raspberry Pi μια ευέλικτη επιλογή για την περιβαλλοντική παρακολούθηση. Εργαλεία όπως το Edge DX της ControlUp μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομακρυσμένη παρακολούθηση του Pi, καθιστώντας το κατάλληλο για ανάπτυξη σε διάφορες τοποθεσίες, συμπεριλαμβανομένων αυτών που είναι απομακρυσμένες ή δύσκολο να προσεγγιστούν[16].

Επέκταση των Δυνατοτήτων των Αισθητήρων

Η συμβατότητα του Raspberry Pi με μια ευρεία γκάμα αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων των βαρόμετρων, αισθητήρων υγρασίας, αισθητήρων κίνησης, μονάδων GPS, γυροσκοπίων και πυξίδων αποδεικνύει την ευελιξία του. Αυτή η ευελιξία είναι κλειδί στην περιβαλλοντική παρακολούθηση, όπου μπορεί να χρειαστεί να μετρηθούν διαφορετικές τιμές υπό διαφορετικές συνθήκες[16].

2.3.2 Ο Αισθητήρας Enviro+ για το Raspberry Pi

Ο αισθητήρας Enviro+ είναι σχεδιασμένος ειδικά, για την περιβαλλοντική παρακολούθηση με το Raspberry Pi. Επιτρέπει τη μέτρηση της ποιότητας του αέρα (συμπεριλαμβανομένων των ρύπων και

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον των σωματιδίων), της θερμοκρασίας, της πίεσης, της υγρασίας, του φωτός και του επιπέδου θορύβου. Η προσιτότητα του και η μικρή του διάσταση το καθιστούν μια πρακτική εναλλακτική σε πιο ακριβούς σταθμούς παρακολούθησης. Ο αισθητήρας είναι κατάλληλος τόσο για εξωτερική όσο και για εσωτερική παρακολούθηση, συμβάλλοντας σε επιστημονικά προγράμματα πολιτών όπως το Luftdaten, το οποίο επικεντρώνεται στην παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα[17].

Μερικές Ικανότητες του Enviro+:

- **Αισθητήρας BME280:** Αυτός ο αισθητήρας στην πλακέτα Enviro+ μετρά τη θερμοκρασία, την πίεση και την υγρασία, απαραίτητα για την κατανόηση του αντίκτυπου του καιρού στα επίπεδα ρύπανσης του αέρα[17].
- **Αισθητήρας LTR-559:** Μετρά τα επίπεδα φωτός στο περιβάλλον και περιλαμβάνει αισθητήρα εγγύτητας, χρήσιμο για την συλλογή δεδομένων με βάση τις συνθήκες του περιβάλλοντος[17].
- **Αισθητήρας Αερίων MICS6814:** Εντοπίζει διάφορα αέρια, συμπεριλαμβανομένων του μονοξειδίου του άνθρακα, του διοξειδίου του αζώτου και της αμμωνίας προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για την ποιότητα του αέρα[17].
- **Αισθητήρας Σωματιδίων PMS5003:** Ένας επιπλέον αισθητήρας που μετρά τη συγκέντρωση διαφόρων σωματιδίων στον αέρα, που αποτελεί σημαντικό συστατικό ατμοσφαιρικής ρύπανσης[17].
- **Μικρόφωνο MEMS:** Για την παρακολούθηση της ηχορρύπανσης, επιδεικνύοντας τις δυνατότητες του Raspberry Pi στην αξιολόγηση διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων[17].

Παρουσίαση και Διαχείριση Δεδομένων

Το Enviro+ διαθέτει μια οθόνη LCD για παρουσίαση δεδομένων, επιδεικνύοντας την ικανότητα του Raspberry Pi όχι μόνο στο να συλλέγει δεδομένα αλλά και να τα παρουσιάζει οπτικά. Αυτή η άμεση παρουσίαση δεδομένων είναι ανεκτίμητη σε σενάρια παραλοκούθησης σε πραγματικό χρόνο[17].

Συμβατότητα και Εγκατάσταση

Το Enviro+ είναι συμβατό με διάφορα μοντέλα Raspberry Pi, συμπεριλαμβανομένου του Raspberry Pi Zero W αποδεικνύοντας την ευελιξία του Raspberry Pi σε διάφορες εκδόσεις για έργα περιβαλλοντικής παρακολούθησης. Η εγκατάσταση της βιβλιοθήκης Python και η ρύθμιση του Enviro+ περιλαμβάνει μια σειρά απλών βημάτων, επιδεικνύοντας την φιλική προς τον χρήστη φύση του Raspberry Pi σε περιβαλλοντικές εφαρμογές[17].

2.3.3 Πειραματικό Project : Έξυπνη Παρακολούθηση Περιβάλλοντος

Σε μια πρακτική εφαρμογή, συσκευές Raspberry Pi έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, υγρασίας, επιπέδων θορύβου, φωτεινότητας και ατμοσφαιρικής πίεσης σε αστικές περιοχές. Αυτές οι συσκευές, συνδεδεμένες στην πλατφόρμα AWS IoT, επιτρέπουν τη δημιουργία νέων δημοσίων υπηρεσιών όπως ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο για επικίνδυνες περιβαλλοντικές συνθήκες και την εύρεση λιγότερο μολυσμένων περιοχών σε μια πόλη. Το project

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον τονίζει την δυναμική του Raspberry Pi στην παροχή σημαντικών πληροφοριών για τις περιβαλλοντικές συνθήκες σε πραγματικό χρόνο[18].

Ενσωμάτωση Λογισμικού

Το έργο χρησιμοποιεί εφαρμογές Java SE και τη βιβλιοθήκη PI4j για τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο στην πλατφόρμα AWS. Ένας πίνακας διαχείρισης επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται τη συσκευή από απόσταση, παρουσιάζοντας τη δυνατότητα του Raspberry Pi να ένταχθεί με περίπλοκα λογισμικά[18].

2.3.4 Πειραματικό Project : Παρακολούθηση Ποιότητας Αέρα

Μια σημαντική εφαρμογή του Raspberry Pi στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος είναι η αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα. Ένα παράδειγμα περιλαμβάνει τη χρήση του Raspberry Pi σε συνδυασμό με έναν αισθητήρα σωματιδίων όπως το SDS011. Αυτή η διάταξη επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των ατμοσφαιρικών ρύπων όπως τα PM2.5 και PM10, τα οποία αποτελούν κρίσιμους δείκτες για την ποιότητα του αέρα. Η δυνατότητα του Raspberry Pi να ενσωματώνεται με υπηρεσίες cloud όπως το Adafruit IO για αποθήκευση δεδομένων και την δημιουργία πινάκων ελέγχου, αυξάνει περαιτέρω τη χρησιμότητα του στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος. Αυτό το project δείχνει πώς το Raspberry Pi μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση τοπικών ζητημάτων ποιότητας του αέρα, παρέχοντας ζωτικά δεδομένα που μπορούν να επηρεάσουν τις δημόσιες αποφάσεις υγείας[19].

2.3.5 Πειραματικό Project : Παρακολούθηση Στάθμης Νερού για Πρόβλεψη Πλημμυρών

Αποκρινόμενοι στις αυξανόμενες προκλήσεις που θέτει η κλιματική αλλαγή όπως οι πλημμύρες, το Raspberry Pi έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία συστημάτων παρακολούθησης πλημμυρών. Αυτά τα συστήματα, χρησιμοποιούν αισθητήρες συνδεδεμένους με το Raspberry Pi για να ανιχνεύσουν την άνοδο του επιπέδου του νερού, παρέχοντας πρώιμες προειδοποιήσεις και επιτρέποντας έγκαιρες αντιδράσεις στους κινδύνους των πλημμυρών. Αυτή η εφαρμογή αποτελεί παράδειγμα της ικανότητας του Raspberry Pi να λειτουργεί σε κρίσιμους ρόλους περιβαλλοντικής παρακολούθησης, κυρίως σε περιοχές επιρρεπής σε φυσικές καταστροφές[20].

2.3.6 Το Project AirPi

Το project AirPi, που αναπτύχθηκε από φοιτητές, είναι ένα ανοιχτού κώδικα σύστημα παρακολούθησης καιρού και ρύπανσης. Αυτό το project αποτελεί παράδειγμα της δυνατότητας του Raspberry Pi στο να καταγράφει και να κοινοποιεί δεδομένα για διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση και τα επίπεδα ρύπανσης. Προσφέροντας μια οικονομικά προσιτή και προσβάσιμη λύση, το έργο AirPi τονίζει την δυναμική του Raspberry Pi στη συλλογή και ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων[21].

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ανάλυση & Εγκατάσταση του Εξοπλισμού

3.1 Raspberry Pi 4 Model B : Δυνατότητες και Προδιαγραφές

3.1.1 Επισκόπηση Προδιαγραφών

Το Raspberry Pi 4 Model B αποτελεί μια σημαντική αναβάθμιση σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα, ενσωματώνοντας μια σειρά από βελτιώσεις που εξυπηρετούν μια ποικιλία εφαρμογών από εκπαιδευτικούς σκοπούς έως πολύπλοκες υπολογιστικές εργασίες. Ο πυρήνας του Raspberry Pi 4 Model B διαθέτει το Broadcom BCM2711, έναν τετραπύρηνο επεξεργαστή Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit System on a Chip (SoC) που λειτουργεί στα 1.8GHz. Αυτό το προηγμένο SoC είναι καθοριστικό στη παροχή της απαραίτητης υπολογιστικής ισχύος για απαιτητικές επεξεργαστικές εργασίες, καθιστώντας τη συσκευή κατάλληλη για εφαρμογές πέραν των βασικών εκπαιδευτικών σκοπών[22].

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές επιλογές όσον αφορά την μνήμη RAM, με επιλογές που περιλαμβάνουν 1GB, 2GB, 4GB ή 8GB LPDDR4-3200 SDRAM προσφέροντας στους χρήστες ευελιξία με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες τους. Αυτή η μεταβλητότητα στις επιλογές RAM καθιστά το Raspberry Pi 4 ιδανικό για διαφορετικές χρήσεις από απλά εκπαιδευτικά έργα έως πιο απαιτητικές εφαρμογές όπως την υλοποίηση server ή πολύπλοκους μαθηματικούς υπολογισμούς[22].

Η ασύρματη συνδεσιμότητα παρέχεται μέσω δικτύων IEEE 802.11ac στα 2.4GHz και 5.0GHz, μαζί με το Bluetooth 5.0 προσφέροντας ενισχυμένες δυνατότητες επικοινωνίας. Η ενσωμάτωση του Gigabit Ethernet ενισχύει περαιτέρω τις δυνατότητες του σε διαδικτυακές εφαρμογές, εξασφαλίζοντας γρήγορες και αξιόπιστες ενσύρματες συνδέσεις δικτύου[22].

Η συσκευή διαθέτει μια ευρεία γκάμα θυρών, περιλαμβάνοντας δύο θύρες USB 3.0 και δύο θύρες USB 2.0, εξυπηρετώντας μια ποικιλία περιφερειακών συσκευών. Τα 40 GPIO Pins του Raspberry Pi είναι πλήρως συμβατά με προηγμένους αισθητήρες και περιφερειακά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών. Επιπλέον περιλαμβάνει 2 θύρες micro HDMI που υποστηρίζουν έως και 4k@60, μια θύρα MIPI DSI 2-λωρίδων, μια θύρα κάμερας MIPI CSI δύο λωρίδων και μια θύρα ήχου και βίντεο παρέχοντας ευελιξία όσον αφορά τις επιλογές εμφάνισης και αναπαραγωγής πολυμέσων[22].

Όσον αφορά τις δυνατότητες πολυμέσων, το Raspberry Pi 4 Model B υποστηρίζει H.265(4k@60 αποκωδικοποίηση), H.264(1080p@60 αποκωδικοποίηση, 1080p@30 κωδικοποίηση), OpenGL ES3.1 και Vulkan 1.0 καθιστώντας το μια ικανή συσκευή για διάφορες εφαρμογές πολυμέσων. Η αποθήκευση γίνεται μέσω μια υποδοχής κάρτας Micro-SD, που χρησιμοποιείται τόσο για τη φόρτωση του λειτουργικού συστήματος όσο και για την αποθήκευση δεδομένων[22].

Οι απαιτήσεις ισχύος είναι 5V DC μέσω USB-C (ελάχιστο ρεύμα 3A) ή 5V DC μέσω κεφαλίδας GPIO (ελάχιστο ρεύμα 3A) με υποστήριξη για Power over Ethernet (PoE) που ενεργοποιείται μέσω ενός ξεχωριστού PoE HAT. Το εύρος θερμοκρασίας είναι από 0 έως 50 βαθμούς Κελσίου κάτι που δείχνει την καταλληλότητα του Raspberry για χρήση σε ποικίλες συνθήκες θερμοκρασίας[22].

3.1.2 Ανάλυση Απόδοσης

Το Raspberry Pi 4 Model B επιδεικνύει εντυπωσιακή απόδοση σε διάφορα πρακτικά σενάρια χρήσης. Ο αναβαθμισμένος επεξεργαστής A72 cortex παρέχει υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τα παλαιότερα μοντέλα A53, καθιστώντας το σημαντικά καλύτερο για εργασίες υψηλής υπολογιστικής ισχύος. Παρά το μικρό του μέγεθος και τη χαμηλή κατανάλωση ισχύος, διαχειρίζεται αποτελεσματικά τις καθημερινές εργασίες όπως την περιήγηση στο διαδίκτυο, την επεξεργασία εγγράφων και την αναπαραγωγή πολυμέσων[23].

Σε μια έρευνα απόδοσης, παρατηρήθηκε ότι το Raspberry Pi 4 Model B μπορούσε να τρέξει το γνωστό παιχνίδι Minecraft (έκδοση Pi) στα 40FPS αποδεικνύοντας τη ικανότητα του στη διαχείριση μέτρια απαιτητικών γραφικών εργασιών. Η συσκευή λειτουργεί κανονικά την έκδοση desktop του Raspbian, υποστηρίζοντας όλες τις τυπικές εφαρμογές γραφείου και περιήγησης στο διαδίκτυο με ελάχιστες μειώσεις απόδοσης ακόμα και κατά την ταυτόχρονη χρήση εφαρμογών. Αυτό είναι εμφανές κατά τη χρήση του Google Docs ή παρόμοιων διαδικτυακών εφαρμογών ταυτόχρονα με την αναπαραγωγή πολυμέσων σε άλλη καρτέλα[23].

Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι η απόδοση μειώνεται όταν χειρίζεται μεγαλύτερα αρχεία σε λογισμικό επεξεργασίας φωτογραφιών, υποδηλώνοντας μία δυσκολία στην επεξεργασία απαιτητικών γραφικών εργασιών. Η συσκευή εκτελεί ικανοποιητικά την επεξεργασία μικρών φωτογραφιών κάτω των 2 MB. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του Raspberry Pi 4 Model B είναι η θερμική του απόδοση. Σε μέτρια έως απαιτητικά φορτία εργασίας, η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει έως και τους 60 βαθμούς Κελσίου, τονίζοντας την ανάγκη για αποτελεσματική ψύξη. Ο Επεξεργαστής Broadcom BCM2711B0 του Raspberry Pi 4 είναι ικανός για πολύ μεγάλες αποδόσεις όταν υπερχρονιστεί, εφόσον χρησιμοποιηθούν κατάλληλες λύσεις ψύξης[23].

3.1.3 Συνδεσιμότητα και Αποθήκευση

Η συνδεσιμότητα στο Raspberry Pi 4 Model B έχει βελτιωθεί σημαντικά σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα. Η προσθήκη του Gigabit Ethernet, χωρίς τους περιορισμούς ενός κοινόχρηστου καναλιού USB 2.0, εξασφαλίζει αυξημένη ταχύτητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι εξαιρετικά σημαντικό σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ταχύτητα διαδικτύου ή πρόσβαση στο internet όπως η δημιουργία server ή οι εφαρμογές αποθήκευσης δεδομένων στο διαδίκτυο (NAS). Η παρουσία δύο θυρών USB 3.0 αποτελεί άλλη μια σημαντική προσθήκη, παρέχοντας αυξημένη ταχύτητα σύνδεσης για εξωτερικές συσκευές, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών αποθήκευσης και των επιταχυντών υλικού. Αυτή η βελτίωση είναι σημαντική για εφαρμογές που απαιτούν γρήγορη μεταφορά δεδομένων ή εκτεταμένη υποστήριξη περιφερειακών συσκευών[24].

Οι δοκιμές απόδοσης αποκαλύπτουν τις δυνατότητες του Raspberry Pi 4 στη διαχείριση εξωτερικών συσκευών αποθήκευσης. Όταν συνδέεται ένας δίσκος (SSD) μέσω μίας θύρας USB, η συσκευή παρουσιάζει εντυπωσιακές ταχύτητες ανάγνωσης και εγγραφής, αποτελώντας ιδανική επιλογή για εφαρμογές που απαιτούν συχνή μεταφορά δεδομένων ή εργασίες που απαιτούν εκτενή αποθήκευση δεδομένων[24].

3.1.4 Δίκτυο και Απόδοση Ισχύος

Το Raspberry Pi 4 Model B ξεχωρίζει για τις διαδικτυακές του επιδόσεις. Όταν δοκιμάστηκε με μια ενσωματωμένη θύρα Ethernet χρησιμοποιώντας το εργαλείο iperf3, η συσκευή έδειξε σημαντικές βελτιώσεις στη μέση ροή δεδομένων σε σύγκριση με τα προηγούμενα μοντέλα. Αυτό είναι ιδιαίτερα

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
σημαντικό για εφαρμογές που βασίζονται στην απόδοση του δικτύου, όπως η μετάδοση πολυμέσων (stream), την κοινή χρήση αρχείων ή την απομακρυσμένη πρόσβαση[24].

Σε δοκιμές που έγιναν μέσω του ασύρματου LAN, το Raspberry Pi 4 απέδειξε τις δυνατότητες του σε ιδανικό περιβάλλον, παρέχοντας αξιόπιστες μετρήσεις της απόδοσης του σε ασύρματες διαδικτυακές εργασίες. Η συσκευή υποστηρίζει συνδέσεις διπλής ζώνης στα 2.4/5 GHz προσφέροντας ευελιξία στην συνδεσιμότητα και εξασφαλίζοντας την βέλτιστη απόδοση σε διαφορετικά ασύρματα περιβάλλοντα[24].

Ένα κρίσιμο στοιχείο του σχεδιασμού του Raspberry Pi 4 είναι η αποδοτικότητα ενέργειας. Παρά την αύξηση στην απόδοση, η συσκευή διατηρεί μια ισορροπία μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της υπολογιστικής ικανότητας. Μέσω δοκιμών που έγιναν για την καταμέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας σε απαιτητικές εργασίες, παρατηρήθηκε ότι το Raspberry Pi 4, αν και πιο αποδοτικό από τα προηγούμενα μοντέλα, δεν αυξάνει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για έργα όπου η ενέργεια είναι περιορισμένη ή σε εφαρμογές όπου η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί προτεραιότητα[24].

3.1.5 Πρακτικές Εφαρμογές και Χρήσεις

Ο συνδυασμός της ενισχυμένης επεξεργαστικής ισχύος, του βελτιωμένου εύρους μνήμης και των ποικίλων επιλογών συνδεσιμότητας καθιστά το Raspberry Pi 4 Model B ένα χρήσιμο εργαλείο για μια ευρεία γκάμα εφαρμογών. Η δυνατότητα του να διαχειρίζεται δύο οθόνες 4K μέσω των θύρων micro-HDMI διευρύνει τη χρήση του σε εφαρμογές όπου χρειάζεται η χρήση οθονών υψηλής ποιότητας και σετάρισμα πολλαπλών οθονών. Οι βελτιωμένες θύρες USB και Ethernet, μαζί με την ασύρματη συνδεσιμότητα, καθιστούν το Raspberry κατάλληλο για εργασίες με βαρύ φορτίο δικτύωσης[24].

Σε εκπαιδευτικά και ερασιτεχνικά περιβάλλοντα, το Raspberry Pi 4 αποτελεί προσιτή πλατφόρμα για την εκμάθηση γλωσσών προγραμματισμού, ηλεκτρονικών και δικτύων. Η συμβατότητα του με μια ευρεία γκάμα αισθητήρων και περιφερειακών μέσω των 40 GPIO Pins, επιτρέπει την χρήση του για διάφορα project στην ρομποτική, στους αυτοματισμούς και στην περιβαλλοντική παρακολούθηση[24].

Όσον αφορά την επαγγελματική και βιομηχανική χρήση, το Raspberry Pi 4 προσφέρει μια οικονομική και αποδοτική λύση για την δημιουργία πρωτοτύπων, την συλλογή δεδομένων και τα συστήματα ελέγχου. Οι ενισχυμένες δυνατότητες του, επιτρέπουν περίπλοκους υπολογισμούς και επεξεργασία δεδομένων, καθιστώντας το κατάλληλο για μικρής κλίμακας βιομηχανικό αυτοματισμό, εγκαταστάσεις IoT και Edge Computing[24].

3.2 Κάρτα Ήχου HiFi Berry Digi-2 Pro : Χαρακτηριστικά και Ενσωμάτωση

Η Κάρτα Ήχου HiFi Berry Digi2-Pro διακρίνεται ως μια εξειδικευμένη κάρτα ήχου, σχεδιασμένη για αναπαραγωγή ήχου υψηλής ποιότητας και πλήρη συμβατότητα με Raspberry Pi. Η Αρχιτεκτονική και τα χαρακτηριστικά της, παρέχουν υψηλής ποιότητας ήχο σε ένα πακέτο προσιτό και φιλικό προς τον χρήστη.

3.2.1 Χαρακτηριστικά της Κάρτας Ήχου HiFi Berry Digi-2 Pro

Το HiFi Berry Digi2-Pro είναι μια διεπαφή SPDIF υψηλής ανάλυσης, συμβατή με νεότερα μοντέλα Raspberry Pi που διαθέτουν 40 GPIO Pins.

Σχεδιάστηκε για έναν μοναδικό σκοπό, να παρέχει υψηλής ποιότητας αναπαραγωγή ήχου σε προσιτή τιμή[25].

Τεχνικές Προδιαγραφές

- **Έξοδος SPDIF:** Η κάρτα προσφέρει μια έξοδο SPDIF δύο καναλιών, κατάλληλη για βασικές εφαρμογές ήχου[25].
- **Συμβατότητα DSP:** Υποστηρίζει την προσθήκη μιας πλακέτας Ψηφιακού Επεξεργαστή Σήματος (DSP) για πιο ευέλικτη επεξεργασία ήχου[25].
- **Μετασηματιστής Εξόδου:** Αυτή η δυνατότητα ενισχύει την ποιότητα του ήχου μειώνοντας τον ηλεκτρονικό θόρυβο και τις παρεμβολές[25].
- **Plug and Play:** Συνδέεται απευθείας στο Raspberry Pi χωρίς επιπλέον καλώδια, ακολουθώντας τις προδιαγραφές συνδεσιμότητας του Raspberry Pi (HAT) [25].
- **Τροφοδοσία:** Τροφοδοτείται απευθείας από το Raspberry Pi χωρίς να χρειάζεται την χρήση εξωτερικών καλωδίων[25].

Έξοδοι και Συνδεσιμότητα

- **Αντίσταση Εξόδου:** Αντίσταση εξόδου 75Ohm, διασφαλίζοντας συμβατότητα με μια ευρεία γκάμα ηχητικού εξοπλισμού[25].
- **Υποστήριξη Καναλιών:** Δύο κανάλια με υποστήριξη για μη ηχητικά δεδομένα όπως Dolby Digital και DTS[25].
- **Ρυθμός Δειγματοληψίας:** Κυμαίνεται από 44.1kHz έως 192kHz, αν και η συμβατότητα με υψηλότερους ρυθμούς δειγματοληψίας μέσω TOSLink εξαρτάται από τον συνδεδεμένο DAC (Digital to Analog Converter) [25].
- **Σύνδεσμοι και Τζάμπερς:** Περιλαμβάνει έναν σύνδεσμο DSP, σύνδεσμο τροφοδοσίας 5V, έξοδο TOSLink, έξοδο RCA, ένα τζάμπερ γείωσης και έναν σύνδεσμο BNC[25].

3.2.2 Ενσωμάτωση με το Raspberry Pi

Εγκατάσταση Υλικού

Η εγκατάσταση του HiFi Berry Digi2-Pro σε ένα Raspberry Pi είναι πολύ απλή, ειδικά για μοντέλα που διαθέτουν τα 40 GPIO Pins, όπως στην δική μας περίπτωση. Η διαδικασία είναι η τοποθέτηση της κάρτας πάνω στα Pins του Raspberry Pi. Η κάρτα HiFi Berry, προσφέρει επίσης θήκες για τις κάρτες της, με απλές οδηγίες συναρμολόγησης[26].

Εγκατάσταση Λογισμικού και Συμβατότητα

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
Το HiFiBerry Digi2-Pro είναι συμβατό με διάφορα λογισμικά αναπαραγωγής μουσικής, καθώς και με κέντρα πολυμέσων για το Raspberry Pi. Παρόλο που οι περισσότεροι διανομείς ανιχνεύουν αυτόματα την κάρτα και την ρυθμίζουν, άλλες μπορεί να απαιτούν επιπλέον ρύθμιση. Οι οδηγοί καρτών του HiFiBerry αποτελούν κομμάτι του συστήματος Linux του Raspberry Pi, κάνοντας τους συμβατές με σχεδόν κάθε διανομή[27].

Υποστηριζόμενες Διανομές Λογισμικού

- **HiFiBerryOS:** Ένας απλός διανομέας Linux, βελτιστοποιημένος για αναπαραγωγή ήχου, υποστηρίζοντας υπηρεσίες όπως το Spotify, Airplay, Squeezebox, Bluetooth, Roon και MPD[27].
- **LibreELEC:** Μια διανομή Linux που δημιουργήθηκε για την εκτέλεση του Kodi, ιδανικό για εφαρμογές κέντρου πολυμέσων[27].
- **piCorePlayer:** Ένα μικρό σύστημα που λειτουργεί στη RAM, κατάλληλο για εκτέλεση του Squeezebox, του Logitech Media Server (LMS) ή ενός συνδιασμού αυτών των δύο[27].
- **OSMC:** Ένα πρόγραμμα αναπαραγωγής πολυμέσων ανοιχτού κώδικα βασισμένο στο Linux, κατάλληλο για την αναπαραγωγή πολυμέσων από διάφορες πηγές[27].
- **RuneAudio:** Ένα δωρεάν και ανοιχτού κώδικα λογισμικό που αποσκοπεί στη μετατροπή μίνι-υπολογιστών σε Hi-Fi συσκευές αναπαραγωγής μουσικής[27].
- **Max2Play:** Επιτρέπει τον έλεγχο και τη ρύθμιση μονοπλάκετων υπολογιστών όπως το Raspberry Pi μέσω οποιουδήποτε τοπικού διαδικτυακού περιηγητή[27].
- **Room Labs:** Ένας πρόγραμμα αναπαραγωγής μουσικής, ικανό να προσφέρει μια μοναδική μουσική εμπειρία[27].
- **Moode Audio:** Ένας γρήγορα αναπτυσσόμενος αναπαραγωγέας ήχου που υποστηρίζει νέο υλικό και δυνατότητες[27].
- **Raspbian:** Το επίσημο λειτουργικό σύστημα του Raspberry Pi, κατάλληλο για γενικούς σκοπούς και εφαρμογές[27].

Η ενσωμάτωση του HiFiBerry Digi2 Pro με το Raspberry Pi τονίζει την πολυπλοκότητα και την ευκολία χρήσης του σε διάφορες εφαρμογές, από απλή αναπαραγωγή ήχου έως σύνθετες εγκαταστάσεις κέντρων πολυμέσων. Η συμβατότητα του με μια ευρεία γκάμα διανομών λογισμικού, εξασφαλίζει ότι οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν την ηχητική τους εμπειρία στις συγκεκριμένες ανάγκες και προτιμήσεις τους.

Προχωρημένη Διαμόρφωση και Προσαρμογή

Η ένταξη του HiFiBerry Digi2 Pro στο Raspberry Pi δεν αφορά μόνο στην εγκατάσταση του υλικού και τη συμβατότητα του λογισμικού, αλλά επεκτείνεται και στην διαμόρφωση και προσαρμογή για την επίτευξη βέλτιστης απόδοσης και ευελιξίας.

Βήματα Διαμόρφωσης

- **Διαμόρφωση Επικάλυψης:** Για την ενσωμάτωση με το Raspberry Pi, το HiFiBerry Digi2 Pro απαιτεί μια απλή διαμόρφωση στο αρχείο config.txt του Raspberry Pi. Η απαραίτητη εντολή είναι η `dtoverlay=hifiberry-digi-pro`. Αυτό το βήμα είναι σημαντικό για την

Προσαρμογή και Επέκταση

- **Πρόσθετη Πλακέτα DSP:** Οι χρήστες μπορούν να ενισχύσουν τη λειτουργικότητα του Digi2 Pro προσθέτοντας την πλακέτα DSP της HiFiBerry. Αυτή η επέκταση επιτρέπει περίπλοκη επεξεργασία ήχου πριν από την αποστολή του σήματος στην έξοδο. Οι πιθανές εφαρμογές αυτού του πρόσθετου αποτελούν την διόρθωση δωματίου, λειτουργίες crossover για πολυτροπικά ηχεία και διάφορες άλλες εργασίες DSP, αυξάνοντας έτσι σημαντικά τη χρησιμότητα του Digi2Pro πέραν της βασικής αναπαραγωγής ήχου[28][29].
- **Προσθήκη Συνδέσμου BNC:** Για τους χρήστες που χρειάζονται μία θύρα BNC, το Digi2Pro προσφέρει τη δυνατότητα προσθήκης μίας επιπλέον θύρας BNC. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τους χρήστες που προτιμούν την χρήση του της θύρας BNC για την ανθεκτικότητα και την αξιοπιστία του στην μετάδοση ψηφιακού σήματος. Ωστόσο, η εγκατάσταση του συνδέσμου BNC απαιτεί συγκόλληση (soldering), η οποία απαιτεί τεχνικές γνώσεις [28][29].

Χαρακτηριστικά Φιλικά προς τον Χρήστη

- **Απώλεια Ελέγχου Ήχου και Έντασης:** Το Digi2Pro δεν διαθέτει έλεγχο έντασης ή ήχου. Το ψηφιακό σήμα, περνάει ακριβώς όπως λήφθηκε από την εφαρμογή χωρίς επεξεργασία εξασφαλίζοντας μια τέλεια έξοδο με ακρίβεια bit. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για χρήστες που προτιμούν αμετάβλητο ψηφιακό ήχο για την μέγιστη δυνατή ποιότητα ήχου[28].
- **Ευκολία Εγκατάστασης και Χρήσης:** Ο σχεδιασμός του Digi2 Pro ακολουθεί τις προδιαγραφές του Raspberry Pi HAT(hardware-attached-on-top), καθιστώντας την εγκατάσταση και τη χρήση του εύκολη και φιλική προς τον χρήστη. Δεν απαιτεί επιπλέον τροφοδοσία και συνδέεται απευθείας με το Raspberry Pi, απλοποιώντας τη διαδικασία εγκατάστασης και μειώνοντας αισθητά τον αριθμό των καλωδίων[28].

3.2.3 Αξιολόγηση του HiFi Berry στο Πλαίσιο της Παρακολούθησης του Αστικού Θορύβου

Εφαρμογή στην Παρακολούθηση Περιβαλλοντικού Θορύβου

- **Καταγραφή Ήχου Υψηλής Ποιότητας:** Η ικανότητα του Digi2 Pro να καταγράφει ήχο υψηλής ποιότητας το καθιστά μια εξαιρετική επιλογή για project όπως η παρακολούθηση αστικού θορύβου, όπου είναι κρίσιμη η καταγραφή ενός ευρέος φάσματος συχνοτήτων και εντάσεων ήχου.
- **Ευελιξία και Προσαρμοστικότητα:** Η δυνατότητα προσθήκης ενός DSP μπορεί να είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για project παρακολούθησης περιβάλλοντος. Επιτρέπει την πραγματοποίηση επεξεργασίας ήχου σε πραγματικό χρόνο, καθώς και το φιλτράρισμα, την

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
μείωση θορύβου ή άλλες εργασίες DSP που σχετίζονται με την ανάλυση του αστικού θορύβου.

- **Αξιοπιστία και Διάρκεια Ζωής:** Λαμβάνοντας υπόψη τον ανθεκτικό σχεδιασμό και την ευκολία εγκατάστασης, το Digi2Pro είναι κατάλληλο για μακροπρόθεσμες εγκαταστάσεις σε συστήματα παρακολούθησης αστικού θορύβου. Η γαλβανική του απομόνωση και το χαμηλής έντασης ρολόι που περιέχει, εξασφαλίζουν συνεπή απόδοση για μεγάλα χρονικά διαστήματα, κάτι που είναι σημαντικό για τη συλλογή αξιόπιστων δεδομένων.

Ενσωμάτωση με Εργαλεία Ανάλυσης και Οπτικοποίησης Δεδομένων

- **Συμβατότητα με Λογισμικό Ανάλυσης:** Η συμβατότητα του Digi2Pro με διάφορους διανομείς του Raspberry Pi επιτρέπει την άμεση ενσωμάτωση με εργαλεία λογισμικού για ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων περιβαλλοντικού θορύβου. Εργαλεία όπως οι βιβλιοθήκες Python (SciPy, NumPy) για ανάλυση FFT και η Matplotlib για την οπτικοποίηση των δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά μαζί με το Digi2 Pro για περιεκτική ανάλυση του θορύβου.
- **Ανέβασμα Δεδομένων και Παρακολούθηση:** Η συμβατότητα με τυπικούς διανομείς Linux στο Raspberry Pi διευκολύνει επίσης τη χρήση βάσεων δεδομένων και εργαλείων όπως το InfluxDB και το Grafana. Αυτά τα εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το ανέβασμα, την αποθήκευση και την οπτικοποίηση των δεδομένων θορύβου που καταγράφονται από το Digi2 Pro, επιτρέποντας την αποτελεσματική παρακολούθηση και ανάλυση των μοτίβων του αστικού θορύβου.

3.3 Μικρόφωνο USB για το Raspberry Pi : Χαρακτηριστικά και Απόδοση

Η ενσωμάτωση ενός USB μικροφώνου με το Raspberry Pi 4 Model B αποτελεί μια αποδοτική και ευέλικτη λύση για την ηχογράφηση και την ανάλυση του περιβαλλοντικού θορύβου.

3.3.1 Επισκόπηση Μικροφώνων USB για το Raspberry Pi

Το Raspberry Pi, μια μικρή αλλά ισχυρή πλατφόρμα υπολογισμού, δεν διαθέτει ενσωματωμένες δυνατότητες καταγραφής ήχου. Αυτός ο περιορισμός καθιστά απαραίτητη τη χρήση εξωτερικών συσκευών όπως μικρόφωνα USB ή κάρτες ήχου για καταγραφή ηχητικών δεδομένων. Οι κύριοι λόγοι για την απουσία ενσωματωμένου μικροφώνου στο Raspberry Pi είναι ο περιορισμένος χώρος στην πλακέτα και η διατήρηση της προσιτότητας στο ευρύ κοινό. Ωστόσο, η χρήση των μικροφώνων USB παρέχει μια απλή και οικονομικά αποδοτική λύση σε αυτόν τον περιορισμό [31].

Σύνδεση και Συμβατότητα

Τα μικρόφωνα USB, αποτελούν μια απλή και έξυπνη λύση όπου αρκεί η σύνδεση τους σε μία θύρα USB και απαιτείται ελάχιστη ρύθμιση για λειτουργία τους με το Raspberry Pi. Το λειτουργικό σύστημα Raspbian αναγνωρίζει αυτόματα αυτά τα μικρόφωνα κατά τη σύνδεση, αν και μπορεί να χρειαστούν μικροδιορθώσεις στο αρχείο `.asoundrc` για να τα αναγνωρίσει σωστά ο οδηγός ήχου `Alsa` [31].

Η διαμόρφωση ενός μικροφώνου USB στο Raspberry Pi περιλαμβάνει την ενημέρωση του λειτουργικού συστήματος και την αναγνώριση του μικροφώνου μέσω του οδηγού *Alsa*. Αυτή η διαδικασία απαιτεί την εκτέλεση συγκεκριμένων εντολών για την δημιουργία μιας λίστας συσκευών ηχογράφησης και τη δημιουργία ενός αρχείου διαμόρφωσης για την ρύθμιση του οδηγού *Alsa* έτσι ώστε να επιλέξει την κατάλληλη συσκευή καταγραφής ήχου[31].

3.3.2 Απόδοση και Δυνατότητες

Ποιότητα Ήχου και Προδιαγραφές

Το Raspberry Pi μπορεί να ηχογραφεί μέσω των θυρών USB 2.0 χρησιμοποιώντας την Προηγμένη Αρχιτεκτονική Ήχου των Linux (*ALSA*) υποστηρίζοντας ρυθμό δειγματοληψίας έως 48kHz και βάθος δειγματοληψίας στα 16 bits. Αυτή η διάταξη επιτρέπει την ηχογράφηση και αναπαραγωγή υψηλής ποιότητας ήχου, κατάλληλη για μεγάλο εύρος εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της καταγραφής περιβαλλοντικού θορύβου[30].

Επιλογή Μικροφώνου και Χαρακτηριστικά

Η επιλογή του ιδανικού μικροφώνου USB εξαρτάται από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της εφαρμογής. Οι επιλογές κυμαίνονται από οικονομικά μικρόφωνα με απόκριση συχνότητας 20Hz έως 16kHz, ιδανικά για τις περισσότερες εφαρμογές, έως και πιο περίπλοκα μοντέλα που προσφέρουν υψηλότερο βάθος δειγματοληψίας και μεγαλύτερο δυναμικό εύρος συχνότητας[30].

Αρχική Ρύθμιση και Δοκιμή

Αφού συνδέσουμε το μικρόφωνο USB στο Raspberry Pi, μια σειρά εντολών μπορεί να επαληθεύσει τη λειτουργικότητα του και να διασφαλίσει την σωστή επικοινωνία μεταξύ της συσκευής και του Pi. Η εγκατάσταση της βιβλιοθήκης *pyaudio* και άλλα απαραίτητα εργαλεία ήχου είναι σημαντικά για την ηχογράφηση και την αναπαραγωγή ηχητικών δεδομένων από το μικρόφωνο USB[30].

3.3.3 Διαδικασία και Τεχνικές Καταγραφής

Ρύθμιση Εγγραφής με το PyAudio

Η βιβλιοθήκη *pyaudio* της Python είναι απαραίτητη για την καταγραφή ήχου μέσω ενός μικροφώνου USB συνδεδεμένο στο Raspberry Pi. Η βιβλιοθήκη, διευκολύνει τη ρύθμιση των παραμέτρων εγγραφής ήχου όπως η ανάλυση (*Quality*), ο αριθμός των καναλιών (*Channels*), ο ρυθμός δειγματοληψίας (*Bit Rate*) και το *buffer*. Μια τυπική εγγραφή ήχου ξεκινά με τη δημιουργία μιας ροής *PyAudio*, την καταγραφή τμημάτων ήχου και την αποθήκευση των δεδομένων. Η ποιότητα του εγγεγραμμένου ήχου, που καθορίζεται κυρίως από τις δυνατότητες του μικροφώνου, μπορεί να φτάσει έως και 16-bit ανάλυση και ρυθμό δειγματοληψίας στα 48kHz[30].

Η ευελιξία του Raspberry Pi συνδυάζοντας το με ένα μικρόφωνο USB υψηλής ποιότητας, εκτείνεται σε διάφορες εφαρμογές. Είναι ικανό για εγγραφή ήχου υψηλής ποιότητας, καθιστώντας το κατάλληλο για τη δημιουργία podcasts, την καταγραφή μουσικής και τη συλλογή περιβαλλοντικών ήχων για ανάλυση. Τα εγγεγραμμένα δεδομένα, μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για ανάλυση σε πραγματικό χρόνο, επεξεργασία σημάτων, ακουστικές μελέτες καθώς και σε πολλές άλλες εφαρμογές[30].

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Λογισμικό και Εργαλεία Ανάπτυξης

Το παρόν project, χρησιμοποιεί έναν περίπλοκο συνδυασμό από εργαλεία λογισμικού και εξαρτημάτων για την αποτελεσματική καταγραφή, επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων αστικού θορύβου. Στην βάση αυτού του συστήματος βρίσκεται το Raspberry Pi 4 Model B, ένας ισχυρός και πολυσύνθετος μονοπλάκετος υπολογιστής, εξοπλισμένος με την κάρτα ήχου HiFi Beryy Digi2-Pro και ένα μικρόφωνο USB. Η στοίβα λογισμικού για αυτό το έργο έχει επιλεγεί προσεκτικά για να αξιοποιήσει τις δυνατότητες των εξαρτημάτων μας, διασφαλίζοντας την απόδοση και την ακρίβεια των δεδομένων.

Συστατικά Στοίβας Λογισμικού:

- **Το PyAudio για Καταγραφή Ήχου:** Το PyAudio είναι ένα κομβικό κομμάτι της στοίβας λογισμικού, έχοντας βασικό ρόλο στην καταγραφή ήχου. Η πολυμορφικότητα του PyAudio,

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον το καθιστά κατάλληλο για το περιβάλλον του Raspberry Pi, όπου οι πόροι είναι περιορισμένοι αλλά η αποδοτικότητα είναι απαραίτητη[32].

- **Η Βιβλιοθήκη Wave για Διαχείριση Αρχείων:** Η βιβλιοθήκη Wave, μια κλασική βιβλιοθήκη της Python, χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των καταγεγραμμένων ηχητικών δεδομένων σε μια παγκοσμίως αναγνωρισμένη και εύκολα προσβάσιμη μορφή, επιτρέποντας έτσι την ομαλή επεξεργασία και ανάλυση στα επόμενα στάδια[33].
- **Η Βιβλιοθήκη DateTime για Χρονοσημάνσεις:** Η ακριβή χρονοσήμανση των καταγραφών είναι σημαντική για την ανάλυση θορύβου, ιδιαίτερα σε αστικά περιβάλλοντα όπου τα επίπεδα θορύβου μεταβάλλονται συνεχώς. Η βιβλιοθήκη DateTime της Python παρέχει μια αξιόπιστη λύση για την ενσωμάτωση χρονοσημάνσεων στα καταγεγραμμένα ηχητικά δεδομένα, διευκολύνοντας την ανάλυση των επιπέδων θορύβου.
- **SciPy και NumPy για Ανάλυση FFT:** Οι Βιβλιοθήκες SciPy (Scientific Python) και NumPy (Numerical Python), δύο από τις ισχυρότερες αριθμητικές βιβλιοθήκες στην Python, χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση ανάλυσης FFT (Fast Fourier Transform) στα ηχητικά δεδομένα. Η FFT αποτελεί ένα σημαντικό βήμα στην μετατροπή των ηχητικών σημάτων από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο της συχνότητας, επιτρέποντας την αναγνώριση και ποσοτικοποίηση διαφόρων συστατικών του ήχου. Η ευκολία χρήσης και η αποδοτικότητα του SciPy και του NumPy, τις κανουν ιδανικές επιλογές για αυτό το project[32].
- **Matplotlib για Οπτικοποίηση Δεδομένων:** Η οπτικοποίηση αποτελεί βασικό στοιχείο της ανάλυσης δεδομένων. Η βιβλιοθήκη Matplotlib, μία περιεκτική βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία στατικών, κινούμενων και διαδραστικών οπτικοποιήσεων, χρησιμοποιείται για αυτόν τον σκοπό. Επιτρέπει την αποτελεσματική γραφική αναπαράσταση των αναλυμένων δεδομένων θορύβου, κάνοντας πιο εύκολη την ερμηνεία και την κατανόηση των μοτίβων του αστικού θορύβου[32].
- **InfluxDB και Grafana για Ανέβασμα Δεδομένων και Παρακολούθηση:** Το InfluxDB, μια βάση δεδομένων χρονοσειρών και το Grafana, μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα και εφαρμογή ανάλυσης και διαδραστικής οπτικοποίησης, αποτελούν την βάση της αποθήκευσης και οπτικοποίησης δεδομένων σε ένα διαδικτυακό περιβάλλον. Αυτά τα εργαλεία μας επιτρέπουν να ανεβάζουμε τα επεξεργασμένα δεδομένα σε έναν server, όπου μπορούν να αποθηκευτούν, να αναζητηθούν και να οπτικοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των επιπέδων αστικού θορύβου[32].

4.1 Η Βιβλιοθήκη PyAudio

Η Βιβλιοθήκη PyAudio, αποτελεί ένα βασικό εργαλείο στο οικοσύστημα της Python για τη διαχείριση της εγγραφής και της αναπαραγωγής ήχου. Πρόκειται για ένα binding της Python για το PortAudio, μία ευέλικτη βιβλιοθήκη ήχου I/O που επιτρέπει την αναπαραγωγή ήχου σε πολλαπλές πλατφόρμες συμπεριλαμβανομένων τα Windows, Linux και macOS[34][35].

4.1.1 Ρυθμίζοντας την Βιβλιοθήκη PyAudio

Η εγκατάσταση του PyAudio εξαρτάται από τη βιβλιοθήκη PortAudio. Η διαδικασία εγκατάστασης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα καθώς και από την έκδοση της Python. Συνήθως, η PyAudio εγκαθίσταται μέσω του διαχειριστή πακέτων της Python *pip*. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορετικές διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν για διάφορα λειτουργικά συστήματα:

- **Windows:** Για εκδόσεις *Python* 3.7 και νεότερες, πρέπει να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένα προκατασκευασμένα δυαδικά αρχεία (.*whl*). Αυτά μπορούν να βρεθούν σε αποθετήρια που εμπεριέχουν προ-συναρμολογημένα αρχεία .*whl*. Για παλαιότερες εκδόσεις *Python* (2.7, 3.4, 3.5, 3.6), αρκεί μια απλή εντολή *pip install pyaudio* [35].
- **OSX:** Η εγκατάσταση απαιτεί τα εργαλεία γραμμής εντολών *Xcode* και *Homebrew* για να εγκαταστήσουμε πρώτα το *PortAudio* και μετά την εγκατάσταση του *PyAudio* μέσω *pip* [35].
- **Linux:** Το *PyAudio* μπορεί να εγκατασταθεί χρησιμοποιώντας τον διαχειριστή πακέτων, για παράδειγμα μέσω της εντολής *sudo apt-get install python3-pyaudio* [35].

Επαλήθευση Εγκατάστασης

Μετά την εγκατάσταση, είναι καλό να επαληθεύουμε τη σωστή εγκατάσταση εισάγοντας το *PyAudio* και ελέγχοντας την έκδοση του *PortAudio* στην *Python* χρησιμοποιώντας την εντολή *pyaudio.get_portaudio_version()* [35].

4.1.2 PyAudio για Καταγραφή Ήχου

Βασική Διαδικασία Εγγραφής

Η εγγραφή ήχου χρησιμοποιώντας το *PyAudio* περιλαμβάνει τη ρύθμιση μιας ηχητικής ροής με συγκεκριμένες παραμέτρους όπως τον ρυθμό δειγματοληψείας (*sample rate*), τα κανάλια (*channels*) και τη μορφή (*format*). Αυτό επιτυγχάνεται ξεκινώντας αρχικά μια ροή για είσοδο δεδομένων. Η ροή διαβάζει δεδομένα ήχου τμηματικά, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να επεξεργαστούν ή να αποθηκευτούν.

Μια τυπική διαδικασία περιλαμβάνει:

1. **Δημιουργία μιας παρουσίας *PyAudio*:** Με την εντολή *p=pyaudio.PyAudio()*
2. **Ξεκίνηση μιας ροής εισόδου:** Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας την εντολή *p.open()* καθορίζοντας τη μορφή, τα κανάλια, τον ρυθμό και δηλώνοντας *Input=True*.
3. **Διάβασμα δεδομένων σε κομμάτια:** Η μέθοδος *read()* της ροής χρησιμοποιείται για τη καταγραφή ήχου σε προκαθορισμένα τμηματικά μεγέθη.
4. **Διακοπή και κλείσιμο της ροής:** Μετά την εγγραφή, η ροή σταματά και κλείνει χρησιμοποιώντας την εντολή *stream.stop_stream()* και *stream.close()* αντίστοιχα.
5. **Τερματισμός της Παρουσίας του *PyAudio*:** Με την εντολή *p.terminate()* [35][36].

Προχωρημένες Δυνατότητες

Το *PyAudio* προσφέρει περισσότερες από τις απλές δυνατότητες ηχογράφησης. Παρέχει έλεγχο στις παραμέτρους ήχου, επιτρέποντας στους χρήστες να επιλέξουν με ακρίβεια τις ρυθμίσεις εισόδου/εξόδου ήχου. Αυτό συμπεριλαμβάνει και την ικανότητα ελέγχου του φόρτου του

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον επεξεργαστή, της καθυστέρησης εισόδου/εξόδου και τη χρήση της λειτουργίας callback για πιο αποδοτική διαχείριση των δεδομένων[36].

4.1.3 Εξερεύνηση Συσκευών Ήχου με την Βιβλιοθήκη PyAudio

Πληροφορίες και Διαμόρφωση Συσκευής

Το PyAudio μπορεί να αλληλεπιδρά με ντόπια ηχητικά API και δίνει την επιλογή στους χρήστες να επιλέξουν ηχητικές συσκευές εισόδου/εξόδου.

Αυτό περιλαμβάνει:

- **Καταλογοποίηση διαθέσιμων ηχητικών διεπαφών:** Το PyAudio μπορεί να απαριθμήσει τις ηχητικές διεπαφές που είναι διαθέσιμες στο σύστημα, παρέχοντας επίσης πληροφορίες όπως ο αριθμός των καναλιών, τον προεπιλεγμένο ρυθμό δειγματοληψίας και τις τιμές καθυστέρησης[35].
- **Επιλογή συγκεκριμένων ηχητικών συσκευών:** Οι χρήστες μπορούν επίσης να επιλέξουν συγκεκριμένες συσκευές ήχου για είσοδο/έξοδο δεδομένων[35].

Πρακτικές Εφαρμογές

Πρακτικά, η ικανότητα του PyAudio να επιλέγει συγκεκριμένες ηχητικές συσκευές και να διαμορφώνει τις παραμέτρους ροής, το καθιστά ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν ακριβή έλεγχο ήχου. Αυτό περιλαμβάνει επαγγελματικά studio ηχογράφησης, επιστημονικά πειράματα που σχετίζονται με την ανάλυση ήχου και προσαρμοσμένες εφαρμογές επεξεργασίας ήχου.

4.1.4 Προηγμένες Τεχνικές Καταγραφής με την Βιβλιοθήκη PyAudio

Αποτελεσματική Διαχείριση Δεδομένων Ήχου

Το PyAudio προσφέρει δύο τρόπους για τη διαχείριση των δεδομένων ήχου, τις λειτουργίες blocking και callback. Στην λειτουργία blocking, οι μέθοδοι ανάγνωσης *read()* και εγγραφής *write()* της ροής είναι σύγχρονοι, κάτι που σημαίνει ότι αποκλείουν την εκτέλεση μέχρι να επεξεργαστούν όλα τα δεδομένα. Αυτό μπορεί να είναι αναποτελεσματικό για εφαρμογές που απαιτούν επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η λειτουργία callback από την άλλη, είναι πιο αποτελεσματική για τέτοια σενάρια. Σε αυτόν τον τρόπο το PyAudio καλεί αυτόματα μια συνάρτηση επιστροφής που ορίζεται από τον χρήστη για τη διαχείριση δεδομένων ήχου, επιτρέποντας την πιο ομαλή επεξεργασία ήχου[34].

Ανάλυση Ηχητικών Δεδομένων

Η ευελιξία του PyAudio εκτείνεται και στην ανάλυση ηχητικών δεδομένων. Μετά την ηχογράφηση, οι χρήστες μπορούν να επεξεργαστούν τα δεδομένα και να τα αναλύσουν χρησιμοποιώντας διάφορες βιβλιοθήκες της Python όπως οι NumPy και SciPy. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
εφαρμογές όπως η παρακολούθηση θορύβου, όπου η ανάλυση της συχνότητας και της έντασης του ήχου αποτελούν βασικό κομμάτι της εργασίας. Η ικανότητα του PyAudio να καταγράφει ηχητικά δεδομένα υψηλής ποιότητας σε πραγματικό χρόνο το καθιστά εξαιρετική επιλογή για ένα μεγάλο εύρος εργασιών.

4.1.5 Ενσωμάτωση του PyAudio με Άλλες Βιβλιοθήκες Python

SciPy και NumPy για Ανάλυση FFT

Για την ανάλυση της συχνότητας των ηχητικών σημάτων, μπορεί να εφαρμοστεί ο Γρήγορος Μετασχηματιστών Φουριέ (FFT) μέσω των βιβλιοθηκών SciPy και NumPy. Η βιβλιοθήκη PyAudio ενσωματώνεται άψογα με αυτές τις βιβλιοθήκες, επιτρέποντας την αποδοτική μετατροπή των ηχητικών δεδομένων από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο της συχνότητας για ανάλυση. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για εφαρμογές που απαιτούν λεπτομερή ανάλυση ηχητικών συχνοτήτων, όπως στην αναγνώριση συγκεκριμένων ηχητικών μοτίβων και επιπέδων θορύβου.

Matplotlib για Οπτικοποίηση Δεδομένων

Μετά την επεξεργασία και την ανάλυση των ηχητικών δεδομένων, πολλές φορές είναι απαραίτητη η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Η συμβατότητα του PyAudio με την βιβλιοθήκη Matplotlib, επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν οπτικές αναπαραστάσεις των ηχητικών δεδομένων. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει διαγράμματα κυματομορφών, σπεκτρογράμματα ή γραφήματα συχνοτήτων, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των χαρακτηριστικών του ήχου.

4.1.6 Εφαρμογές της Βιβλιοθήκης PyAudio σε Πραγματικά Έργα

Παρακολούθηση Περιβαλλοντικού Θορύβου

Σε project όπως η παρακολούθηση αστικού θορύβου, το PyAudio μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την καταγραφή περιβαλλοντικών θορύβων. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να αναλυθούν για τον καθορισμό των επιπέδων θορύβου, την αναγνώριση των βασικών πηγών θορύβου και την αξιολόγηση της επίδρασης τους στο περιβάλλον.

4.1.7 Προκλήσεις και Προβληματισμοί

Ενώ το PyAudio είναι ένα ισχυρό εργαλείο, έρχεται με το δικό του σύνολο προκλήσεων:

- **Συμβατότητα Υλικού:** Η εξασφάλιση της συμβατότητας με το υλικό και η ρύθμιση του συγκεκριμένα για κάθε συσκευή, μπορεί να είναι περίπλοκη.

- **Βελτιστοποίηση Επιδόσεων:** Η Διαχείριση του φόρτου του επεξεργαστή και της καθυστέρησης, ειδικά σε εφαρμογές επεξεργασίας ήχου σε πραγματικό χρόνο απαιτεί προσεκτική ρύθμιση.
- **Ποιότητα Ήχου:** Η εξασφάλιση υψηλής ποιότητας καταγραφής ήχου, χωρίς θόρυβο και παραμορφώσεις, είναι κρίσιμη ειδικά σε επαγγελματικές ή επιστημονικές εφαρμογές.

4.2 Η Βιβλιοθήκη Wave για Διαχείριση Αρχείων

Η βιβλιοθήκη Wave, μέρος της βασικής βιβλιοθήκης της Python, λειτουργεί ως ένα σημαντικό εργαλείο για τη διαχείριση αρχείων ήχου WAV σε project που χρησιμοποιείται Python. Ο κύριος ρόλος της είναι να παρέχει ένα απλό περιβάλλον για την ανάγνωση και εγγραφή αρχείων Waveform Audio File Format (WAV), ειδικά εκείνων που είναι κωδικοποιημένα σε συμπιεσμένη μορφή Pulse Code Modulation (PCM). Η σημασία αυτής της βιβλιοθήκης βρίσκεται στην ικανότητά της να διαχειρίζεται ακατέργαστα δεδομένα ήχου, καθιστώντας την απαραίτητη για project που περιλαμβάνουν επεξεργασία ήχου.

4.2.1 Εισαγωγή στην Βιβλιοθήκη Wave

Η βιβλιοθήκη Wave απλοποιεί τις αλληλεπιδράσεις με αρχεία WAV, ένα από τα πιο δημοφιλή φορμάτ αρχείων ήχου που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ακατέργαστων, μη συμπιεσμένων δεδομένων ήχου. Τα αρχεία WAV χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές όπου η ποιότητα και η πιστότητα του ήχου είναι κρίσιμης σημασίας, καθώς δεν υποφέρουν από την απώλεια της ποιότητας που συνδέεται με τα συμπιεσμένης μορφής αρχεία [37].

4.2.2 Βασικές Λειτουργίες της Βιβλιοθήκης Wave

Άνοιγμα Αρχείων WAV

Η συνάρτηση `wave.open` είναι βασικό στοιχείο της Βιβλιοθήκης Wave. Ανοίγει ένα αρχείο WAV είτε για ανάγνωση ('*rb*') είτε για εγγραφή ('*wb*'). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η Βιβλιοθήκη Wave δεν επιτρέπει ταυτόχρονα την ανάγνωση και εγγραφή αρχείων WAV [37].

Αντικείμενα `Wave_read` και `Wave_write`

Αναλογικά με τη λειτουργία που ορίζεται στο `wave.open`, η συνάρτηση επιστρέφει είτε ένα αντικείμενο `Wave_read` είτε ένα αντικείμενο `Wave_write`. Αυτά τα αντικείμενα διαθέτουν διαφορετικές μεθόδους προσαρμοσμένες στις αντίστοιχες λειτουργίες τους:

- **Τα αντικείμενα `Wave_read`** είναι σχεδιασμένα για την ανάγνωση αρχείων WAV. Προσφέρουν μεθόδους για την ανάκτηση διαφόρων ιδιοτήτων του ηχητικού αρχείου όπως ο αριθμός των καναλιών, το πλάτος δείγματος, την συχνότητα δειγματοληψίας, τον αριθμό των πλαισίων, τον τύπο συμπίεσης και πολλές ακόμα ιδιότητες μέσω της μεθόδου `getparams()` [37].

- Τα αντικείμενα `Wave_write` χρησιμοποιούνται για την εγγραφή σε αρχεία WAV. Επιτρέπουν τη ρύθμιση ιδιοτήτων όπως ο αριθμός των καναλιών, το πλάτος δείγματος, την συχνότητα δειγματοληψίας, τον αριθμό των πλαισίων και τον τύπο συμπίεσης[37].

Ανάγνωση και Εγγραφή Πλαισίων

Εκτός από τη ρύθμιση παραμέτρων, τα αντικείμενα `Wave_read` μπορούν να διαβάσουν ηχητικά πλαίσια χρησιμοποιώντας τη μέθοδο `readframes()`, η οποία επιστρέφει έναν καθορισμένο αριθμό πλαισίων ως ένα αντικείμενο bytes. Η μέθοδος `rewind()` είναι διαθέσιμη για την επαναφορά του δείκτη αρχείου στην αρχή της ηχητικής ροής, καθιστώντας την χρήσιμη για επαναληπτικές διαδικασίες ανάγνωσης[37].

Αντίθετα, τα αντικείμενα `Wave_write` παρέχουν τη συνάρτηση `writeframes()` για την εγγραφή ηχητικών δεδομένων διασφαλίζοντας ότι ο αριθμός των `nframes` είναι ακριβής. Μια εναλλακτική μέθοδος, η `writeframesraw()` επιτρέπει την εγγραφή ηχητικών πλαισίων χωρίς να προσαρμόζεται αυτόματα ο αριθμός των `nframes`. Αυτή η ευελιξία είναι χρήσιμη σε σενάρια όπου απαιτείται ο ακριβής έλεγχος των δεδομένων πλαισίου και του αριθμού τους[37].

Διαχείριση Σφαλμάτων

Ένα ουσιαστικό στοιχείο της Βιβλιοθήκης Wave είναι η δυνατότητα διαχείρισης σφαλμάτων. Η `wave.Error` εμφανίζεται όποτε μια λειτουργία παραβιάζει τις προδιαγραφές της WAV ή αντιμετωπίζει προβλήματα στην υλοποίηση. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι κρίσιμο για τη διασφάλιση ότι η διαχείριση των ηχητικών δεδομένων, ακολουθεί αυστηρά τα πρότυπα της WAV, διατηρώντας έτσι την ακεραιότητα των δεδομένων[37].

4.2.3 Πρακτική Χρήση και Παραδείγματα

Οι πρακτικές εφαρμογές της Βιβλιοθήκης Wave απεικονίζονται καλύτερα μέσω παραδειγμάτων. Ένα τέτοιο παράδειγμα περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός αρχείου WAV με τυχαία δεδομένα σε μορφή μικρών ακεραίων bytes για καθορισμένη διάρκεια. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό του ρυθμού δειγματοληψίας, της διάρκειας, της συχνότητας, του αριθμού των καναλιών, του πλάτους δείγματος και του ρυθμού πλαισίων πρώτου γράφει τα ηχητικά πλαίσια[38].

Στο πλαίσιο του project της παρακολούθησης αστικού θορύβου, η βιβλιοθήκη Wave είναι ουσιώδης στην εγγραφή ηχητικών δεδομένων από ένα μικρόφωνο που συνδέεται με το Raspberry Pi. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα, αποθηκευμένα σε μορφή WAV, όπου εξάγονται και στη συνέχεια οπτικοποιούνται.

4.2.4 Προηγμένες Δυνατότητες και Βελτιώσεις

Η βασική εφαρμογή της βιβλιοθήκης Wave δεν υποστηρίζει δυνατότητες όπως η ανάγνωση σημείων σήμανσης ή η διαχείριση αρχείων ήχου 24-bit. Ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί κάποιες βελτιώσεις για να αντιμετωπίζουν αυτούς τους περιορισμούς. Μια ενημερωμένη έκδοση προσθέτει δυνατότητες όπως την ανάγνωση σημείων σήμανσης και την υποστήριξη αρχείων 24-bit. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε εφαρμογές όπου απαιτούνται τέτοιες δυνατότητες[39].

Βελτιωμένες Βιβλιοθήκες Wave και Scipy.io.wavfile

Έχουν εισαχθεί βελτιώσεις στην βασική βιβλιοθήκη Wave και το κομμάτι *scipy.io.wavfile* για την υποστήριξη προχωρημένων δυνατοτήτων όπως την υποστήριξη αρχείων ήχου 24-bit και 32-bit IEEE ή για την υποστήριξη σημείων σήμανσης και ετικετών. Αυτές οι βελτιώσεις επεκτείνουν σημαντικά τις δυνατότητες της βιβλιοθήκης Wave, καθιστώντας την κατάλληλη για πιο περίπλοκες εργασίες επεξεργασίας ήχου[39].

Χερισμός Ηχητικών Αρχείων 24-bit

Η διαχείριση ηχητικών αρχείων μεγαλύτερου βάθους bit, όπως τα 24-bit αποτελεί μια περίπλοκη διαδικασία που δεν υποστηρίζεται από την βασική βιβλιοθήκη Wave. Ενώ υπάρχουν βελτιωμένες εκδόσεις της βιβλιοθήκης και ενότητες όπως το *scipy.io.wavfile* που μπορούν να χειριστούν τέτοια αρχεία, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτό απαιτεί εφαρμογές πέραν των δυνατοτήτων της βασικής βιβλιοθήκης.

4.3 Η Βιβλιοθήκη DateTime για Χρονοσημάνσεις

4.3.1 Εισαγωγή στην Βιβλιοθήκη DateTime

Η βιβλιοθήκη *datetime* της Python αποτελεί ένα σημαντικό συστατικό της εργασίας μας, ικανό να εργάζεται με ημερομηνίες και ώρες στην Python. Παρέχει διάφορες κλάσεις για τον χειρισμό ημερομηνιών και ωρών, με έμφαση στην αποδοτική εξαγωγή χαρακτηριστικών για τη μορφοποίηση των δεδομένων[40].

4.3.2 Βασικές Λειτουργίες της Βιβλιοθήκης DateTime

Βασικές Κλάσεις στην ενότητα datetime:

- **Datetime:** Αυτή η κλάση επιτρέπει τον χειρισμό των ημερομηνιών και των ωρών μαζί, ενσωματώνοντας δεδομένα όπως μήνας, ημέρα, έτος, ώρα, δευτερόλεπτα και μικροδευτερόλεπτα[41].
- **Date:** Αυτή η κλάση χρησιμοποιείται για τον χειρισμό ημερομηνιών ανεξάρτητα από την ώρα, δηλαδή μόνο με το έτος, τον μήνα και την ημέρα[41].
- **Time:** Αυτή η κλάση χειρίζεται την ώρα ανεξάρτητα από την ημερομηνία επικεντρώνοντας στην ώρα, στο λεπτό, στο δευτερόλεπτο και στο μικροδευτερόλεπτο[41].
- **Timedelta:** Αντιπροσωπεύει μια χρονική διάρκεια και χρησιμοποιείται για τον χειρισμό ημερομηνιών και τη μέτρηση διαστημάτων[41].
- **Tzinfo:** Μια κλάση για τον χειρισμό των ζωνών ώρας[41].

Εργασία με Ημερομηνίες και Ώρες

Η κλάση `datetime` μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση της τρέχουσας ημερομηνίας και ώρας με τη χρήση της συνάρτησης `.now()`. Ένα τυπικό αντικείμενο `datetime` περιλαμβάνει έτος, μήνα, ημέρα, λεπτά, δευτερόλεπτα και μικροδευτερόλεπτα[41]. Αυτό είναι κρίσιμο για την εφαρμογή χρονοσφραγίδων σε project όπως στο σύστημα παρακολούθησης αστικού θορύβου.

Αντιμετώπιση Συμβολοσειρών και Αντικειμένων `datetime`

Η ενότητα `datetime` παρέχει δύο βασικές μεθόδους για την εργασία με συμβολοσειρές ημερομηνίας και ώρας:

- **`Strptime()`:** Μετατρέπει τις συμβολοσειρές που εμπεριέχουν πληροφορίες ημερομηνίας και ώρας σε αντικείμενα `datetime` [41].
- **`Strftime()`:** Μετατρέπει τα αντικείμενα `datetime` ξανά σε συμβολοσειρές [41].

Αυτές οι μέθοδοι είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όταν ασχολούμαστε με δεδομένα που αποθηκεύονται σε μορφή συμβολοσειρών αλλά πρέπει να μετατραπούν σε αντικείμενα `datetime` για επεξεργασία ή το αντίστροφο.

Εξαγωγή Συγκεκριμένων Συστατικών Ημερομηνίας και Ώρας

- **Ημέρα του Μήνα και της Εβδομάδας:** Χρησιμοποιώντας τις μεθόδους `.day` και `.weekday()`, μπορούμε να εξάγουμε τη συγκεκριμένη ημέρα του μήνα και την ημέρα της εβδομάδας αντίστοιχα. Η ενότητα `calendar` μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με αυτές τις μεθόδους για την μετατροπή των αριθμών των ημερών σε ονόματα ημερών (π.χ. Δευτέρα, Τρίτη) [41].
- **Ώρες και Λεπτά:** Τα χαρακτηριστικά της κλάσης `.hour` και `.minute` βοηθούν στην εξαγωγή των συγκεκριμένων ωρών και λεπτών από ένα αντικείμενο `datetime` [41].
- **Εβδομάδα του Έτους:** Η συνάρτηση `.isocalendar()` επιστρέφει το έτος, την εβδομάδα του έτους και την ημέρα της εβδομάδας. Αυτή η συνάρτηση ακολουθεί το ημερολόγιο ISO, το οποίο ξεκινά κάθε εβδομάδα από την Δευτέρα[41].

Χρονικές Ετικέτες και Unix Time

Η ενότητα `datetime` διευκολύνει επίσης τη μετατροπή αντικειμένων ημερομηνίας σε χρονικές ετικέτες Unix και το αντίστροφο, μέσω των συναρτήσεων `timestamp()` και `fromtimestamp()` αντίστοιχα. Αυτή η δυνατότητα είναι κομβική σε εφαρμογές όπου τα δεδομένα χρόνου και ημερομηνίας απαιτούνται σε μορφή χρονικής ετικέτας Unix[41].

Μέτρηση Διαστημάτων Χρόνου με το `timedelta`

Η κλάση `timedelta` είναι απαραίτητη για εφαρμογές που απαιτούν τη μέτρηση ενός διαστήματος χρόνου ή διάρκειας. Αντιπροσωπεύει τη διαφορά χρόνου μεταξύ δύο ημερομηνιών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσθήκη ή την αφαίρεση χρονικών διαστημάτων[41].

Υπολογισμός Διαφορών Μεταξύ Ημερομηνιών και Χρόνων

Για να βρούμε το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο ημερομηνιών ή χρόνων, μπορούμε να αφαιρέσουμε ένα αντικείμενο *datetime* ή *date* από ένα άλλο. Το αποτέλεσμα είναι ένα αντικείμενο *timedelta*, το οποίο μπορεί να παρέχει μια ακριβή μέτρηση περιλαμβάνοντας ημέρες, ώρες, λεπτά και δευτερόλεπτα[41].

Διαμόρφωση Ημερομηνιών με τις μεθόδους *strftime()* και *strptime()*

Οι μέθοδοι *strftime()* και *strptime()* είναι κρίσιμες για τη διαμόρφωση ημερομηνιών. Η συνάρτηση *strftime()* μετατρέπει αντικείμενα *datetime* σε αναγνώσιμες συμβολοσειρές, ενώ η συνάρτηση *strptime()* μετατρέπει συμβολοσειρές με πληροφορίες ημερομηνίας και ώρας σε αντικείμενα *datetime*. Αυτές οι μέθοδοι είναι χρήσιμες στην ανάλυση δεδομένων, όπου τα δεδομένα ημερομηνίας και ώρας αποθηκεύονται σε μορφές συμβολοσειρών και πρέπει να μετατραπούν για επεξεργασία[41].

4.3.3 Προηγμένες Δυνατότητες και Πρακτικές Εφαρμογές

Ζώνης Ώρας στο *datetime*

Η ενότητα *datetime* της Python διακρίνει τα αντικείμενα ημερομηνίας και χρόνου σε “συνειδητοποιημένα” και “αφελή”. Τα “συνειδητοποιημένα” αντικείμενα περιλαμβάνουν πληροφορίες ζώνης ώρας και αντιπροσωπεύουν ένα συγκεκριμένο σημείο στον χρόνο. Τα “αφελή” αντικείμενα από την άλλη, δεν περιέχουν αυτές τις πληροφορίες, αφήνοντας την ερμηνεία της ζώνης ώρας στο πρόγραμμα. Το χαρακτηριστικό *tzinfo* μπορεί να οριστεί για να μετατρέψει ένα αντικείμενο *datetime* ή *time* σε “συνειδητοποιημένο”[40].

Σταθερές και Χαρακτηριστικά Κλάσης στο *Datetime*

Η Ενότητα εμπεριέχει αρκετές σταθερές και χαρακτηριστικά που χρησιμεύουν στην διαχείριση της ημερομηνίας και ώρας:

- **MINYEAR και MAXYEAR:** Αντιπροσωπεύουν τους μικρότερους και μεγαλύτερους αριθμούς ετών, που μπορούν να βρίσκονται σε ένα αντικείμενο *date* ή *datetime* [40].
- **UTC:** Ένα ψευδώνυμο της χρονικής ζώνης UTC (Universal Time Coordinated)[40].
- **Date.min, date.max και date.resolution:** Αυτά τα χαρακτηριστικά ορίζουν την ελάχιστη ημερομηνία, την μέγιστη ημερομηνία και την μικρότερη διαφορά μεταξύ μη ίσων αντικειμένων ημερομηνίας αντίστοιχα[40].

Αριθμητική Ημερομηνίας και Ώρας

Οι αριθμητικές πράξεις με ημερομηνίες και ώρες είναι χρήσιμες σε πολλές εφαρμογές. Η ενότητα *datetime* επιτρέπει τέτοιες λειτουργίες χρησιμοποιώντας αντικείμενα *timedelta*, τα οποία

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον αντιπροσωπεύουν χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα, εάν προσθέσουμε ένα αντικείμενο *datetime* που εκπροσωπεί δύο εβδομάδες με ένα αντικείμενο *datetime* που εκπροσωπεί την τωρινή ημερομηνία, το αποτέλεσμα θα είναι δύο εβδομάδες μετά από την τωρινή ημερομηνία[41].

Πρακτικά Παραδείγματα

- **Καταγραφή Χρονοσφραγίδων:** Στο πλαίσιο του συστήματος παρακολούθησης αστικού θορύβου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την συνάρτηση *datetime.now()* για να λάβουμε την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα για κάθε ηχογράφιση, παρέχοντας έτσι ακριβείς χρονοσφραγίδες στις ηχογραφήσεις[41][42].
- **Δημιουργία Προσαρμοσμένων Αντικειμένων Ημερομηνίας:** Για συγκεκριμένες αναλύσεις ή προσομοιώσεις, μπορεί να χρειαστεί να δημιουργήσουμε προσαρμοσμένα αντικείμενα ημερομηνίας χρησιμοποιώντας τον κατασκευαστή *datetime* με συγκεκριμένο έτος, μήνα και ημέρα[42].
- **Μορφοποίηση για Αναγνωσιμότητα:** Η μέθοδος *strftime()* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μορφοποιήσει αντικείμενα *datetime* σε πιο αναγνώσιμες από τον άνθρωπο συμβολοσειρές[42].

Μετατροπή Μεταξύ Datetime και Unix Χρονικών Σφραγίδων

Για την ενσωμάτωση με συστήματα που χρησιμοποιούν τη μορφή χρονοσημάτων Unix, τα αντικείμενα *datetime* μπορούν να μετατρέψουν τη χρονοσήμανση Unix και αντίστροφα χρησιμοποιώντας τις μεθόδους *timestamp()* και *fromtimestamp()*. Αυτή η λειτουργικότητα διασφαλίζει συμβατότητα με μια ευρεία γκάμα πηγών δεδομένων και συστημάτων[41].

Μέτρηση Διάρκειας για Καταγραφή Συμβάντων

Σε ένα αστικό περιβάλλον παρακολούθησης θορύβου, η μέτρηση της διάρκειας συγκεκριμένων γεγονότων θορύβου ή περιόδων σιγής μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας αντικείμενα *timedelta*. Εάν αφαιρέσουμε τα αντικείμενα *datetime* που αντιπροσωπεύουν την αρχή και το τέλος ενός γεγονότος, μπορούμε να λάβουμε την διάρκεια ως αντικείμενο *timedelta* [41].

4.4 Οι Βιβλιοθήκες SciPy και NumPy για Ανάλυση FFT

4.4.1 Θεμελίωση και Εφαρμογή του FFT στην Επεξεργασία Ηχητικών Σημάτων

Ο Γρήγορος Μετασχηματισμός Fourier (FFT) είναι ένας κρίσιμος αλγόριθμος στην επεξεργασία ηχητικών σημάτων, παρέχοντας έναν τρόπο για την αποδοτική ανάλυση του φάσματος συχνοτήτων ενός σήματος. Ο FFT, πρόκειται για μια βελτιστοποιημένη μορφή του Διακριτού Μετασχηματισμού Fourier (DFT), μετασχηματίζει δεδομένα από το χρονικό στο συχνοτικό πεδίο αποκαλύπτοντας το φασματικό περιεχόμενο του σήματος. Αυτή η ενότητα εξετάζει τις θεωρητικές βάσεις του FFT, την υλοποίηση του στην Python χρησιμοποιώντας τις βιβλιοθήκες SciPy και NumPy και την εφαρμογή του στην ανάλυση ηχητικών σημάτων.

4.4.2 Βασικές Λειτουργίες της Βιβλιοθήκης

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Θεμελιώδεις Αρχές του Μετασχηματισμού Fourier: Ο μετασχηματισμός Fourier, μια έννοια που εισήχθη από τον Γάλλο μαθηματικό Joseph Fourier στον 19^ο αιώνα, είναι ένα μαθηματικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή ενός σήματος από το χρονικό πεδίο στο συχνοτικό πεδίο. Αυτή η μετατροπή είναι πολύ σημαντική σε εργασίες επεξεργασίας ήχου όπως το φιλτράρισμα, η συμπίεση και η σύνθεση ήχου[43].

Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier (DFT): Ο DFT, μια διακριτή έκδοση του Μετασχηματισμού Fourier, είναι απαραίτητη στην ψηφιακή επεξεργασία σημάτων, ιδιαίτερα στην ανάλυση διακριτών σημάτων χρονικού πεδίου. Ο αλγόριθμος DFT υπολογίζει τις συνιστώσες συχνότητας πραγματοποιώντας πολλαπλασιασμούς και προσθέσεις με μιγαδικούς αριθμούς, με αποτέλεσμα ένα σύνολο μιγαδικών αριθμών που αντιπροσωπεύουν τις συχνοτικές συνιστώσες του σήματος[43].

Γρήγορος Μετασχηματισμός Fourier (FFT): Ο FFT αποτελεί μια αποδοτική υλοποίηση του DFT, μειώνοντας σημαντικά την υπολογιστική πολυπλοκότητα. Χρησιμοποιεί μια ιδιαίτερη προσέγγιση, κάνοντας τον πιο γρήγορο και κατάλληλο για πολλές εφαρμογές, κυρίως σε ενσωματωμένα συστήματα και περιβάλλοντα με περιορισμένη μνήμη[43].

Υλοποίηση στην Python

Βιβλιοθήκες SciPy και NumPy: Η Python, με βιβλιοθήκες όπως η SciPy και η NumPy, προσφέρει αξιόπιστα εργαλεία για την υλοποίηση του FFT. Η SciPy παρέχει τη συνάρτηση `scipy.fft.fft`, η οποία εκτελεί FFT σε ένα σήμα, ενώ η NumPy βοηθά σε αριθμητικές εργασίες όπως η διαχείριση πινάκων και η εργασία με μιγαδικούς αριθμούς. Αυτές οι βιβλιοθήκες είναι ουσιαστικές για την επεξεργασία και την ανάλυση ηχητικών σημάτων στην Python[44].

Δειγματοληψία και Επεξεργασία Σήματος: Η ακρίβεια του FFT εξαρτάται από παραμέτρους όπως ο ρυθμός δειγματοληψίας και ο αριθμός των δειγμάτων (μήκος μπλοκ). Ο ρυθμός δειγματοληψίας (π.χ. 48kHz) είναι ο μέσος αριθμός των δειγμάτων που λαμβάνονται ανά δευτερόλεπτο, ενώ το μήκος του μπλοκ είναι ένας ακέραιος σε δύναμη του 2 στο FFT (π.χ. $2^{10}=1024$ δείγματα) [44].

Ανάλυση Συχνότητας και Συχνότητα Nyquist: Η ανάλυση συχνοτήτων, ορισμένη ως f_s/BL , καθορίζει το διάστημα μεταξύ των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Για παράδειγμα, σε ρυθμό δειγματοληψίας 48kHz και μήκος μπλοκ 1024, η ανάλυση συχνότητας είναι περίπου 46.88 Hz. Η συχνότητα Nyquist, που είναι η μισή του ρυθμού δειγματοληψίας, ορίζει τη θεωρητικά μέγιστη συχνότητα που μπορεί να καθοριστεί από την FFT[44].

Φασματική Ανάλυση και Εντοπισμός Σφαλμάτων: Η FFT χρησιμοποιείται εκτενώς στη φασματική ανάλυση σημάτων, επιτρέποντας την αναγνώριση των κυρίαρχων συχνοτήτων και τον εντοπισμό σφαλμάτων σε ηχογραφήσεις[44].

Διαχείριση Μη-Περιοδικών Σημάτων: Η FFT υποθέτει ότι το δειγματοληπτημένο σήμα είναι περιοδικό. Για την ανάλυση μη-περιοδικών σημάτων όπως ο αστικός θόρυβος, χρησιμοποιούνται τεχνικές όπως το windowing. Το windowing στενεύει το σήμα στην αρχή και στο τέλος κάθε πλαισίου, μειώνοντας τις ατέλειες στο φάσμα FFT[44].

Τεχνικές Μέσου Όρου για την Ανάλυση Σημάτων: Σε σενάρια όπου απαιτείται συνεχής παρακολούθηση, όπως στην ανάλυση αστικού θορύβου, πολλαπλά μπλοκ FFT καταγράφονται και υπολογίζονται ως προς τον μέσο όρο τους. Χρησιμοποιούνται μέθοδοι όπως η κλασική και η εκθετική μέση τιμή, καθιστώντας την FFT κατάλληλη για μακροχρόνια παρακολούθηση[44].

4.4.3 Προκλήσεις και Προηγμένες Τεχνικές στον FFT για την Επεξεργασία Ακουστικού Σήματος

Η FFT, ένα κρίσιμο εργαλείο στην ανάλυση ηχητικών σημάτων, παρουσιάζει διάφορες προκλήσεις και απαιτεί την εφαρμογή προηγμένων τεχνικών για αποτελεσματικά αποτελέσματα. Αυτή η ενότητα επικεντρώνεται σε αυτές τις προκλήσεις καθώς και στις εξελεγχμένες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να τις ξεπεράσουν, διασφαλίζοντας έτσι ακριβή και αξιόπιστη επεξεργασία ηχητικών σημάτων.

Προκλήσεις στην Επεξεργασία Ηχητικών Σημάτων FFT

Αλλοίωση (Aliasing): Μια σημαντική πρόκληση στην FFT είναι η αλλοίωση. Η αλλοίωση συμβαίνει όταν το σήμα περιέχει συχνότητες υψηλότερες από το μισό της συχνότητας δειγματοληψίας (συχνότητα Nyquist). Εάν η συχνότητα δειγματοληψίας είναι ανεπαρκής, παράγονται σφάλματα που δεν υπάρχουν στο αρχικό σήμα, παραμορφώνοντας την ανάλυση FFT. Για παράδειγμα, με ρυθμό δειγματοληψίας 46 kHz, μια συχνότητα 6kHz του σήματος δειγματοληπτείται οκτώ φορές ανά κύκλο, αλλά μια συχνότητα 12 kHz μόνο τέσσερις φορές. Η σωστή δειγματοληψία είναι κρίσιμη για να αποφευχθούν αυτές οι παραμορφώσεις[44].

Καθρεφτισμένες Συχνότητες: Όπως και με την αλλοίωση, οι καθρεφτισμένες συχνότητες εμφανίζονται στην FFT όταν η συχνότητα Nyquist υπερβαίνεται. Αυτές οι συχνότητες αντανακλώνται πίσω στη χρήσιμη ζώνη συχνοτήτων, προκαλώντας ανακρίβειες. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, χρησιμοποιείται ένα αναλογικό φίλτρο χαμηλών περασμάτων ή φίλτρο κατά της αλλοίωσης, για να εμποδίσει τις συχνότητες πάνω από το όριο Nyquist[44].

Παραθυροποίηση: Η παραθυροποίηση είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για να ομαλοποιήσει τις μεταβάσεις στο τέλος ενός δειγματοληπτούμενου τμήματος, κυρίως για περιοδικά-συνεχή σήματα. Αυτή η τεχνική βοηθά στην πρόληψη της φασματικής κηλίδωσης[44].

Μέσος Όρος Φάσματος: Στην ανάλυση μη περιοδικών σημάτων όπως θόρυβο ή μουσική, είναι σημαντική η συλλογή πολλαπλών τμημάτων FFT και ο καθορισμός των μέσων όρων τους. Οι δύο βασικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται είναι η κλασσική μέση τιμή και η εκθετική μέση τιμή. Η κλασσική μέση τιμή λαμβάνει υπόψη κάθε αποτέλεσμα FFT ιδιότητα, ενώ η εκθετική μέση τιμή δίνει περισσότερο βάρος στις πρόσφατες μετρήσεις. Η τελευταία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για έργα μακροχρόνιας παρακολούθησης φάσματος[44].

Υπολογισμοί με Αποτελέσματα της FFT: Τα αποτελέσματα της FFT μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπολογισμούς. Τα απλά επίπεδα ζωνών συχνοτήτων μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο RSS (Root Sum Square). Μια άλλη εφαρμογή είναι η σύγκριση φασμάτων, όπου το μετρούμενο φάσμα συγκρίνεται με ένα φάσμα αναφοράς για τον εντοπισμό σφαλμάτων[44].

4.5 Η Βιβλιοθήκη Matplotlib για Οπτικοποίηση Δεδομένων

4.5.1 Εισαγωγή στην Βιβλιοθήκη Matplotlib

Η Matplotlib, ένα βασικό κομμάτι στο τοπίο της οπτικοποίησης δεδομένων της Python, είναι μια βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία στατικών, κινούμενων και διαδραστικών διαγραμμάτων. Η προσαρμογή και η ευελιξία της, την καθιστούν βασικό εργαλείο για αναλυτές δεδομένων και επιστήμονες σε διάφορους τομείς, όπως τον τομέα των χρηματοοικονομικών, της επιστήμης, την μηχανικής και των κοινωνικών επιστημών[45].

4.5.2 Βασική Σχεδίαση στην Βιβλιοθήκη Matplotlib

Η δημιουργία βασικών διαγραμμάτων στη Matplotlib, ξεκινά με την κατανόηση της βασικής λειτουργίας της. Ένας βασικός τύπος διαγράμματος είναι το διάγραμμα γραμμής, το οποίο συνδέει σημεία δεδομένων με ευθείες γραμμές, κάνοντας το κατάλληλο για την παρουσίαση συνεχών δεδομένων σε μια σειρά. Αυτή η απλότητα είναι κλειδί στον εντοπισμό μοτίβων και τάσεων. Για παράδειγμα, για να δημιουργήσει κανείς ένα απλό διάγραμμα γραμμής, θα χρησιμοποιούσε τη συνάρτηση `plt.plot(x,y)`, ακολουθούμενη από την `plt.show()` για να εμφανίσει το διάγραμμα[46].

4.5.3 Προσαρμογή του Matplotlib

Η δύναμη του Matplotlib βρίσκεται στις δυνατότητες προσαρμογής του. Μπορούμε να ελέγξουμε διάφορες πτυχές του διαγράμματός μας όπως το χρώμα, την εμφάνιση της γραμμής και τα σημεία δείκτες. Για παράδειγμα, για να προσθέσουμε ετικέτες και έναν τίτλο στο διάγραμμα μας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις εντολές `plt.xlabel()`, `plt.ylabel()` και `plt.title()`. Αυτό βελτιώνει τη σαφήνεια και την κατανόηση του διαγράμματος[46].

Πρόσθετες επιλογές προσαρμογής περιλαμβάνουν την αλλαγή του χρώματος και του στυλ γραμμής χρησιμοποιώντας παραμέτρους όπως το `marker` και `linestyle`. Η συνάρτηση `plt.grid(True)` μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσθέσουμε ένα πλέγμα, βελτιώνοντας την αναγνωσιμότητα του διαγράμματος[46].

Επιπλέον, η προσαρμογή του μέγεθους της εικόνας είναι χρήσιμη για την τοποθέτηση του διαγράμματος σε μια συγκεκριμένη περιοχή κάτι που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση της εντολής `plt.figure(figsize=(x_size,y_size))` [46].

4.5.4 Αποθήκευση Γραφικών ως Αρχείο Εικόνας

Μια σημαντική δυνατότητα του Matplotlib είναι η ικανότητα του να αποθηκεύει διαγράμματα ως αρχεία εικόνας, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αναφορές ή παρουσιάσεις. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση της συνάρτησης `plt.savefig('path/to/directory/plot_name.png')`, όπου μπορούμε να καθορίσουμε την διαδρομή του αρχείου και τη μορφή, όπως JPG, PNG ή PDF[46].

4.5.5 Προηγμένοι Τύποι Γραφικών στην Βιβλιοθήκη Matplotlib

Το Matplotlib προσφέρει μια εκτενή γκάμα τύπων διαγραμμάτων πέρα από τα βασικά γραφήματα γραμμών.

Μερικοί από αυτούς περιλαμβάνουν:

- **Διαγράμματα Μπάρας:** Χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση κατηγορικών δεδομένων. Τα διαγράμματα μπάρας παρουσιάζουν δεδομένα με ορθογώνιες μπάρες, όπου το μήκος ή το ύψος κάθε μπάρας συσχετίζεται με την αξία που αντιπροσωπεύει. Εντολές όπως `plt.bar(x,y)` και `plt.barh(x,y)` χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία κάθετων και οριζόντιων διαγραμμάτων μπάρας αντίστοιχα[46].
- **Ιστογράμματα:** Αυτά χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση της κατανομής συνεχών ή αριθμητικών δεδομένων. Σε ένα ιστόγραμμα, τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε 'κουτιά' και το ύψος κάθε μπάρας αντικατοπτρίζει τον αριθμό των δεδομένων σε αυτό το κουτί. Η εντολή `plt.hist(x)` δημιουργεί ιστογράμματα όπου μπορούν να προστεθούν επιπλέον χαρακτηριστικά όπως γραμμές μέσου όρου με εντολές όπως `plt.axvline(calculated_median,label=desired_label)` [46].
- **Διαγράμματα Διασποράς:** Τα διαγράμματα διασποράς χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση σχέσεων ή συσχετίσεων μεταξύ δύο αριθμητικών μεταβλητών, παρουσιάζοντας τα δεδομένα ως σημεία σε ένα δισδιάστατο επίπεδο. Η εντολή `plt.scatter(x,y)` χρησιμοποιείται για τη δημιουργία διαγραμμάτων διασποράς, με επιλογές προσαρμογής για το μέγεθος σημείων, το χρώμα και τους δείκτες[46].
- **Διαγράμματα Πίτας:** Κατάλληλα για την απεικόνιση μιας μοναδικής κατηγορικής μεταβλητής σε ποσοστά. Τα διαγράμματα πίτας αναπαριστούν τα δεδομένα ως τμήματα μίας κυκλικής πίτας. Η εντολή `plt.pie(x, labels=category_names, colors_list)` χρησιμοποιείται για τη δημιουργία διαγραμμάτων πίτας, με επιλογές για την επισήμανση συγκεκριμένων τμημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο `explode` και για την εμφάνιση ποσοστιαίων τιμών με το `autopct`[46].
- **Διαγράμματα Κουτιού (Box and Whisker Plots):** Αυτά τα διαγράμματα συνοψίζουν την κατανομή των αριθμητικών δεδομένων, παρουσιάζοντας τεταρτημόρια, ακραίες τιμές και πιθανές μονόπλευρες κατανομές. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την αναγνώριση ακραίων τιμών και τη σύγκριση κατανομών. Η εντολή `plt.boxplot(data)` δημιουργεί διαγράμματα κουτιού, με επιλογές προσαρμογής για την εμφάνιση του κουτιού και των ακραίων τιμών[46].
- **Θερμογραφήματα και Εμφάνιση Εικόνων:** Η συνάρτηση `plt.imshow()` χρησιμοποιείται για την εμφάνιση των δεδομένων μιας 2D εικόνας, την οπτικοποίηση πινάκων 2D ή την

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον προβολή εικόνων σε διάφορες μορφές. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία θερμογραφημάτων, τα οποία είναι αποτελεσματικά για την οπτικοποίηση πινάκων συσχέτισης, χρησιμοποιώντας μια χρωματική παλέτα για την γραφική παρουσίαση των σχέσεων[46].

4.6 InfluxDB και Grafana για Ανέβασμα και Παρακολούθηση Δεδομένων

4.6.1 Εισαγωγή στην InfluxDB για Ανέβασμα Δεδομένων

Τα τελευταία χρόνια, η InfluxDB έχει αναδειχθεί ως ένα βασικό στοιχείο στην αρχιτεκτονική δεδομένων IoT, καλύπτοντας τις απαιτήσεις για τη διαχείριση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων αισθητήρων και συσκευών.

Η σημασία βρίσκεται στα εξής χαρακτηριστικά:

Αποδεδειγμένη Ικανότητα: Η InfluxDB πρόκειται για μια εξειδικευμένη βάση δεδομένων χρονοσειρών που έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά της στη διαχείριση δεδομένων που παράγονται από μια πληθώρα συσκευών IoT. Μεγάλες επιχειρήσεις όπως η Siemens και η PTC έχουν ενσωματώσει το InfluxDB στον πυρήνα της IoT τους, τονίζοντας την αξιοπιστία της στη διαχείριση δεδομένων χρονοσειρών[47].

Επεκτασιμότητα και Ευελιξία: Το InfluxDB μπορεί να εισάγει μια ευρεία γκάμα μορφών δεδομένων, προσαρμόζοντας το στις ποικίλες απαιτήσεις της τηλεμετρίας IoT. Η επεκτασιμότητα της πλατφόρμας επιτρέπει την ένταξη μη πρότυπων μορφών[47].

Εμπεριστατωμένη Ανάλυση: Το InfluxDB ενισχύει τις μετρήσεις χρονοσειρών με μεταδεδομένα, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για τα δεδομένα που αναλύουμε ή αποθηκεύουμε[47].

4.6.2 Αρχιτεκτονική IoT : Μελέτη και Εφαρμογή

Κατά τον σχεδιασμό μιας αρχιτεκτονικής δεδομένων IoT με το InfluxDB, πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετοί παράγοντες:

Τύποι Δεδομένων και Αποφάσεις: Η κατανόηση του τύπου των δεδομένων IoT που συλλέγονται και των αποφάσεων που προκύπτουν από αυτά τα δεδομένα είναι κρίσιμη. Αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση παρελθοντικών επιδόσεων, την τρέχουσα λειτουργική κατάσταση και τις μελλοντικές προβλέψεις με βάση τα συσσωρευμένα δεδομένα[47].

Δεδομένα και Αποθήκευση: Είναι σημαντικό να διακρίνουμε μεταξύ δεδομένων που πρέπει να αποθηκευτούν σε μια βάση δεδομένων χρονοσειρών (όπως το InfluxDB) έναντι μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων. Δεδομένα που αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, όπως οι αναγνώσεις αισθητήρων, είναι ιδανικά για μια βάση δεδομένων χρονοσειρών ενώ στατικά δεδομένα όπως τα

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον μεταδεδομένα στοιχείων IoT είναι καλύτερα να αποθηκεύονται σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων[47].

Όγκοι Δεδομένων και Επεκτασιμότητα: Η εκτίμηση του αριθμού των αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθούν, η συχνότητα μετάδοσης των δεδομένων και ο όγκος των μετρήσεων IoT είναι ουσιώδης για τον προγραμματισμό της ικανότητας εισαγωγής σε μια βάση δεδομένων χρονοσειρών όπως το InfluxDB[47].

Υπάρχουσα Αρχιτεκτονική Δεδομένων και Απόδοση: Η ευθυγράμμιση του InfluxDB με τα υπάρχοντα συστήματα μετάδοσης και αποθήκευσης δεδομένων είναι ένα σημαντικό βήμα για τη διασφάλιση ένταξης και βελτιωμένης απόδοσης[47].

Απόκτηση Δεδομένων Τηλεμετρίας IoT: Οι ενισχυμένες δυνατότητες της InfluxDB, της επιτρέπουν να συνδέεται με μια ευρεία γκάμα υπάρχοντων αισθητήρων και συσκευών IoT, υποστηρίζοντας διάφορα πρωτόκολλα τηλεμετρίας IoT και πρωτόκολλα βασισμένα σε πρότυπα όπως το MQTT[47].

Τοπική Λειτουργία Δεδομένων Τηλεμετρίας IoT: Το InfluxDB OSS (λογισμικό ανοιχτού κώδικα) αποτελεί μια αποτελεσματική λύση για την αποθήκευση δεδομένων τηλεμετρίας IoT επιτόπου, παρέχοντας δεδομένα υψηλής ανάλυσης διαθέσιμα σε πραγματικό χρόνο χωρίς ανησυχίες απόδοσης δικτύου[47].

Ανάλυση Δεδομένων Τηλεμετρίας IoT: Η InfluxDB υποστηρίζει εκτεταμένη ανάλυση δεδομένων IoT, συμπεριλαμβανομένων των αναζητήσεων γεωχρονικών δεδομένων και αναλύσεων, που είναι σημαντικές για τη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων βάση των συλλεγόμενων δεδομένων IoT[47].

Καθορισμός Ροών Δεδομένων με το NiFi και MQTT: Η χρήση του NiFi και του MQTT σε συνδυασμό με την InfluxDB επιτρέπει τον καθορισμό και τη διαχείριση των ροών δεδομένων από συσκευές IoT, εξασφαλίζοντας αποτελεσματική επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων στην InfluxDB[48].

4.6.3 Το Grafana για Οπτικοποίηση και Παρακολούθηση Δεδομένων

Ο Ρόλος του Grafana στο IoT

Η σημασία του Grafana στο IoT βρίσκεται στις δυνατότητες απεικόνισης και ανάλυσης δεδομένων που προσφέρει, προσφέροντας σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση και τη συμπεριφορά των συσκευών IoT.

Συγκεκριμένα, προσφέρει:

- **Ανάλυση Δεδομένων:** Το λογισμικό της Grafana επιτρέπει την αποτελεσματική ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων IoT, με ένα εύχρηστο περιβάλλον και προηγμένες δυνατότητες αναζητήσεων για την αναγνώριση μοτίβων και τάσεων[49].

- **Παρακολούθηση Απόδοσης:** Επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, συνδεδεμένων συσκευών βοηθώντας στην γρήγορη αναγνώριση και επίλυση λειτουργικών ζητημάτων[49].
- **Εντοπισμός Προβλημάτων:** Το Grafana παρέχει λεπτομερείς μετρήσεις και καταγραφές, απλοποιώντας τη διαδικασία αναγνώρισης και αντιμετώπισης προβλημάτων[49].
- **Συλλογή Δεδομένων:** Μπορεί να συλλέγει και να παρακολουθεί δεδομένα από διάφορες πηγές IoT, αποθηκεύοντας τα για ανάλυση και απεικόνιση[49].

Βέλτιστες Πρακτικές και Μελέτες :

- **Σύστημα Ειδοποίησης:** Ένα σύστημα ειδοποίησης που έχει στηθεί με το Grafana στέλνει άμεσες ειδοποιήσεις στις ομάδες υποστήριξης για ζητήματα μέσω πλατφορμών επικοινωνίας όπως το Slack και το Telegram[49].
- **Παρακολούθηση Επιχειρηματικών Μετρικών:** Το Grafana μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απεικόνιση επιχειρηματικών μετρικών, παρέχοντας συγκεντρωτικά δεδομένα σε μια φιλική προς τον χρήστη μορφή[49].
- **Απεικόνιση Δεδομένων:** Το Grafana, ενσωματωμένο με την InfluxDB, προσφέρει εργαλεία ανάπτυξης πινάκων ελέγχου για την παρακολούθηση διαφόρων μετρήσεων όπως η θερμοκρασία και η υγρασία[49].
- **Ενσωμάτωση με Άλλα Εργαλεία:** Η συμβατότητα του Grafana με άλλα εργαλεία ενισχύει την ευελιξία και την λειτουργικότητα της[49].
- **Πηγή Έμπνευσης:** Το Grafana αποτελεί πρότυπο για υψηλής ποιότητας παρουσιάσεις δεδομένων, εμπνέοντας τους χρήστες στα έργα του IoT[49].

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Υλοποίηση του Συστήματος Παρακολούθησης

5.1 Ρύθμιση του Raspberry Pi

5.1.1 Αρχικές Απαιτήσεις και Συνδέσεις

Συγκέντρωση βασικών εξαρτημάτων

Πριν από την έναρξη της ρύθμισης του Raspberry Pi Model B για την παρακολούθηση του αστικού θορύβου, είναι σημαντικό να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα εξαρτήματα. Κάθε εξάρτημα έχει καθοριστικό ρόλο στη συνολική λειτουργικότητα του συστήματος.

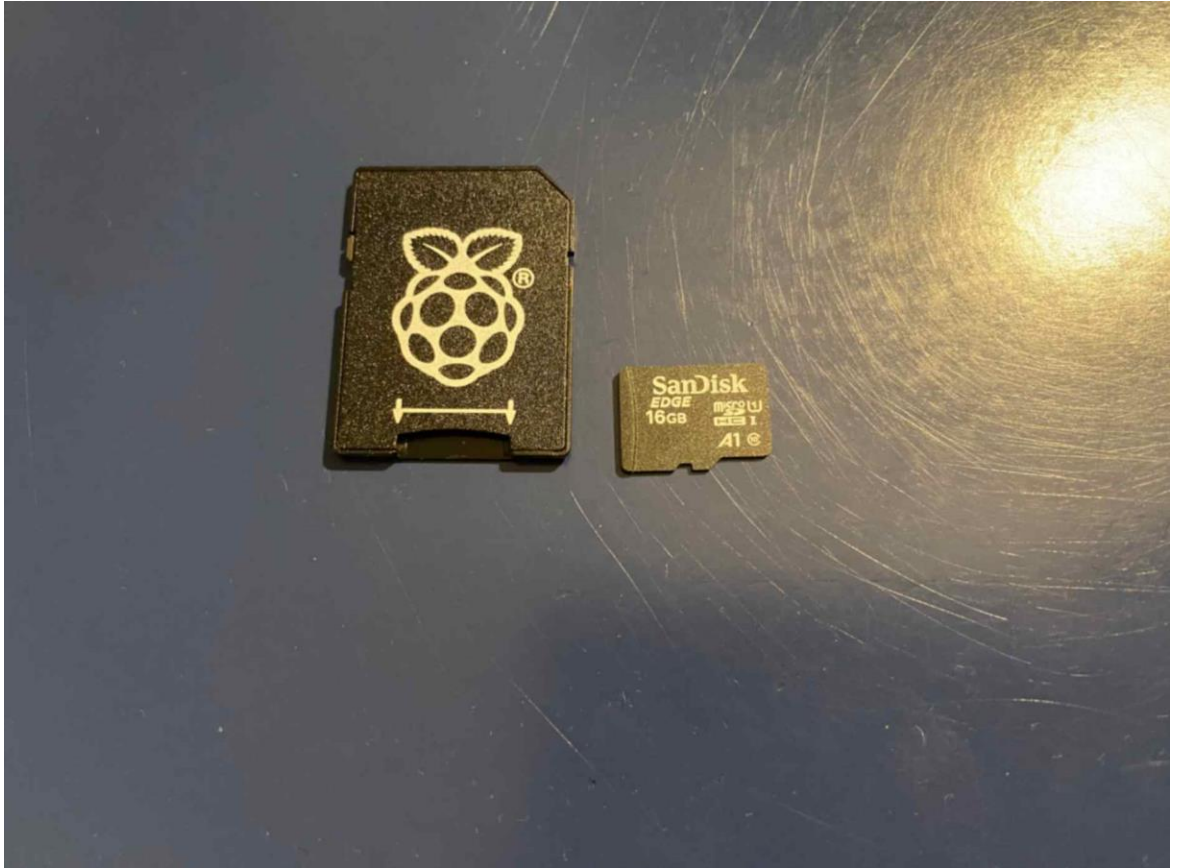
Τα βασικά εξαρτήματα είναι:

- **Raspberry Pi 4 Model B:** Η βασική υπολογιστική μονάδα του project [50].



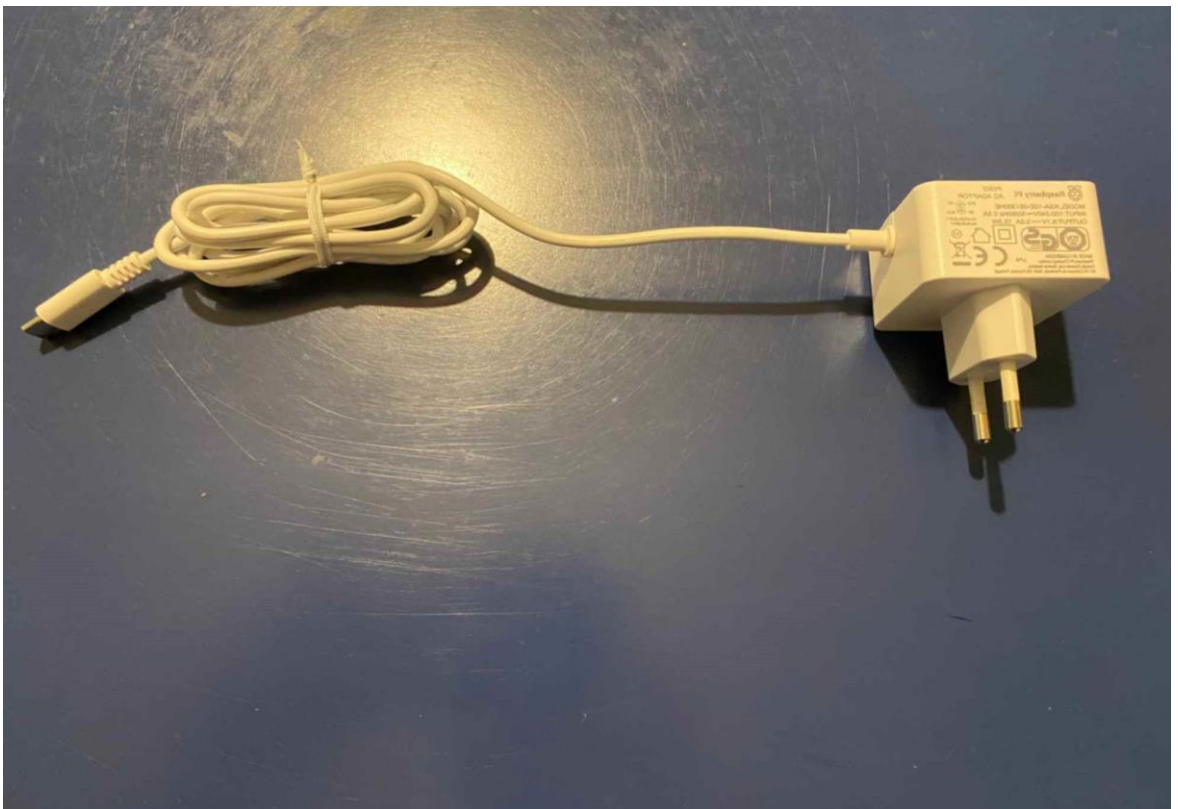
Εικόνα 5.1 Raspberry Pi 4 Model B

- **MicroSD Card:** Προτιμάται μια κάρτα υψηλής ταχύτητας με ελάχιστη χωρητικότητα τα 8GB για τη φιλοξενία του λειτουργικού συστήματος καθώς και ως αποθηκευτικό μέσο [50].



Εικόνα 5.2 Sd Card Adapter & Micro Sd Card

- **Καλώδιο Τροφοδοσίας:** Μια πηγή τροφοδοσίας USB Type-C, ικανή να παρέχει τουλάχιστον 15W ισχύος, για να εξασφαλιστεί επαρκής παροχή ενέργειας [50].



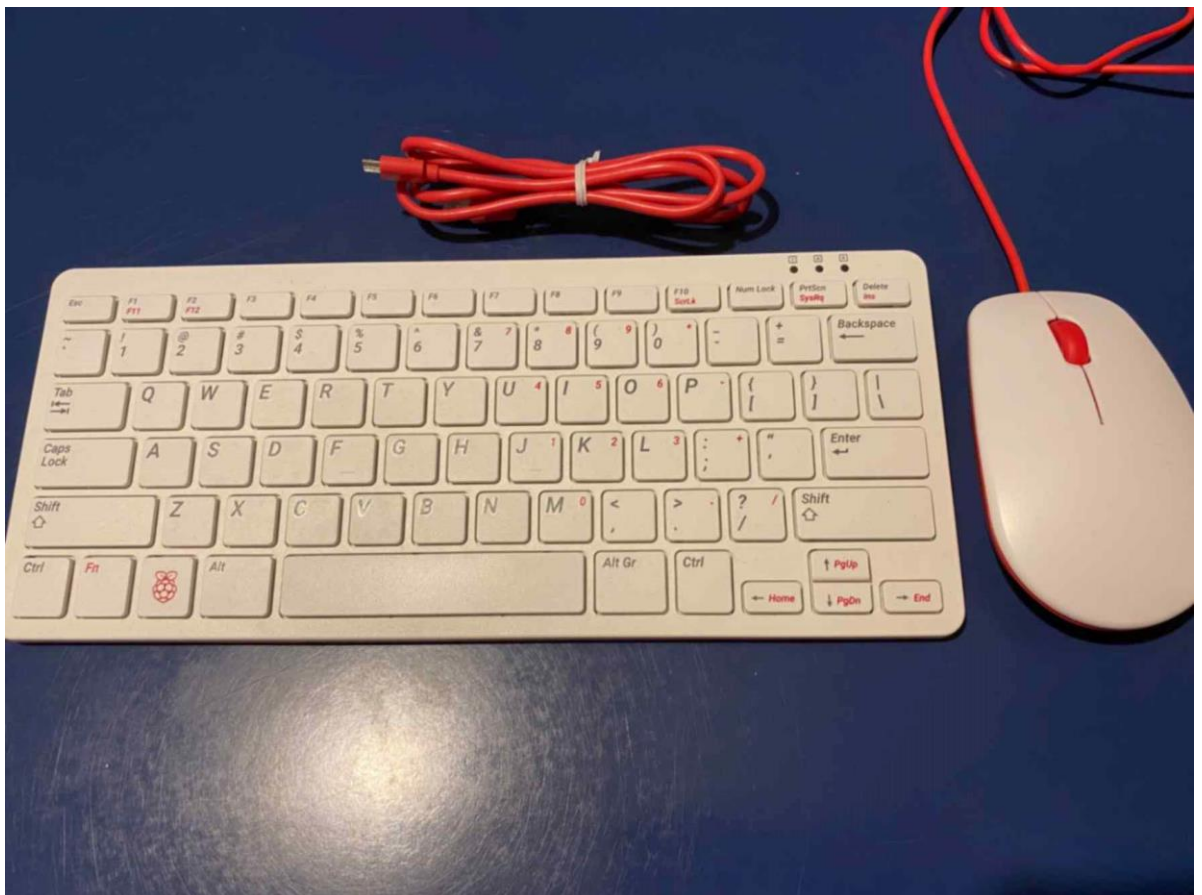
Εικόνα 5.3 Καλώδιο τροφοδοσίας για το Raspberry Pi

- **Καλώδιο Micro-HDMI το HDMI:** Για τη σύνδεση του Raspberry Pi με μια οθόνη συμβατή με HDMI [50].



Εικόνα 5.4 Καλώδιο HDMI

- **USB Πληκτρολόγιο και Ποντίκι:** Απαραίτητα για την αλληλεπίδραση με το Raspberry Pi κατά την διάρκεια του project καθώς και την αρχική ρύθμιση [50].



Εικόνα 5.5 Πληκτρολόγιο και ποντίκι για το Raspberry Pi

- **Οθόνη HDMI:** Μία οθόνη με υποδοχή HDMI για την προβολή της εξόδου του Raspberry Pi [50].



Εικόνα 5.6 Οθόνη DELL με καλώδιο HDMI

Οδηγίες Σύνδεσης:

- **Εισαγωγή της Κάρτας MicroSD:** Με το Raspberry Pi απενεργοποιημένο, εισάγουμε την κάρτα microSD στην υποδοχή κάτω από την πλακέτα [50].

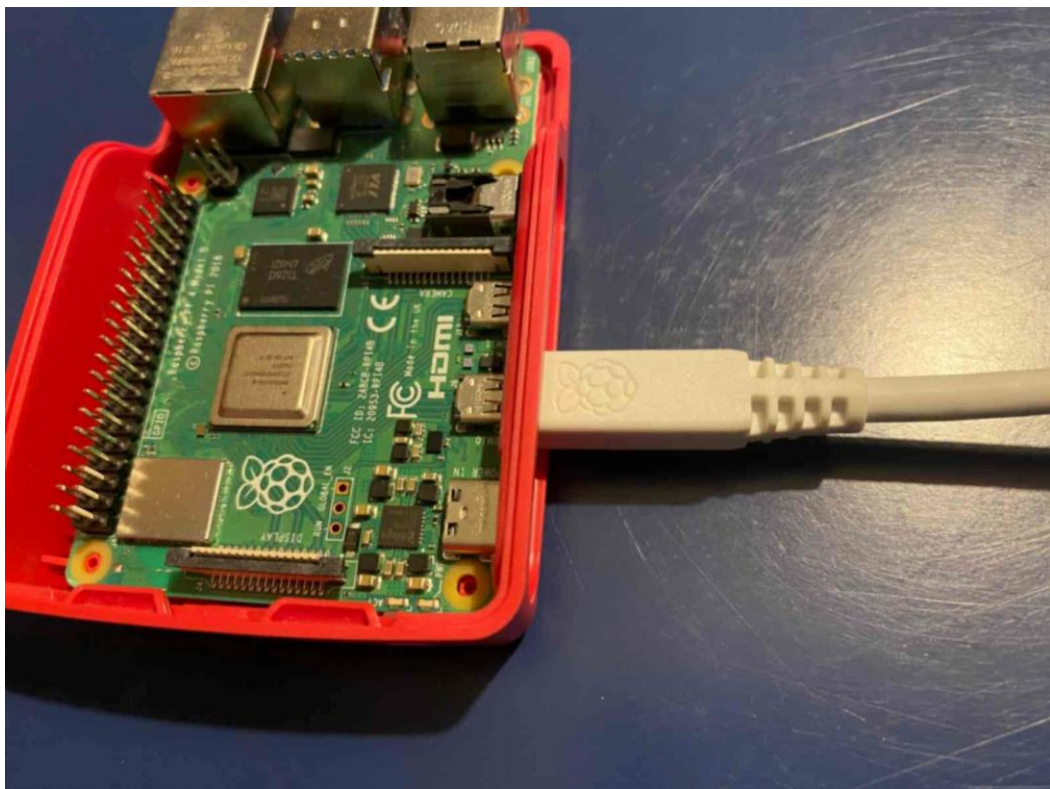


Εικόνα 5.7 Raspberry Pi με κάρτα microSD

- **Σύνδεση Οθόνης:** Χρησιμοποιούμε το καλώδιο micro-HDMI για να συνδέσουμε το Raspberry Pi με την οθόνη, προτιμώντας την υποδοχή micro-HDMI που είναι επισημασμένη ως HDMI 0, η οποία βρίσκεται πιο κοντά στην υποδοχή τροφοδοσίας [50].

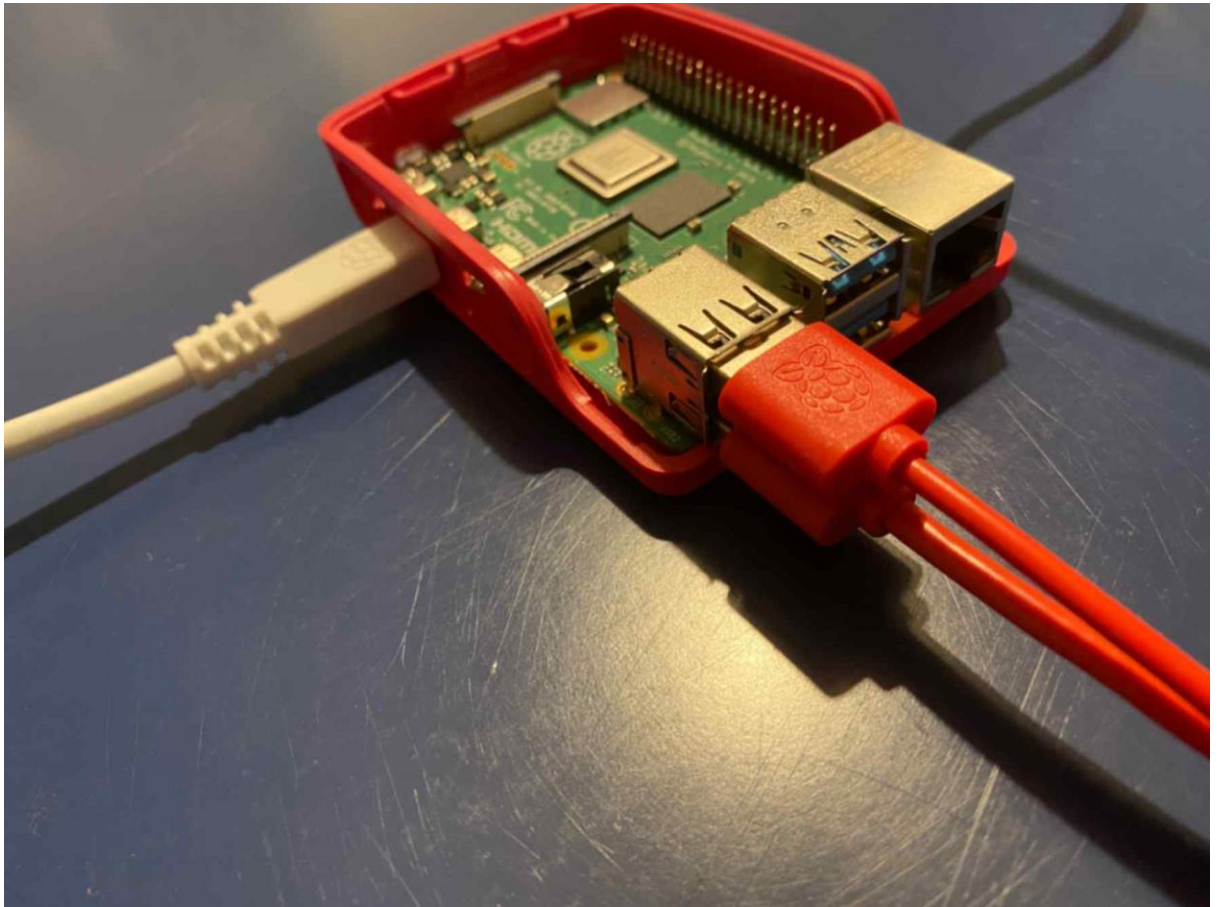


Εικόνα 5.8 Οθόνη με συνδεδεμένη την θύρα HDMI



Εικόνα 5.9 Raspberry Pi 4 με την θύρα HDMI συνδεδεμένη

- **Σύνδεση του Ποντικιού και του Πληκτρολογίου:** Συνδέουμε το USB ποντίκι και πληκτρολόγιο στις βασικές θύρες USB, αφήνοντας τις θύρες USB 3.0 (μπλε) ελεύθερες για συνδέσεις υψηλών ταχυτήτων [50].



Εικόνα 5.10 Raspberry Pi 4 με συνδεδεμένες τις θύρες των περιφερειακών

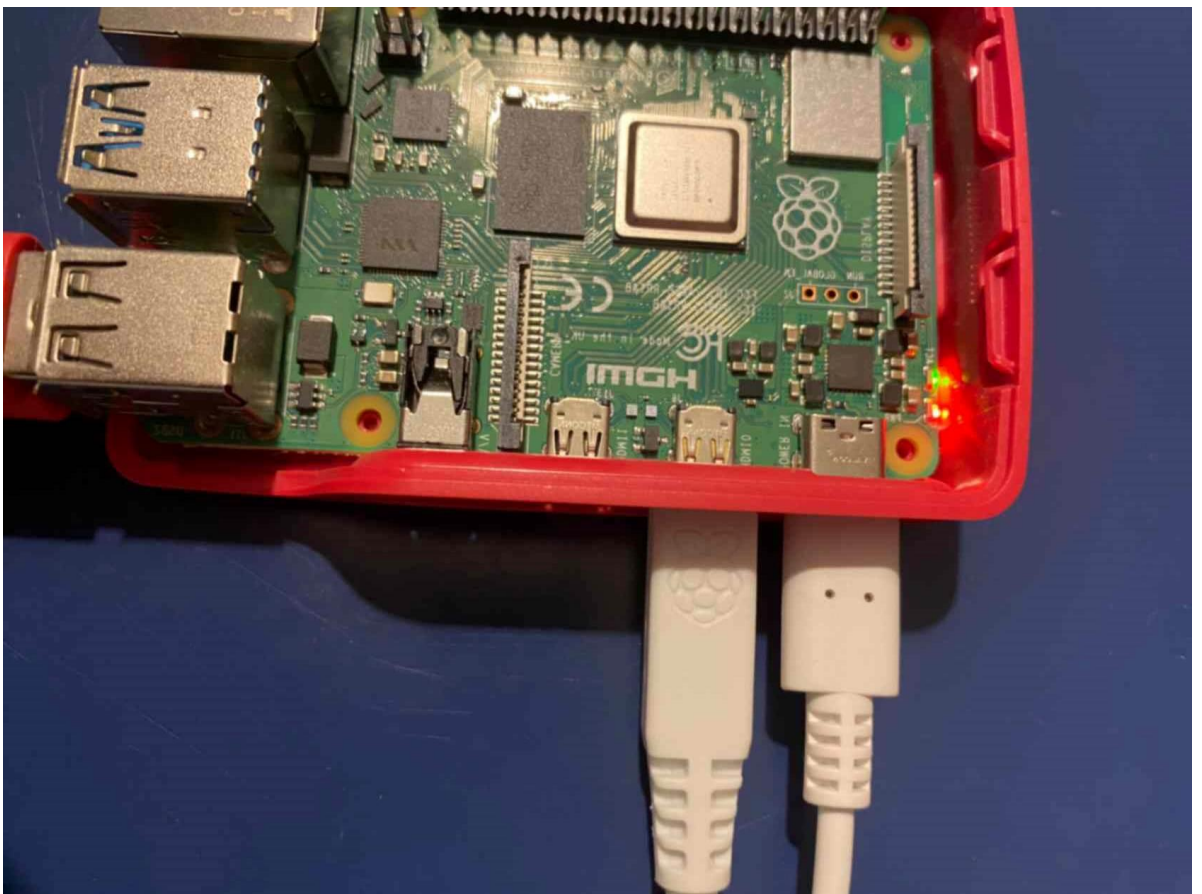
- **Σύνδεση Πηγής Τροφοδοσίας:** Συνδέουμε το Raspberry Pi σε μια πηγή τροφοδοσίας χρησιμοποιώντας το καλώδιο τροφοδοσίας. Κατά τη σύνδεση, τα ενσωματωμένα LED θα πρέπει να αρχίσουν να αναβοσβήνουν, σηματοδοτώντας την εκκίνηση της συσκευής [50].



Εικόνα 5.11 Raspberry Pi 4 με συνδεδεμένη την θύρα τροφοδοσίας



Εικόνα 5.12 Καλώδιο τροφοδοσίας συνδεδεμένο στην παροχή τροφοδοσίας



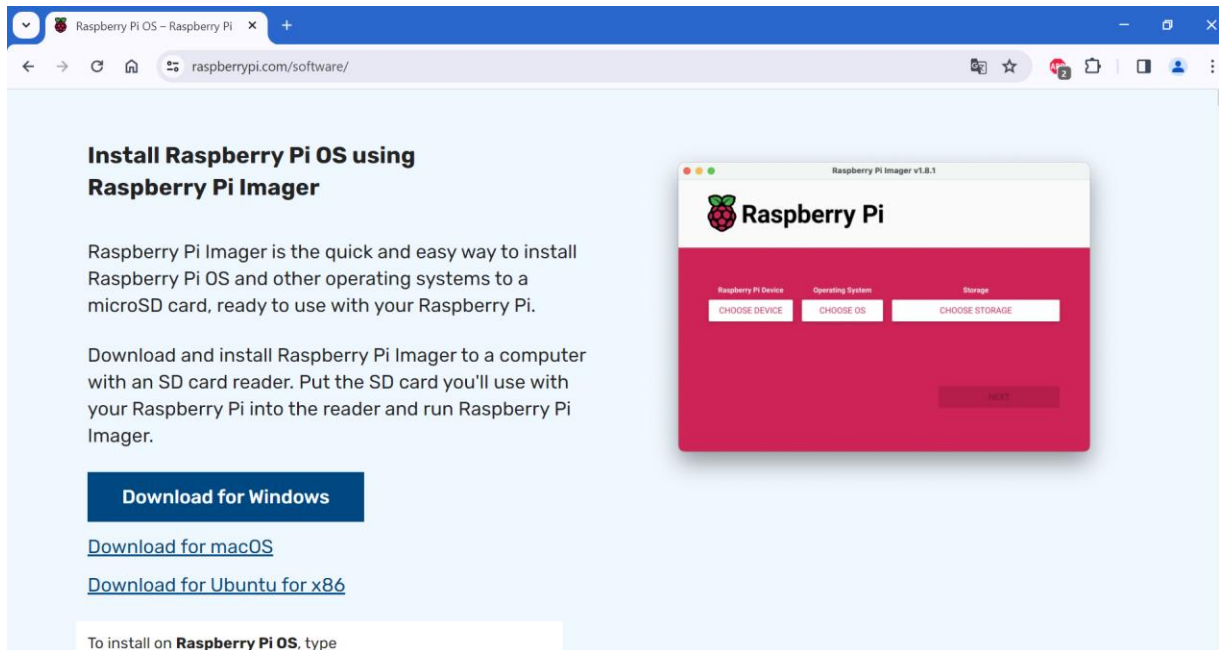
Εικόνα 5.13 Αναμένα LED που υποδεικνύουν την επιτυχή σύνδεση στην πηγή

5.1.2 Εγκατάσταση και Διαμόρφωση του Λειτουργικού Συστήματος

Εγκατάσταση του Λειτουργικού Συστήματος

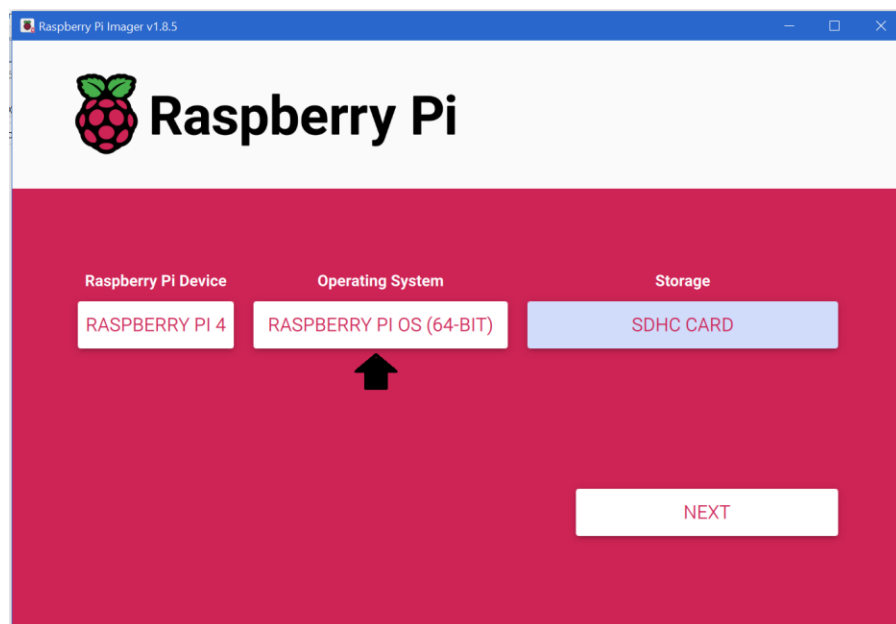
Βήματα για την Εγκατάσταση του Λειτουργικού Συστήματος:

1. Κατεβάζουμε και εγκαθιστούμε το εργαλείο Raspberry Pi Imager σε έναν υπολογιστή.



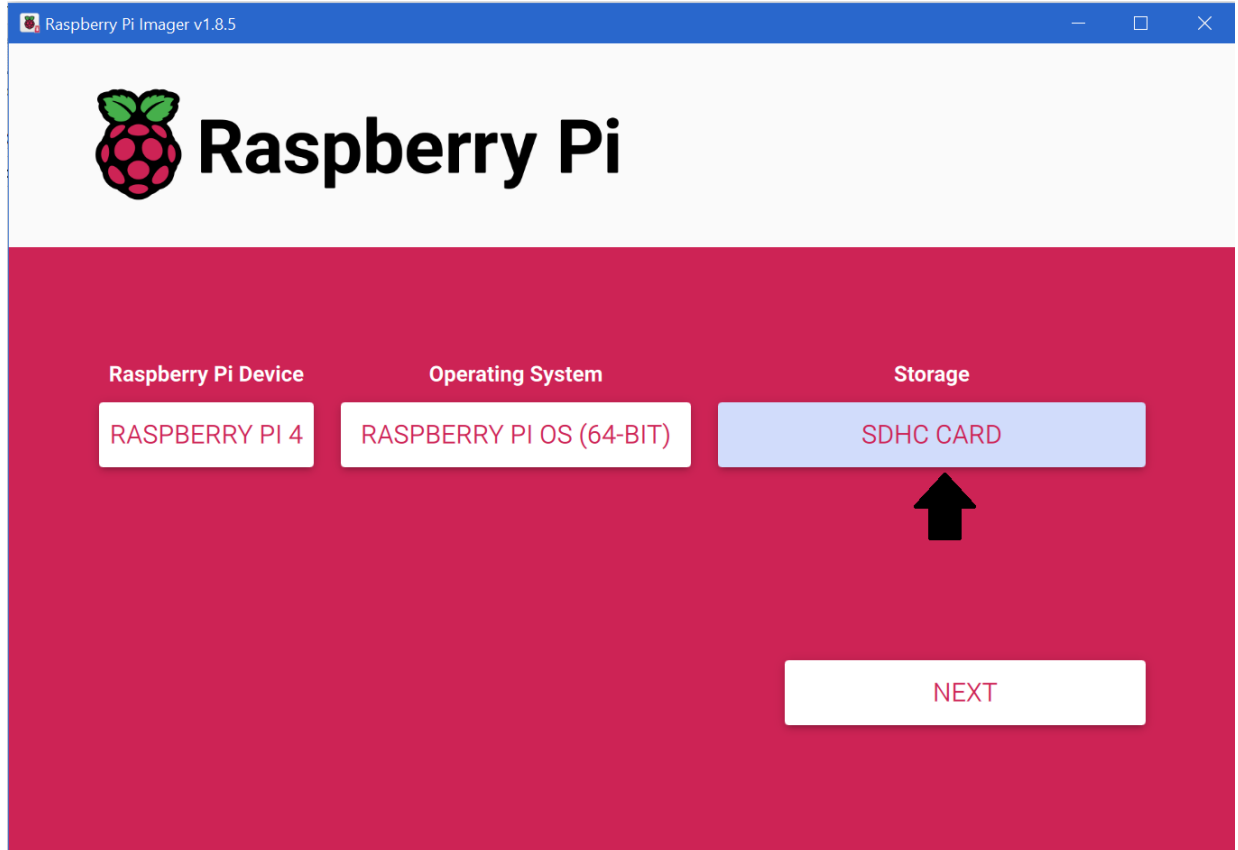
Εικόνα 5.14 Επίσημη σελίδα του Raspberry Pi

2. Ξεκινάμε το Raspberry Pi Imager και επιλέγουμε το λειτουργικό σύστημα που θέλουμε να εγκαταστήσουμε, για το παρών project το Raspberry Pi OS.



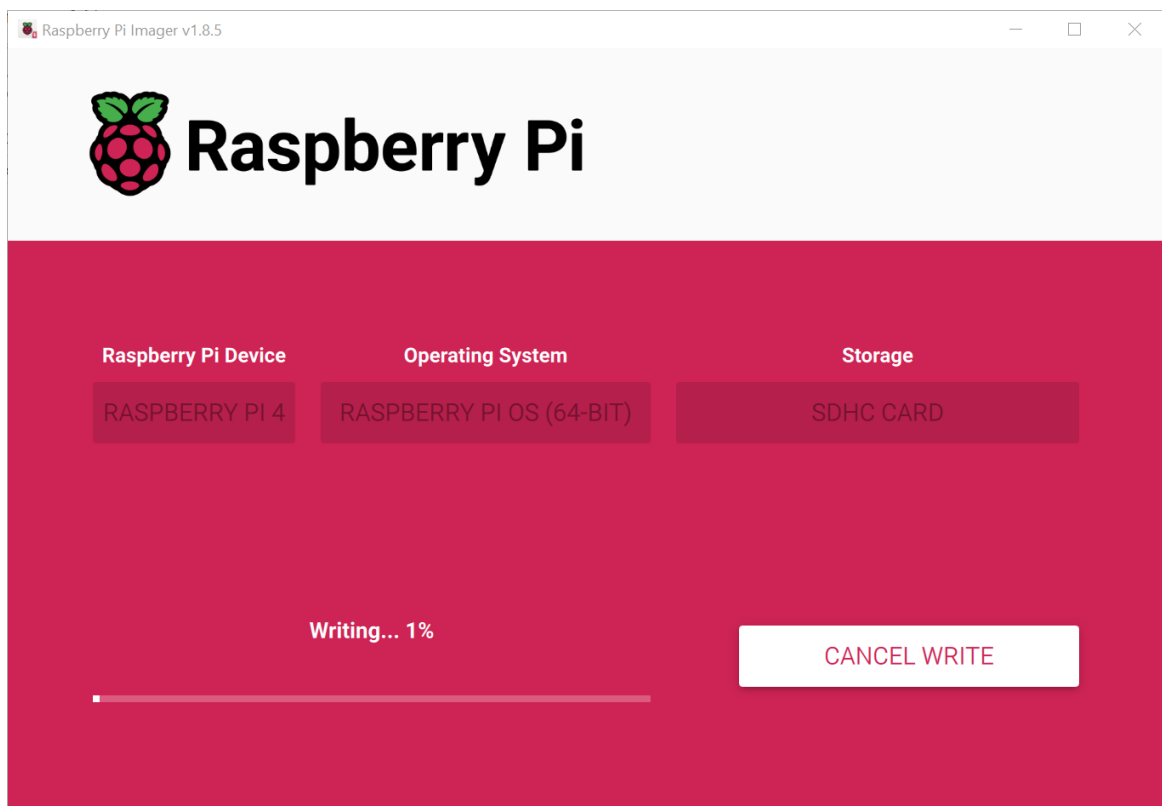
Εικόνα 5.15 Επιλογή του λειτουργικού συστήματος στο πρόγραμμα Imager

3. Εισάγουμε την κάρτα microSD στον υπολογιστή και την επιλεγουμε στο Raspberry Pi Imager ως το μέσο εγγραφής για το λειτουργικό σύστημα.



Εικόνα 5.16 Επιλογή της κάρτας SD στο πρόγραμμα Imager

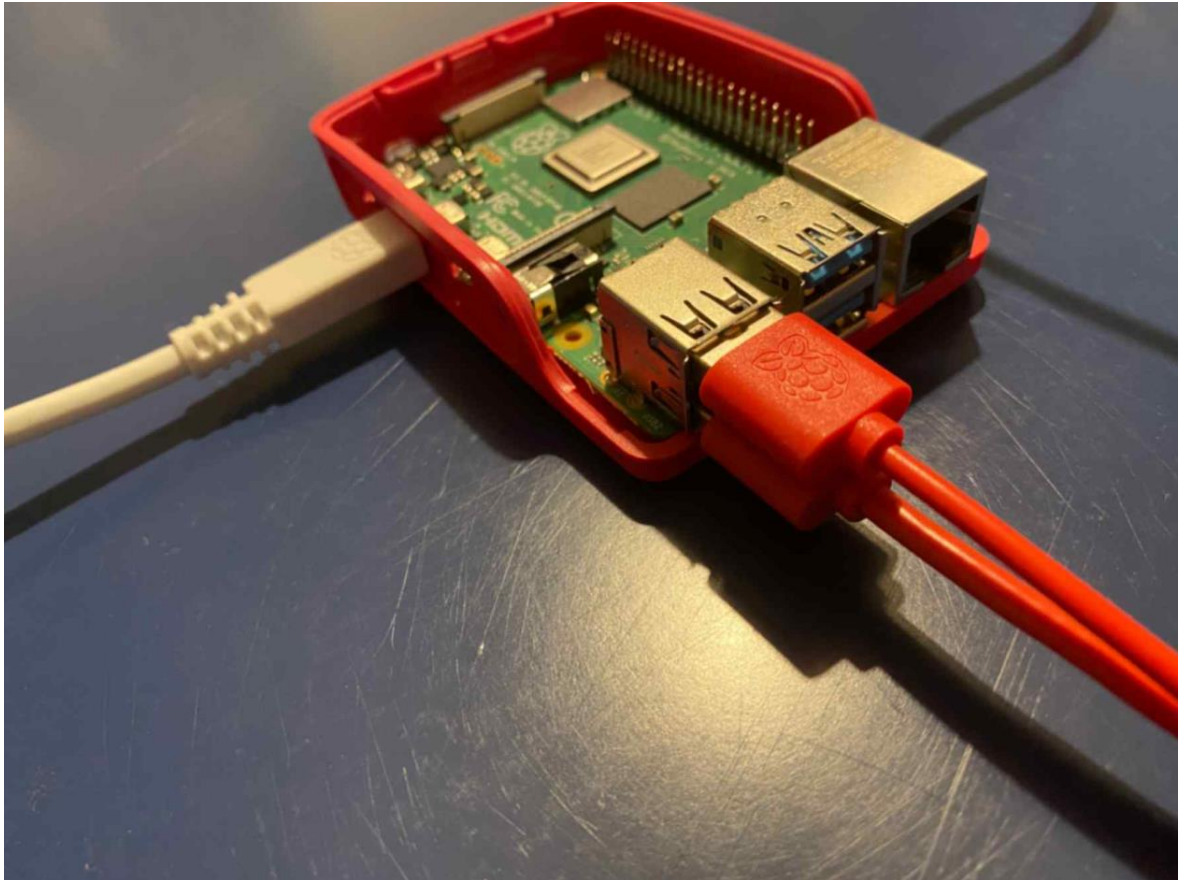
4. Ξεκινάμε την διαδικασία εγγραφής, κατά την οποία το λειτουργικό σύστημα εγγράφεται στην κάρτα microSD [51].



Εικόνα 5.17 Διαδικασία εγγραφής του λειτουργικού στο πρόγραμμα Imager

Εγκατάσταση του Εξοπλισμού:

1. Βεβαιωνόμαστε ότι όλες οι περιφερειακές συσκευές είναι συνδεδεμένες.



Εικόνα 5.18 Raspberry Pi με όλα τα περιφερειακά συνδεδεμένα

2. Εισάγουμε την κάρτα microSD που περιέχει το λειτουργικό σύστημα στην κατάλληλη υποδοχή.



Εικόνα 5.19 Raspberry Pi με την κάρτα microSD στην υποδοχή

3. Ενεργοποιούμε το Raspberry Pi συνδέοντας το στην πηγή τροφοδοσίας [51].



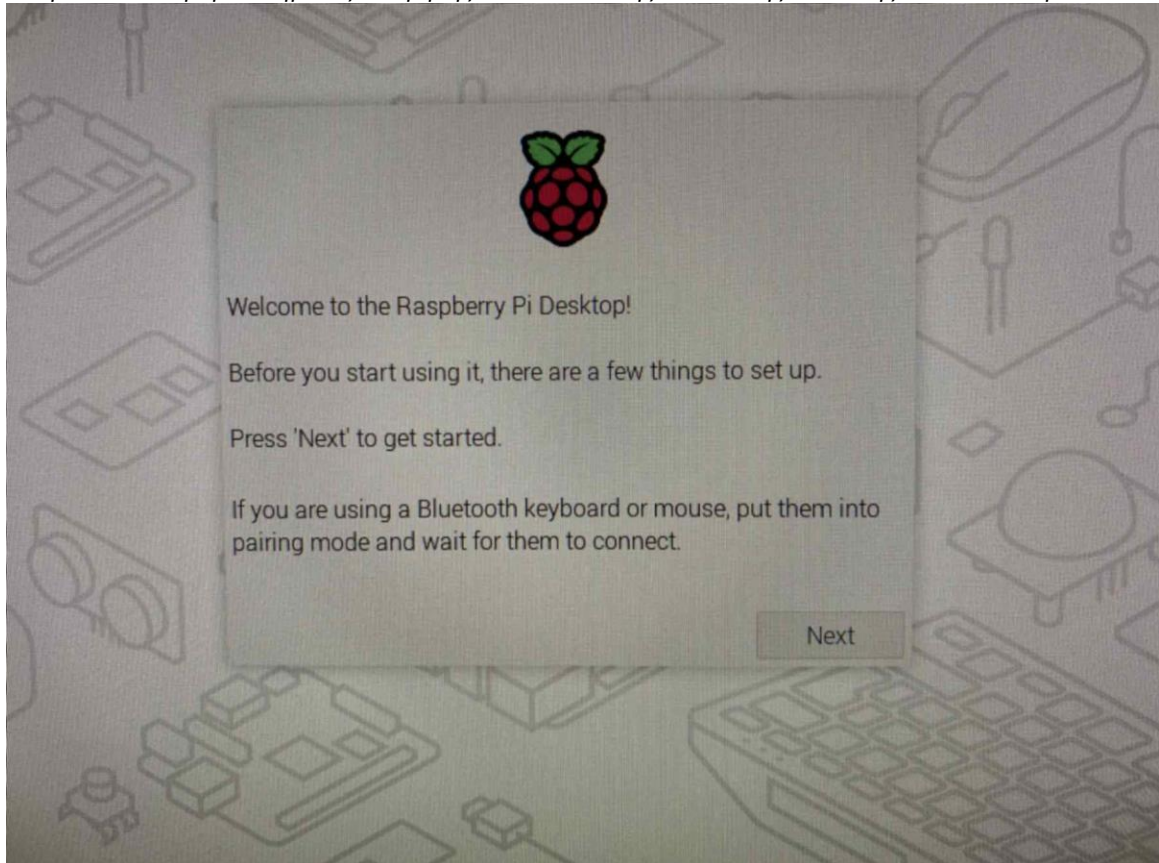
Εικόνα 5.20 Καλώδιο τροφοδοσίας συνδεδεμένο σε πηγή τροφοδοσίας

Πρώτη Εκκίνηση:

1. Το Raspberry Pi θα ξεκινήσει εμφανίζοντας το λογότυπο και το μενού εκκίνησης.

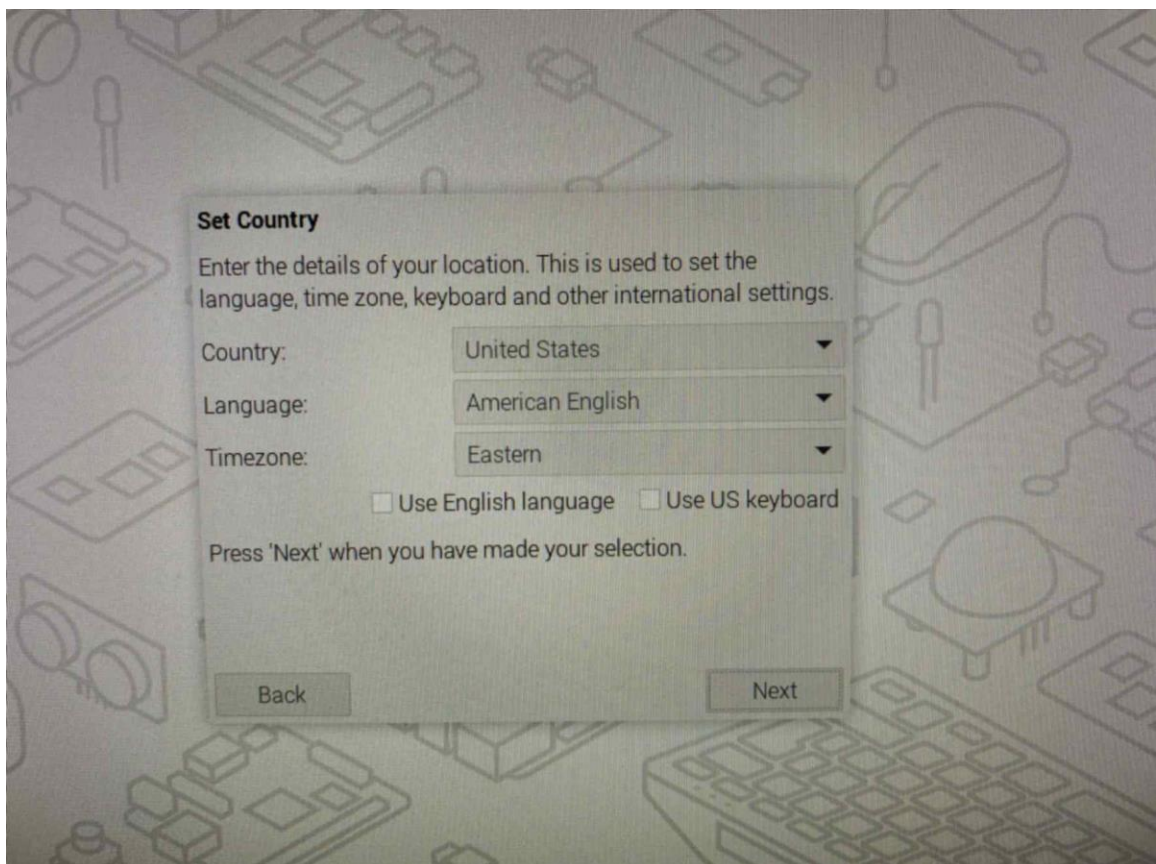


Εικόνα 5.21 Λογότυπο του Raspberry στην πρώτη εκκίνηση

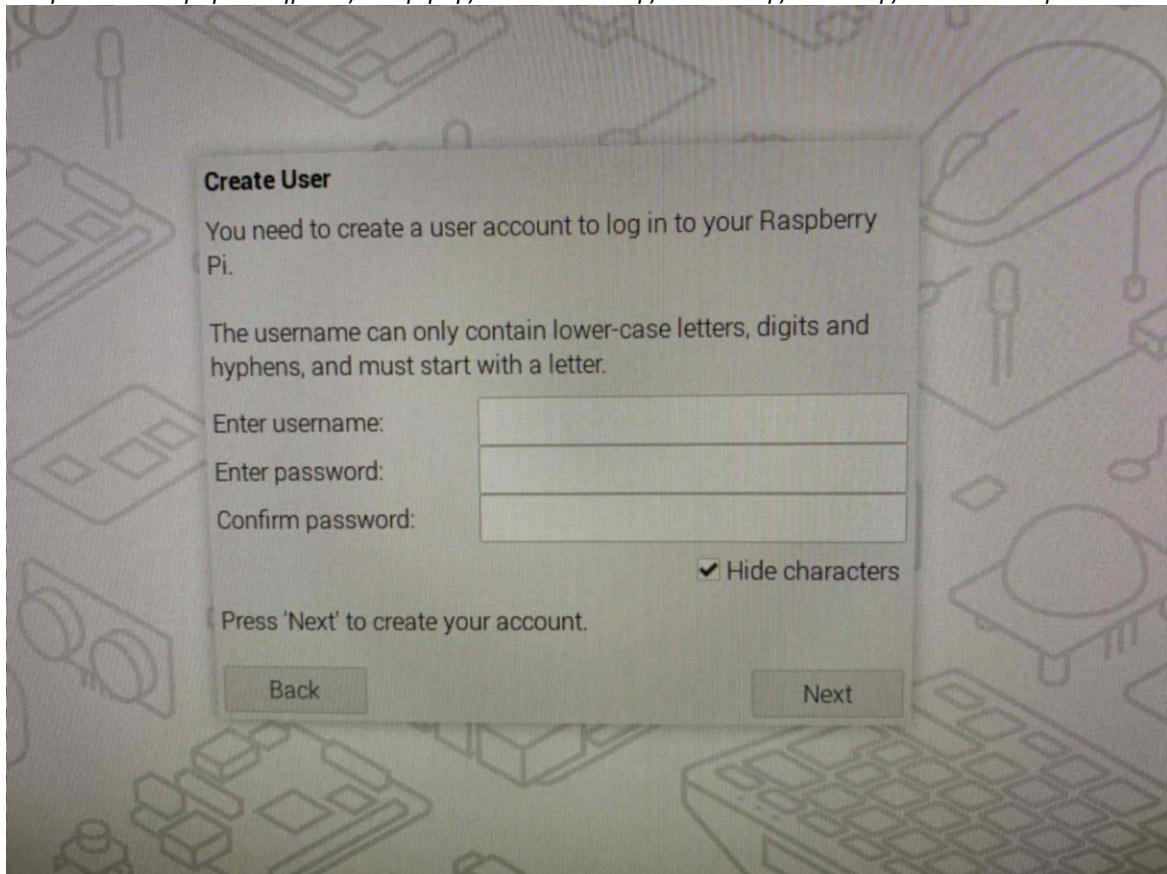


Εικόνα 5.22 Μενού του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση

2. Στη συνέχεια θα εμφανιστεί ένα μενού με βασικές ρυθμίσεις όπως η ρύθμιση γλώσσας, διάταξη πληκτρολογίου, όνομα χρήστη και κωδικού πρόσβασης.

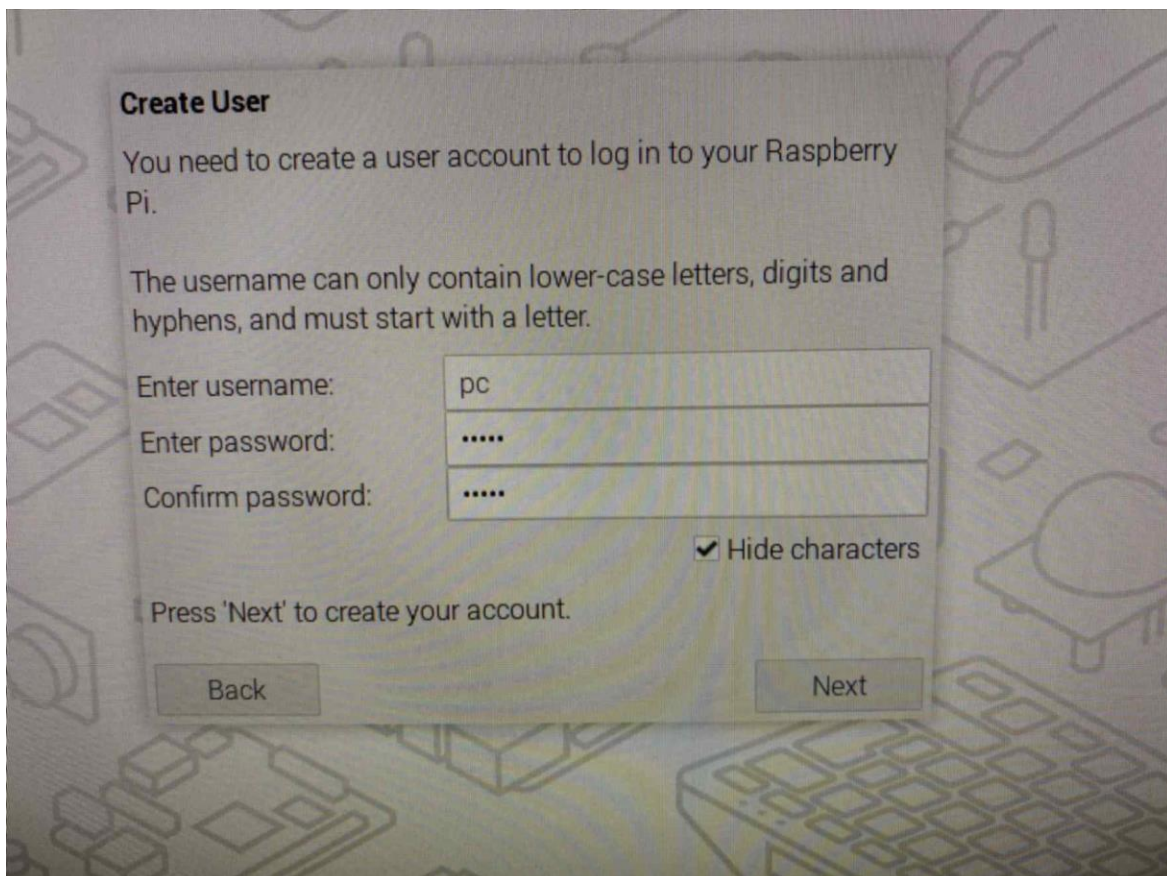


Εικόνα 5.23 Μενού ρύθμισης χώρας του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση

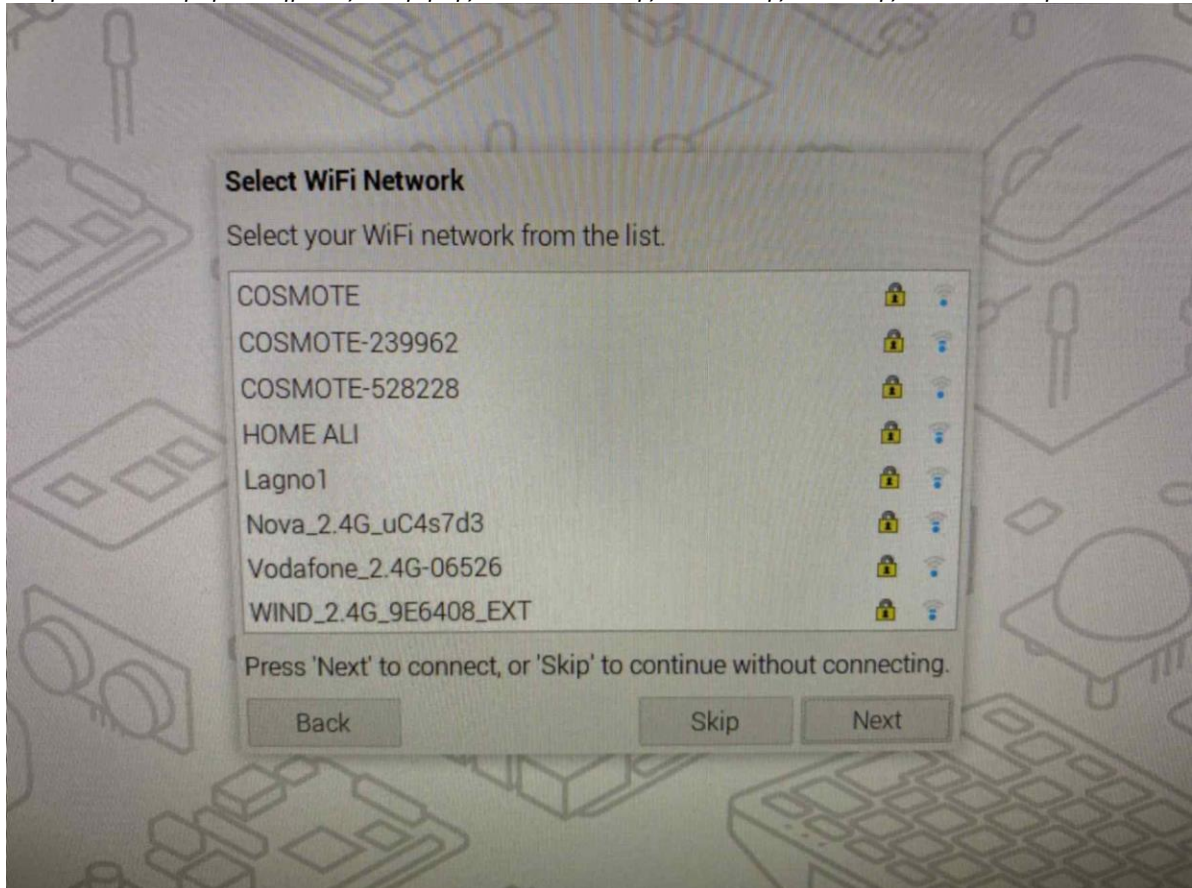


Εικόνα 5.24 Μενού ρύθμισης χρήστη του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση

3. Προχωράμε στην ρύθμιση του συστήματος, δημιουργώντας έναν ισχυρό κωδικό πρόσβασης, προσθέτοντας τις ρυθμίσεις δικτύου και ενημερώνοντας το σύστημα.



Εικόνα 5.25 Μενού ρύθμισης χρήστη του Raspberry κατά την πρώτη εκκίνηση συμπληρωμένο



Εικόνα 5.26 Μενού ρύθμισης δικτύου του Raspberry Pi κατά την πρώτη εκκίνηση

4. Τέλος, για να ολοκληρώσουμε την εγκατάσταση, εγκαθιστούμε απαραίτητες εφαρμογές που μπορεί να χρειαστούμε, όπως εργαλεία ανάπτυξης ή βιβλιοθήκες της Python [51].

5.1.3 Ολοκληρώνοντας την Ρύθμιση

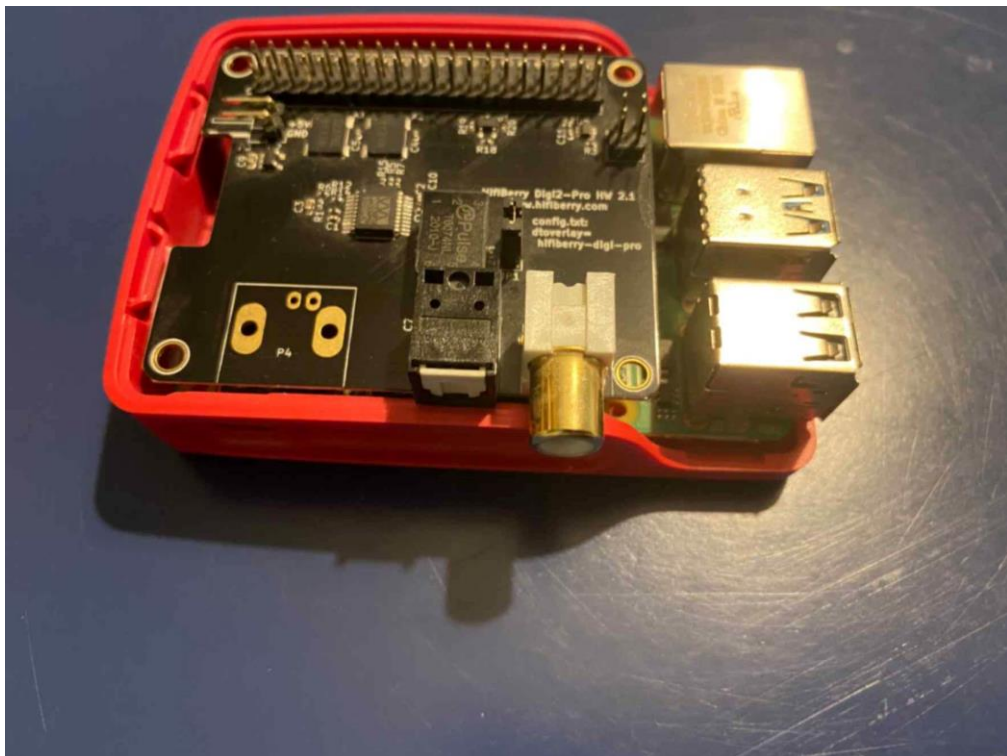
Επιπλέον ρυθμίσεις που μπορούμε να κάνουμε κατά την πρώτη εκκίνηση:

- **Ρυθμίσεις Bluetooth:** Για τη σύνδεση του Raspberry με περιφερειακά Bluetooth όπως πληκτρολόγια ή ποντίκια, είτε ενσωματωμένους είτε εξωτερικούς USB δέκτες Bluetooth [52].
- **Ρυθμίσεις Τοποθεσίας:** Ρύθμιση της χώρας, γλώσσας, ζώνη ώρας [52].
- **Ρύθμιση Wi-Fi:** Αν το Raspberry Pi χρειαστεί να συνδεθεί σε ένα δίκτυο Wi-Fi, τότε πρέπει να επιλέξουμε το δίκτυο μας και να εισάγουμε τον απαιτούμενο κωδικό πρόσβασης [52].
- **Επιλογή Περιηγητή:** Επιλέγουμε έναν περιηγητή όπως ο Firefox ή ο Chromium ως προεπιλεγμένο περιηγητή ίντερνετ [52].
- **Επανεκκίνηση και Εφαρμογή Ρυθμίσεων:** Στο τέλος της ρύθμισης, απαιτείται μια επανεκκίνηση για να εφαρμοστούν όλες οι αλλαγές [52].

5.2.1 Ρυθμίζοντας την Κάρτα Ήχου HiFi Berry Digi-2 Pro

Εγκατάσταση Υλικού

Η κάρτα HiFiBerry Digi2 Pro πρόκειται για μια εξειδικευμένη κάρτα ήχου σχεδιασμένη για το Raspberry Pi, κυρίως για αναπαραγωγή ήχου υψηλής ποιότητας. Αυτή η συσκευή είναι συμβατή με τα μοντέλα Raspberry Pi που διαθέτουν 40-GPIO pin. Το βασικό πλεονέκτημα της κάρτας HiFiBerry Digi2 Pro είναι η ευκολία εγκατάστασης. Συνδέεται απευθείας στο Raspberry Pi χωρίς την ανάγκη για επιπλέον καλώδια ή συγκόλληση [53][54].



Εικόνα 5.27 Raspberry Pi με την κάρτα HiFi Berry τοποθετημένη

Διαμόρφωση Λογισμικού

Η κάρτα HiFiBerry Digi2 Pro είναι συμβατή με τα περισσότερα γνωστά προγράμματα αναπαραγωγής μουσικής και κέντρων πολυμέσων του Raspberry Pi. Κάποιες διανομές θα ανιχνεύσουν αυτόματα την κάρτα, ενώ άλλες μπορεί να απαιτούν επιπλέον ρύθμιση. Το overlay για το config.txt πρέπει να οριστεί ως dtoverlay=hifiberry-digi-pro για να εξασφαλιστεί η σωστή ρύθμιση της κάρτας ήχου [54].

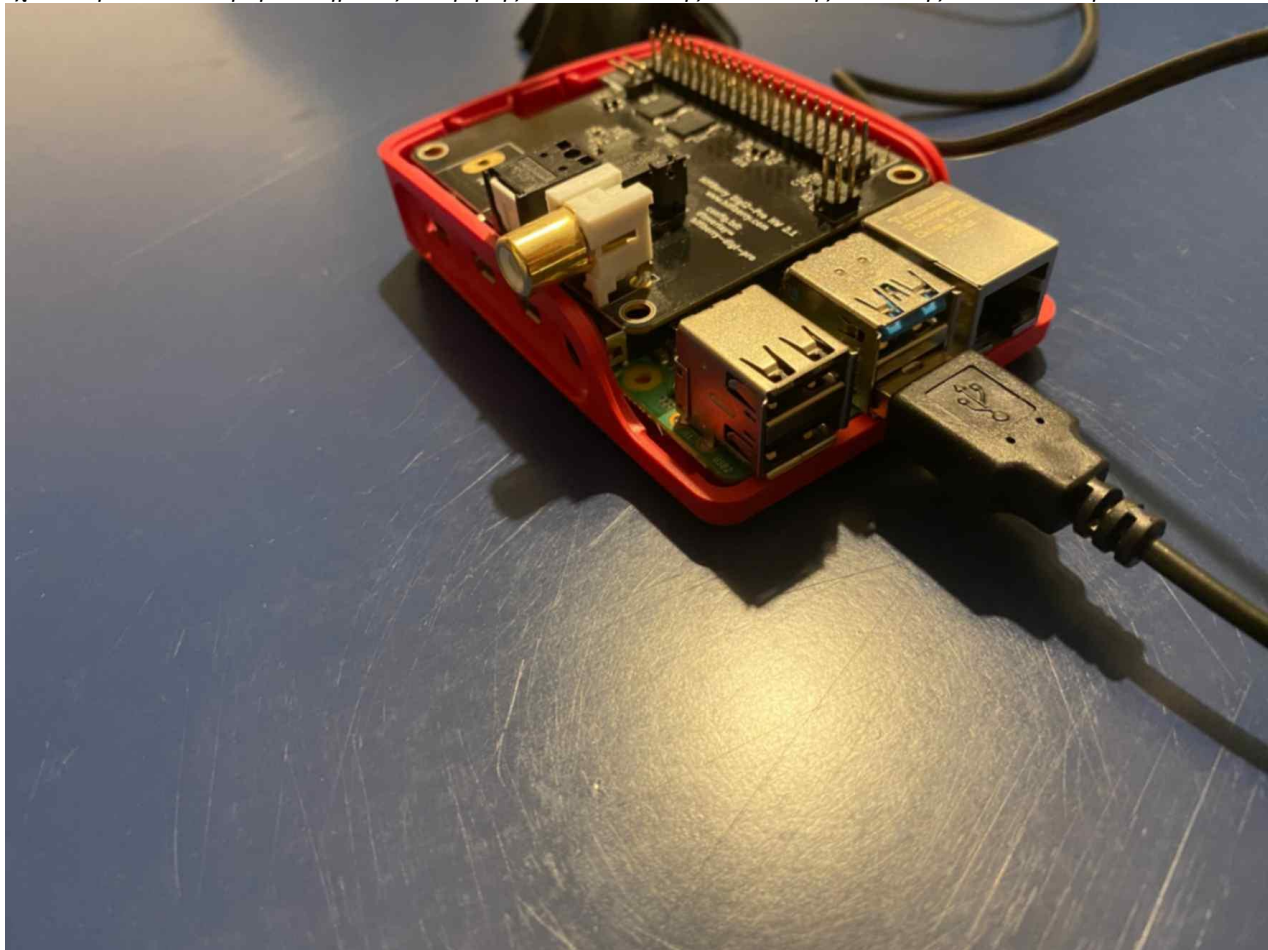
5.2.2 Ρυθμίζοντας το Μικρόφωνο USB για το Raspberry Pi

Ρύθμιση Υλικού

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
Τα μικρόφωνα USB, όπως το USB μικρόφωνο για το Raspberry Pi που θα χρησιμοποιήσουμε, προσφέρουν μια πολύ απλή διαδικασία ρύθμισης. Αυτά τα μικρόφωνα έχουν πλεονέκτημα λόγω της φύσης του plug and play, καθιστώντας τα εύκολα στην χρήση με το Raspberry Pi. Το λειτουργικό σύστημα Raspbian, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως στο Raspberry Pi, ανιχνεύει αυτόματα το μικρόφωνο μόλις συνδεθεί [55][56].



Εικόνα 5.28 Μικρόφωνο USB για το Raspberry Pi 4



Εικόνα 5.29 Raspberry Pi με το μικρόφωνο USB συνδεδεμένο

Διαμόρφωση Λογισμικού

- **Ενημέρωση του Συστήματος:** Πριν από τη διαμόρφωση του μικροφώνου, είναι σημαντικό να ενημερωθεί το λειτουργικό σύστημα του Raspberry Pi. Αυτό διασφαλίζει ότι οι οδηγοί και το λογισμικό είναι ενημερωμένα. Η ενημέρωση μπορεί να εκτελεστεί χρησιμοποιώντας τις εντολές `sudo apt update` και `sudo apt upgrade` [56].
- **Αναγνώριση του Μικροφώνου:** Για να διαμορφωθεί σωστά το μικρόφωνο, πρέπει να αναγνωρίσουμε τους αριθμούς της συσκευής χρησιμοποιώντας τον οδηγό `Alsa`. Αυτό επιτυγχάνεται εκτελώντας την εντολή `arecord -l`, η οποία καταγράφει όλες τις διαθέσιμες συσκευές εγγραφής και τους αντίστοιχους αριθμούς κάρτας και συσκευής [56].
- **Τροποποίηση του Αρχείου `.asoundrc`:** Ανάλογα με το μικρόφωνο και το σύστημα, μπορεί να είναι χρειαστεί να τροποποιήσουμε το αρχείο `.asoundrc`. Αυτό το αρχείο βοηθά τον οδηγό ήχου `Alsa` να κατανοήσει ποια συσκευή πρέπει να χρησιμοποιήσει για την καταγραφή ήχου. Το αρχείο διαμόρφωσης πρέπει να δημιουργηθεί ή να τροποποιηθεί για να προσδιοριστεί το μικρόφωνο χρησιμοποιώντας τους αριθμούς κάρτας και συσκευής [56].

5.3 Εγκατάσταση του Απαραίτητου Λογισμικού

Προτού ξεκινήσουμε την εκτέλεση του κώδικα, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η γλώσσα Python είναι εγκατεστημένη στο σύστημα μας και βρίσκεται στην κατάλληλη έκδοση, καθώς επίσης και να εγκαταστήσουμε τις βιβλιοθήκες της Python που θα χρειαστούμε σε αυτό το project.

5.3.1 Διαδικασία Εγκατάστασης των Απαραίτητων Βιβλιοθηκών της Python

Ξεκινάμε ελέγχοντας αν η Python είναι εγκατεστημένη στο σύστημα μας. Στις περισσότερες συσκευές Raspberry Pi, η Python είναι προεγκατεστημένη.

Εγκατάσταση και Ενημέρωση της Γλώσσας Python:

1. Ανοίγουμε την γραμμή εντολών και πληκτρολογούμε την παρακάτω εντολή.

```
pc@raspberrypi:~ $ python3 --version
```



Εικόνα 5.30 Εντολή ελέγχου της έκδοσης της γλώσσας Python

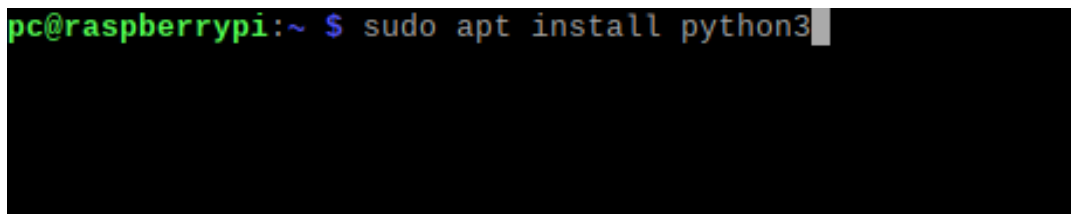
2. Εάν η Python δεν είναι εγκατεστημένη ή είναι σε παλαιότερη έκδοση, τρέχουμε τις παρακάτω εντολές.

```
pc@raspberrypi:~ $ sudo apt update
```



Εικόνα 5.31 Εντολή αναβάθμισης των πακέτων του συστήματος

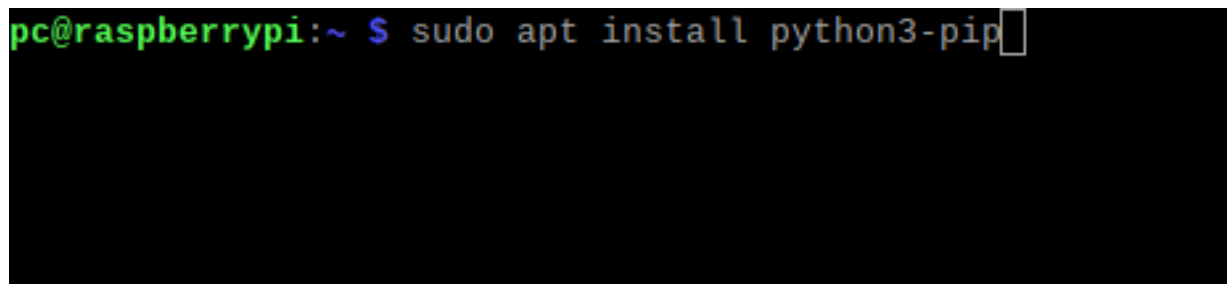
```
pc@raspberrypi:~ $ sudo apt install python3
```



Εικόνα 5.32 Εντολή εγκατάστασης της έκδοσης τρία της γλώσσας Python

Στη συνέχεια εγκαθιστούμε το πρόγραμμα εγκατάστασης πακέτων της Python εφόσον δεν είναι ήδη εγκατεστημένο, με την παρακάτω εντολή:

```
pc@raspberrypi:~ $ sudo apt install python3-pip
```



Εγκατάσταση των Βιβλιοθηκών της Python για το παρών project

Η εγκατάσταση των βιβλιοθηκών πραγματοποιείται με την εκτέλεση της παρακάτω εντολής:

```
pc@raspberrypi:~ $ pip3 install pyaudio scipy numpy matplotlib influxdb
```

Εικόνα 5.34 Εντολή εγκατάστασης των βιβλιοθηκών του project

5.3.2 Έλεγχος της Εγκατάστασης του Λογισμικού

Αφού εγκαταστήσουμε την γλώσσα Python και τις απαραίτητες βιβλιοθήκες της, μπορούμε να επαληθεύσουμε την σωστή εγκατάσταση του παραπάνω λογισμικού χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εντολές. Εφόσον δεν εμφανιστεί πρόβλημα με την εκτέλεση των εντολών, σημαίνει ότι η εγκατάσταση ολοκληρώθηκε με επιτυχία.

```
pc@raspberrypi:~ $ python3
Python 3.9.2 (default, Mar 12 2021, 04:06:34)
[GCC 10.2.1 20210110] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import pyaudio
>>> import scipy
>>> import numpy
>>> import matplotlib
>>> import influxdb
```

Εικόνα 5.35 Εντολές ελέγχου της επιτυχής εγκατάστασης των βιβλιοθηκών της Python

5.4 Εκτέλεση του Προγράμματος της Εργασίας

Εκτέλεση του Κώδικα

- Ξεκινάμε την εκτέλεση εκτελώντας το αρχείο `urban_monitoring.py` από την γραμμή εντολών με χρήση της `python3`.

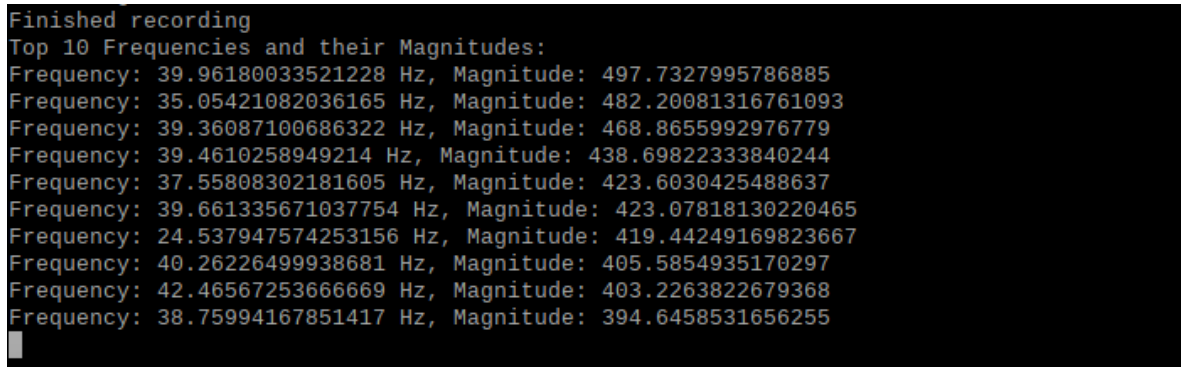
```
pc@raspberrypi:~/Desktop $ python3 urban_monitoring.py
```

- Το πρόγραμμα θα ξεκινήσει την καταγραφή ήχου, εμφανίζοντας στην οθόνη το *Recording....*
Η καταγραφή ήχου θα διαρκέσει 10 δευτερόλεπτα.



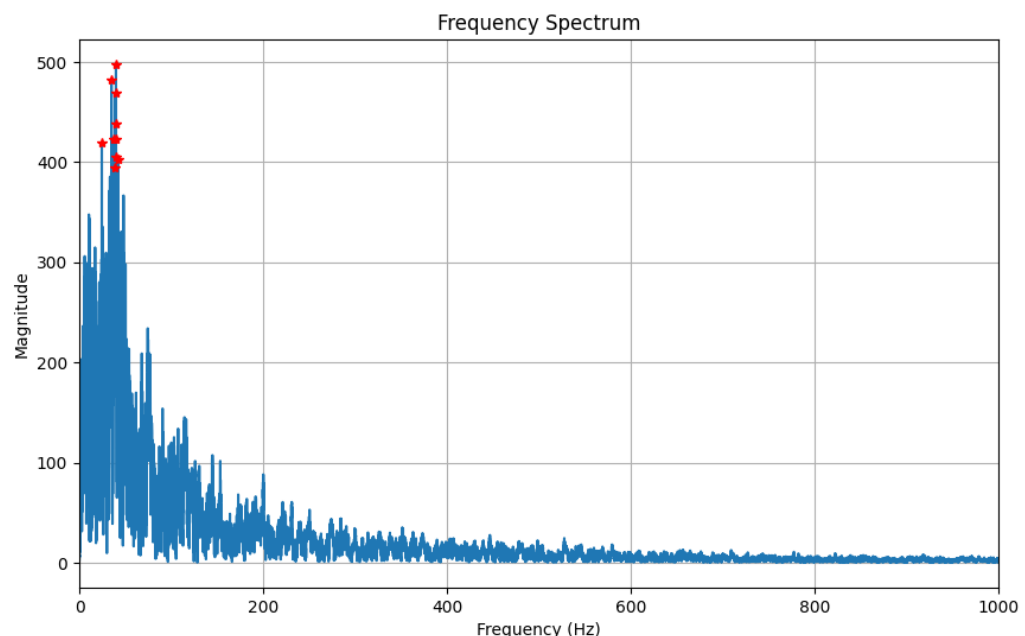
Εικόνα 5.37 Έναρξη της καταγραφής ήχου

- Αφού ολοκληρωθεί η καταγραφή, θα εμφανιστούν στην οθόνη οι 10 μεγαλύτερες συχνότητες με τα μεγέθη τους και παράλληλα θα αποθηκευτεί το ηχογραφημένο αρχείο σε μορφή .wav για μελλοντική αναφορά.



Εικόνα 5.38 Εμφάνιση των καταγεγραμμένων δεδομένων στην οθόνη

- Έπειτα, θα εμφανιστεί το διάγραμμα του φάσματος συχνοτήτων το οποίο δίνει μια οπτική αναπαράσταση των δεδομένων που καταγράψαμε.

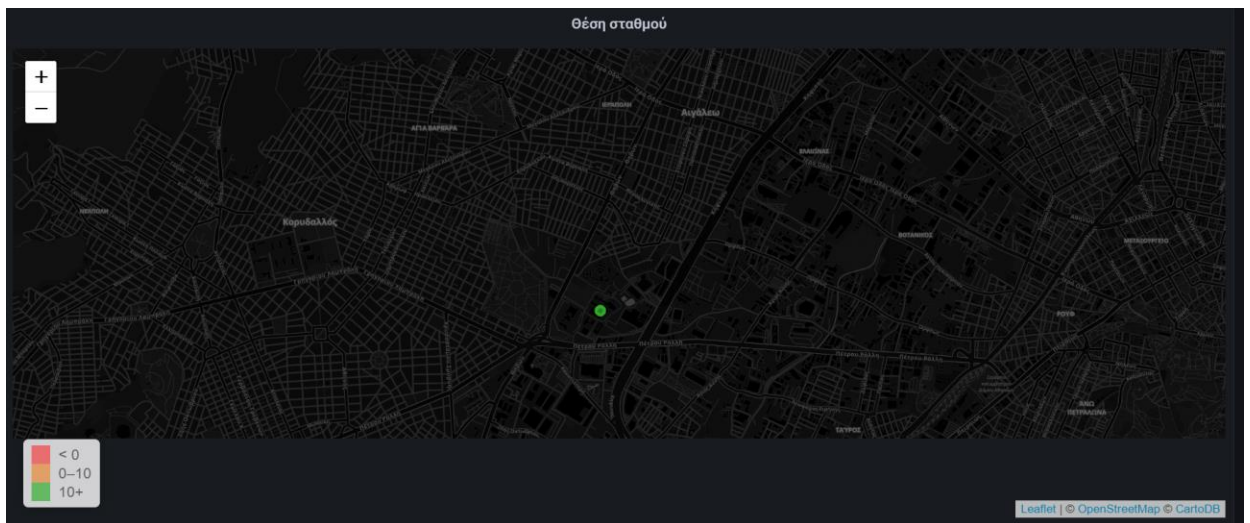


Εικόνα 5.39 Διάγραμμα του φάσματος συχνοτήτων

- Τέλος, το πρόγραμμα θα στείλει τα δεδομένα στο Grafana εμφανίζοντας στην οθόνη το *Data Uploaded Successfully* για να επιβεβαιώσει την επιτυχή ολοκλήρωση του upload. Παράλληλα, ο κώδικας θα αποθηκεύσει σε ένα αρχείο txt τις λεπτομέρειες της



Εικόνα 5.43 Πίνακας μεγεθών των συχνοτήτων



Εικόνα 5.44 Εμφάνιση της τοποθεσίας του σταθμού στον χάρτη

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Προκλήσεις και Μελλοντικές Βελτιώσεις

6.1 Προκλήσεις και Περιορισμοί

Η παρακολούθηση θορύβου στις αστικές περιοχές χρησιμοποιώντας το Raspberry Pi, παρουσιάζει ένα σύνολο προκλήσεων και περιορισμών που μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια, την αξιοπιστία και την επεκτασιμότητα τέτοιων συστημάτων.

Αυτή η ενότητα εξετάζει τις τεχνικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις που ενδέχεται να προκύψουν κατά την υλοποίηση project παρακολούθησης θορύβου καθώς και προσαρμογές που μπορεί να υλοποιηθούν για την βελτίωση του συστήματος.

6.1.1 Τεχνικοί Περιορισμοί και Ακρίβεια των Δεδομένων

Η ακρίβεια των φθηνών αισθητήρων σε σύγκριση με τον επαγγελματικό εξοπλισμό, όπως τα φωνόμετρα αποτελεί μια σημαντική πρόκληση. Οι φθηνοί αισθητήρες ήχου συχνά εμφανίζουν υψηλή μεταβλητότητα στις μετρήσεις, κάτι που μπορεί να υπονομεύσει την αξιοπιστία των δεδομένων. Το RaveGuard, μια πλατφόρμα παρακολούθησης θορύβου, τόνισε αυτό το ζήτημα δείχνοντας ότι ενώ οι φθηνοί αισθητήρες προσφέρουν μια οικονομική εναλλακτική για την παρακολούθηση του αστικού θορύβου, χάνουν στην ακρίβεια των μετρήσεων. Με την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης, το RaveGuard προσπάθησε να γεφυρώσει το χάσμα ακριβείας μεταξύ των φθηνών συσκευών και των επαγγελματικών φωνομέτρων, επιτυγχάνοντας ένα σχετικό σφάλμα 2.24% σε σύγκριση με τα επαγγελματικά όργανα. Αυτή η βελτίωση τονίζει τη δυναμική της χρήσης προηγμένων αλγορίθμων για την ενίσχυση της απόδοσης των οικονομικά προσιτών αισθητήρων στην παρακολούθηση του αστικού θορύβου[59].

Ένας άλλος τεχνικός περιορισμός, αφορά την ανθεκτικότητα και την καταλληλότητα του υλικού που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, προκλήσεις όπως η αδιαβροχοποίηση του μικροφώνου και η εξασφάλιση της μακροχρόνιας διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων αποτελούν αξιοσημείωτες ανησυχίες. Ένα project που αναλύθηκε στο Embecosm ανέφερε την ανάγκη για πρακτικές τροποποιήσεις, όπως η αναβάθμιση μη αδιάβροχων μικροφώνων ή την βελτίωση της προστασίας τους απέναντι σε καιρικές συνθήκες για μακροχρόνια χρήση[58].

6.1.2 Περιβαλλοντικές και Αναπτυξιακές Προκλήσεις

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για την παρακολούθηση θορύβου στις αστικές περιοχές. Η μεταβλητότητα στους αστικούς θορύβους, που επηρεάζεται από την κυκλοφορία, τις δραστηριότητες κατασκευής και λοιπούς ανθρωπογενείς θορύβους, απαιτεί μια δυναμική στρατηγική παρακολούθησης. Η εξασφάλιση εκτεταμένης κάλυψης και αξιοπιστίας των δεδομένων σε διαφορετικά αστικά περιβάλλοντα απαιτεί στρατηγική τοποθέτηση των αισθητήρων και προσεκτικό σχεδιασμό του δικτύου αισθητήρων.

Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν επίσης την ένταξη και τον συγχρονισμό πολλαπλών αισθητήρων σε μια πόλη για την δημιουργία ενός πλήρους και αξιόπιστου χάρτη θορύβου. Αυτό απαιτεί όχι μόνο τεχνικές γνώσεις αλλά και σχεδίαση και συντονισμό με τις τοπικές αρχές. Η υλοποίηση αυτού του συστήματος απαιτεί μια πολυεπιστημονική προσέγγιση, αντιμετωπίζοντας τόσο τις τεχνικές δυσκολίες των αισθητήρων όσο και την πολυπλοκότητα των αστικών περιβαλλόντων[57].

6.1.3 Όγκος Δεδομένων και Περιορισμοί Επεξεργασίας

Η ενσωμάτωση συσκευών IoT όπως το Raspberry Pi με αλγόριθμους Tiny Machine Learning (TinyML) παρουσιάζει μια πολλά υποσχόμενη λύση για τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων σε συστήματα IoT μεγάλης κλίμακας. Το TinyML προσφέρει αποδοτικές τεχνικές διαχείρισης δεδομένων σε συσκευές με περιορισμένους πόρους. Αυτό είναι σημαντικό για εφαρμογές που απαιτούν εκτεταμένη επεξεργασία δεδομένων, όπως στην παρακολούθηση του αστικού θορύβου[60].

6.1.4 Ακρίβεια και Αξιοπιστία της FFT

Η διασφάλιση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας κατά την ανάλυση FFT στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, παρουσιάζει αρκετές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της διακρίβωσης των αισθητήρων, της ποιότητας των δεδομένων και της ενεργειακής απόδοσης. Οι προηγμένοι αισθητήρες IoT απαιτούν την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων για τη ενίσχυση της αξιοπιστίας και της αποτελεσματικότητας των συστημάτων παρακολούθησης[61].

6.2 Συστάσεις για Μελλοντικές Βελτιώσεις

Το Raspberry Pi 4 Model B, παρά το γεγονός ότι πρόκειται για έναν ισχυρό και πολυσύνθετο υπολογιστή, προσφέρει αρκετές δυνατότητες βελτίωσης, ιδιαίτερα στα πλαίσια ενός φορητού συστήματος παρακολούθησης αστικού θορύβου. Οι ακόλουθες συστάσεις σχεδιάστηκαν για να αντιμετωπίσουν την αποδοτικότητα της ενέργειας του συστήματος, την συνδεσιμότητα, τη διαχείριση των δεδομένων και την συνολική φορητότητα επεκτείνοντας έτσι τις δυνατότητες του.

6.2.1 Ενσωμάτωση Μπαταρίας για Βελτιωμένη Φορητότητα

Για τη βελτίωση της φορητότητας και της ενεργειακής αποδοτικότητας του συστήματος παρακολούθησης αστικού θορύβου, είναι σημαντική η ενσωμάτωση μιας μπαταρίας και μιας μονάδας διαχείρισης ενέργειας. Το PiJuice αποτελεί μια αξιόπιστη λύση σχεδιασμένη ειδικά για το Raspberry Pi, παρέχοντας ένα πλήρες σύστημα διαχείρισης ενέργειας που μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη φορητότητα[62].

Μία άλλη εξίσου αποδοτική λύση παρέχεται από την Adafruit. Το project των 'Pi Power', που βασίζεται στο project LiPoPi, παρέχει μια αποτελεσματική λύση στην διαχείριση ενέργειας. Αυτό περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως, μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία, φορτιστή, διακόπτη ενεργοποίησης/απενεργοποίησης και παρακολούθηση της ενέργειας της μπαταρίας στοχεύοντας σε μια λειτουργία η οποία είναι παρόμοια με τη διαχείριση ενέργειας σε ένα smartphone. Αυτό είναι χρήσιμο για να διασφαλίσει ότι το Raspberry Pi μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, να απενεργοποιείται με ασφάλεια για να αποφευχθεί η καταστροφή των δεδομένων και να φορτίζεται με ευκολία[63].

6.2.2 Βελτίωση των Ασύρματων Δυνατοτήτων του Συστήματος

Η ενίσχυση των ασύρματων δυνατοτήτων του Raspberry Pi, κυρίως για project απομακρυσμένης παρακολούθησης, περιλαμβάνει μερικά κρίσιμα βήματα συμπεριλαμβανομένης την ρύθμισης της χώρας για τη λειτουργία Wi-Fi, την ενημέρωση του συστήματος, την εγκατάσταση των απαραίτητων πακέτων και την ρύθμιση της συσκευής προσθέτοντας τους κατάλληλους οδηγούς και εργαλεία. Για παράδειγμα, η ρύθμιση του Raspberry Pi 4 ως απομακρυσμένο αισθητήρα περιλαμβάνει τη ρύθμιση της WLAN, την ενημέρωση του συστήματος και την εγκατάσταση κεφαλίδων και εξαρτήσεων πακέτων. Η κατασκευή και η εγκατάσταση ασύρματων οδηγών συμβατών με τη λειτουργία παρακολούθησης και στη συνέχεια η χρήση συγκεκριμένων

Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον προγραμμάτων όπως το *wifiexplorer-sensor*, επιτρέπει στο Raspberry Pi να λειτουργεί ως ένας προηγμένος απομακρυσμένος αισθητήρας για εφαρμογές όπως το WiFi Explorer Pro 3[64].

6.2.3 Ενίσχυση των Δυνατοτήτων του Raspberry για Αποδοτικότερη Διαχείριση Δεδομένων

Η ενίσχυση των δυνατοτήτων του Raspberry για αποδοτικότερη διαχείριση δεδομένων απαιτεί μια πολυδιάστατη προσέγγιση, επικεντρώνοντας στην βελτιστοποίηση του υλικού, στις αποτελεσματικότερες στρατηγικές συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων και τη χρήση των κατάλληλων εργαλείων για ανάλυση και οπτικοποίηση.

Συλλογή και Αποθήκευση Δεδομένων

Το πρώτο βήμα στη βελτίωση των δυνατοτήτων διαχείρισης δεδομένων είναι η αποτελεσματική συλλογή και αποθήκευση δεδομένων. Το Raspberry Pi μπορεί να συνδεθεί με ένα μεγάλο εύρος αισθητήρων και να συλλέγει δεδομένα μέσω διαδικτύου ή από άλλες συσκευές. Τα GPIO pin στο Raspberry Pi επιτρέπουν την άμεση σύνδεση με πολλαπλούς αισθητήρες, υποστηρίζοντας πρωτόκολλα όπως τα UART, SPI και I2C. Για την αποθήκευση των δεδομένων, οι επιλογές κυμαίνονται από αποθήκευση στη μνήμη για γρήγορη πρόσβαση, πίνακες για πιο μόνιμες λύσεις όπως επίπεδα αρχεία (CSV ή Excel), βάσεις δεδομένων (SQL, JSON) για μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων ή ακόμα και αποθήκευση στο cloud[65].

Εργαλεία Ανάλυσης Δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιούνται πολλά εργαλεία και γλώσσες προγραμματισμού που είναι συμβατά με το Raspberry Pi, καθένα προσφέροντας μοναδικά πλεονεκτήματα:

- Η γλώσσα **Python** προτείνεται για την εκτεταμένη γκάμα βιβλιοθηκών ανάλυσης δεδομένων όπως NumPy, Pandas και Matplotlib. Είναι κατάλληλη για τη δημιουργία πινάκων ελέγχου δεδομένων, τον υπολογισμό μετρήσεων και την ανάλυση δεδομένων[66].
- Η **SQLite** παρέχει μια αξιόπιστη βάση δεδομένων για δομημένα δεδομένα που μπορούν να αναλυθούν χρησιμοποιώντας ερωτήματα SQL. Είναι μια εξελιγμένη εναλλακτική στα υπολογιστικά φύλλα, η οποία παρέχει περισσότερη ευελιξία στην παρουσίαση και στον χειρισμό των δεδομένων[66].
- Η **Haskell** είναι μια γλώσσα προγραμματισμού ιδανική για την επεξεργασία δεδομένων που εμπεριέχουν περίπλοκους μαθηματικούς τύπους. Υποστηρίζει λειτουργίες για μεγάλα σύνολα δεδομένων και είναι ιδανική για την ανάπτυξη επαναχρησιμοποιήσιμων κώδικων για διάφορες εργασίες ανάλυσης δεδομένων[66].
- Η **R** και **Ruby** υποστηρίζονται επίσης στο Raspberry Pi, με την R να χρησιμοποιείται για την στατιστική και την επεξεργασία δεδομένων ενώ η Ruby προσφέρει δυνατότητες οπτικοποίησης των δεδομένων[66].

Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

- [1] *Urban noise monitoring* (ανακτήθηκε 9/9/2023 από <https://www.acoem.com/en/ranges/urban-noise-monitoring/>)
- [2] *Health effects of environmental noise pollution* (ανακτήθηκε 10/9/2023 από <https://www.science.org.au/curious/earth-environment/health-effects-environmental-noise-pollution/>)
- [3] *Urban Noise as an Environmental Impact Factor in the Urban Planning Process* (ανακτήθηκε 10/9/2023 από <https://www.intechopen.com/chapters/62114/>)
- [4] *Urban Noise from Science Direct* (ανακτήθηκε 15/9/2023 από <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/urban-noise/>)
- [5] *Sounds of New York City SONYC* (ανακτήθηκε 15/9/2023 από <https://steinhardt.nyu.edu/marl/research/projects/sounds-new-york-city-sonyc/>)
- [6] *Low cost sensors for urban noise monitoring networks* (ανακτήθηκε 17/9/2023 από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7218845/>)
- [7] *Noise pollution and annoyance* (ανακτήθηκε 18/9/2023 από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4918656/>)
- [8] *What are the effects of noise pollution* (ανακτήθηκε 21/9/2023 από <https://www.medicalnewstoday.com/articles/noise-pollution-health-effects>)
- [9] *Noise pollution by National Geographic* (ανακτήθηκε 21/9/2023 από <https://education.nationalgeographic.org/resource/noise-pollution/>)
- [10] *Urban noise and psychological distress* (ανακτήθηκε 1/10/2023 από <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32932901/>)
- [11] *Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity* (ανακτήθηκε 1/10/2023 από <https://environmentalevidencejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13750-020-00202-y/>)
- [12] *Noise pollution: managing the challenge of urban sounds* (ανακτήθηκε 3/10/2023 από <https://earthjournalism.net/resources/noise-pollution-managing-the-challenge-of-urban-sounds/>)
- [13] *Traffic noise and vibration in urban environments* (ανακτήθηκε 3/10/2023 από <https://www.frontiersin.org/research-topics/49638/traffic-noise-and-vibration-in-urban-environments---monitoring-prediction-and-control/>)
- [14] *SONYC: A System for monitoring, analyzing and mitigating urban noise pollution* (ανακτήθηκε 5/10/2023 από <https://cacm.acm.org/magazines/2019/2/234354-sonyc/fulltext>)
- [15] *Urban noise analysis and management in smart cities* (ανακτήθηκε 8/10/2023 από https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/urban_noise_analysis/)
- [16] *Using a raspberry pi as a 21\$ edge environmental monitoring solution* (ανακτήθηκε 8/10/2023 από <https://virtualizationreview.com/articles/2022/03/01/pi-edge-monitoring.aspx/>)
- [17] *Getting started with Enviro+* (ανακτήθηκε 10/10/2023 από <https://learn.pimoroni.com/article/getting-started-with-enviro-plus>)
- [18] *Smart environmental monitoring* (ανακτήθηκε 10/10/2023 από <https://projects-raspberry.com/smart-environmental-monitoring/>)
- [19] *Monitor air quality with a raspberry pi* (ανακτήθηκε 10/10/2023 από <https://www.raspberrypi.com/news/monitor-air-quality-with-a-raspberry-pi/>)
- [20] *Environmentally-friendly raspberry pi projects* (ανακτήθηκε 10/10/2023 από <https://www.computerworld.com/article/3527842/environmentally-friendly-raspberry-pi-projects.html/>)

- Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
- [21] *Portable environmental monitoring system* (ανακτήθηκε 13/10/2023 από <https://community.element14.com/challenges-projects/design-challenges/sci-pi-design-challenge/blog/posts/portable-environmental-monitoring-system-blog-1---introduction/>)
- [22] *Raspberry Pi 4 Model B Tech Specs* (ανακτήθηκε 14/10/2023 από <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>)
- [23] *Raspberry pi 4 model b review* (ανακτήθηκε 16/10/2023 από <https://fossbytes.com/raspberry-pi-4-model-b-review/>)
- [24] *Raspberry pi 4 specs and benchmarks* (ανακτήθηκε 19/10/2023 από <https://magpi.raspberrypi.com/articles/raspberry-pi-4-specs-benchmarks>)
- [25] *Datasheet digi2 pro by HifiBerry* (ανακτήθηκε 19/10/2023 από <https://www.hifiberry.com/docs/data-sheets/datasheet-digi2-pro/>)
- [26] *First steps by HifiBerry* (ανακτήθηκε 19/10/2023 από <https://www.hifiberry.com/firststeps>)
- [27] *Software selection by HifiBerry* (ανακτήθηκε 20/10/2023 από <https://www.hifiberry.com/build/software-selection/>)
- [28] *HifiBerry Digi2 Pro by HifiBerry* (ανακτήθηκε 20/10/2023 από <https://www.hifiberry.com/shop/boards/hifiberry-digi2-pro/>)
- [29] *HifiBerry Digi2 Pro by ThePiHut* (ανακτήθηκε 20/10/2023 από <https://thepihut.com/products/hifiberry-digi2-pro>)
- [30] *Recording audio on the raspberry pi with python and a USB microphone* (ανακτήθηκε 25/10/2023 από <https://makersportal.com/blog/2018/8/23/recording-audio-on-the-raspberry-pi-with-python-and-a-usb-microphone>)
- [31] *Using a microphone with a raspberry pi* (ανακτήθηκε 25/10/2023 από <https://pimylifeup.com/raspberrypi-microphone/>)
- [32] *My first foray into edge AI: An urban noise monitor using raspberry pi* (ανακτήθηκε 28/10/2023 από <https://ituralde.medium.com/my-first-foray-into-edgeai-an-urban-noise-monitor-using-raspberry-pi-9a08eb2f4ed>)
- [33] *Monitoring environmental noise with a raspberry pi* (ανακτήθηκε 30/10/2023 από <https://www.embecosm.com/2019/07/29/monitoring-environmental-noise-with-a-raspberry-pi/>)
- [34] *PyAudio Documentation* (ανακτήθηκε 30/10/2023 από <https://people.csail.mit.edu/hubert/pyaudio/docs/index.html>)
- [35] *High quality audio with python and pyadudio* (ανακτήθηκε 2/11/2023 από <https://dolby.io/blog/capturing-high-quality-audio-with-python-and-pyaudio/>)
- [36] *Playing and recording sound in python* (ανακτήθηκε 3/11/2023 από <https://realpython.com/playing-and-recording-sound-python/>)
- [37] *Wave by Python* (ανακτήθηκε 10/10/2023 από <https://docs.python.org/3/library/wave.html>)
- [38] *Read and write WAV files using python (wave)* (ανακτήθηκε 3/11/2023 από <https://www.tutorialspoint.com/read-and-write-wav-files-using-python-wave>)
- [39] *Working with audio files in python, advanced use cases* (ανακτήθηκε 6/11/2023 από <https://afewthingz.com/pythonaudiomodules>)
- [40] *Datetime by Python* (ανακτήθηκε 7/11/2023 από <https://docs.python.org/3/library/datetime.html>)
- [41] *Python Datetime Tutorial: Manipulate times, dates and time spans* (ανακτήθηκε 10/11/2023 από <https://www.dataquest.io/blog/python-datetime-tutorial/>)
- [42] *Python Datetime by W3Schools* (ανακτήθηκε 10/11/2023 από https://www.w3schools.com/python/python_datetime.asp)
- [43] *What is Fourier Transform in Audio and how does it work?* (ανακτήθηκε 10/11/2023 από <https://soundstudiomagic.com/what-is-fourier-transform-in-audio/>)
- [44] *Fast Fourier Transformation FFT- Basics* (ανακτήθηκε 15/11/2023 από <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/fast-fourier-transform-fft>)

- Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος Μέτρησης και Απεικόνισης Ακουστικής Ρύπανσης σε Αστικό Περιβάλλον
- [45] *Data visualization with Matplotlib- a step by step guide* (ανακτήθηκε 19/11/2013 από <https://www.freecodecamp.org/news/introduction-to-data-visualization-using-matplotlib/>)
- [46] *Mastering Matplotlib: A comprehensive guide to data visualization* (ανακτήθηκε 19/11/2023 από <https://towardsai.net/p/machine-learning/mastering-matplotlib-a-comprehensive-guide-to-data-visualization>)
- [47] *How influxDB works with IoT data* (ανακτήθηκε 20/11/2023 από <https://www.influxdata.com/blog/how-influxdb-iot-data/>)
- [48] *IoT data pipeline with MQTT, NiFi and InfluxDB* (ανακτήθηκε 1/12/2023 από <https://www.baeldung.com/iot-data-pipeline-mqtt-nifi>)
- [49] *Using grafana for IoT: Benefits, challenges & best practices* (ανακτήθηκε 1/12/2023 από <https://webbylab.com/blog/using-grafana-for-iot-benefits-challenges-and-best-practices/>)
- [50] *Getting started & setting up raspberry pi 4 model b* (ανακτήθηκε 3/12/2023 από <https://how2electronics.com/getting-started-setting-up-raspberry-pi-4-model-b/>)
- [51] *Begginer's guide: How to install new OS on raspberry pi* (ανακτήθηκε 4/12/2023 από <https://raspberrypi.com/install-new-os-raspberry-pi/>)
- [52] *Raspberry pi documentation getting started* (ανακτήθηκε 7/12/2023 από <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/getting-started.html>)
- [53] *First Steps by HiFiBerry* (ανακτήθηκε 10/10/2023 από <https://www.hifiberry.com/firststeps>)
- [54] *Datasheet Digi2-Pro by HiFiBerry* (ανακτήθηκε 10/12/2023 από <https://www.hifiberry.com/docs/data-sheets/datasheet-digi2-pro/>)
- [55] *How to use mini USB microphone on raspberry pi 4* (ανακτήθηκε 11/12/2023 από <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/08/08/how-to-use-usb-mini-microphone-on-raspberry-pi-4/>)
- [56] *Using a microphone with raspberry pi* (ανακτήθηκε 13/12/2023 από <https://pimylifeup.com/raspberrypi-microphone/>)
- [57] *Low cost sensors for urban noise monitoring networks* (ανακτήθηκε 16/12/2023 από <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/8/2256>)
- [58] *Monitoring environmental noise with a raspberry pi* (ανακτήθηκε 19/12/2023 από <https://www.embecosm.com/2019/07/29/monitoring-environmental-noise-with-a-raspberry-pi/>)
- [59] *RaveGuard: A noise monitoring platform using low end microphones and machine learning* (ανακτήθηκε 5/1/2024 από <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/19/5583>)
- [60] *TinyML algorithms for big data management in large scale IoT systems* (ανακτήθηκε 7/1/2024 από <https://www.mdpi.com/1999-5903/16/2/42>)
- [61] *Advances and challenges in IoT sensors data handling and processing in environmental monitoring systems* (ανακτήθηκε 9/1/2024 από https://www.researchgate.net/publication/373564984_Advances_and_Challenges_in_IoT_Sensors_Data_Handling_and_Processing_in_Environmental_Monitoring_Systems)
- [62] *PiJuice: Portable power for you pi projects* (ανακτήθηκε 10/1/2024 από <https://www.raspberrypi.com/news/pijuice/>)
- [63] *'Pi power' handles power management & control for portable pi projects* (ανακτήθηκε 10/1/2024 από https://blog.adafruit.com/2016/10/14/pi-power-handles-power-management-control-for-portable-pi-projects-piday-raspberrypi-raspberry_pi/)
- [64] *Using a raspberry pi 4 as a remote sensor for WiFi explorer pro and airtool* (ανακτήθηκε 12/1/2024 από <https://www.intuitibits.com/2021/02/17/using-a-raspberry-pi-4-as-a-remote-sensor-for-wifi-explorer-pro-and-airtool/>)
- [65] *How to analyze data with raspberry pi* (ανακτήθηκε 13/1/2024 από <https://chipwired.com/analyze-data-raspberry-pi/>)
- [66] *8 Data analysis tools for raspberry pi* (ανακτήθηκε 14/1/2024 από <https://chipwired.com/raspberry-pi-data-analysis-tools/>)

Παράρτημα Α

Στο παράρτημα παρουσιάζεται ο ολοκληρωμένος κώδικας που χρησιμοποιήθηκε στο project.

```

1 import pyaudio
2 import wave
3 import datetime
4 import numpy as np
5 from scipy.fft import fft
6 import matplotlib.pyplot as plt
7 import requests
8
9 FORMAT = pyaudio.paInt16
10 CHANNELS = 1
11 RATE = 44100
12 CHUNK = 1024
13 RECORD_SECONDS = 10
14
15 current_time = datetime.datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")
16 WAVE_OUTPUT_FILENAME = f"recording_{current_time}.wav"
17
18 latitude = 37.978598
19 longitude = 23.673554
20
21 audio = pyaudio.PyAudio()
22 stream = audio.open(format=FORMAT, channels=CHANNELS, rate=RATE, input=True, frames_per_buffer=CHUNK)
23 print("Recording...")
24 frames = []
25
26 for i in range(0, int(RATE / CHUNK * RECORD_SECONDS)):
27     data = stream.read(CHUNK)
28     frames.append(data)
29 print("Finished recording")
30
31 stream.stop_stream()
32 stream.close()
33 audio.terminate()
34
35 wf = wave.open(WAVE_OUTPUT_FILENAME, 'wb')
36 wf.setnchannels(CHANNELS)
37 wf.setsampwidth(audio.get_sample_size(FORMAT))
38 wf.setframerate(RATE)
39 wf.writeframes(b''.join(frames))
40 wf.close()
41
42 data = np.frombuffer(b''.join(frames), dtype=np.int16)
43 yf = fft(data)
44 xf = np.linspace(0.0, RATE/2, len(data)//2)
45 magnitude = 2.0/len(data) * np.abs(yf[:len(data)//2])
46 top_ten_indices = magnitude.argsort()[-10:][::-1]
47 top_frequencies = xf[top_ten_indices]
48 top_magnitudes = magnitude[top_ten_indices]
49
50 print("Top 10 Frequencies and their Magnitudes:")
51 for freq, mag in zip(top_frequencies, top_magnitudes):
52     print(f"Frequency: {freq} Hz, Magnitude: {mag}")
53
54 plt.figure(figsize=(10, 6))
55 plt.plot(xf, magnitude)
56 plt.plot(top_frequencies, top_magnitudes, 'r*')
57 plt.grid()
58 plt.xlabel('Frequency (Hz)')
59 plt.ylabel('Magnitude')
60 plt.title('Frequency Spectrum')
61 plt.xlim(0, 1000)
62 plt.show()
63
64 def send_data_to_server(frequencies, magnitudes, latitude, longitude):
65     base_url = "https://iotemission.eee.uniwa.gr/influxdb/write?db=ilias_playground&u=ilias&p=7BQcm2dDW6zcX8w"
66     headers = {
67         "Content-Type": "application/octet-stream",
68         "Authorization": "Basic aWxpYXk6N0JRY2Y2ZERXNnpjWDh3",
69     }
70
71     latitude_str = "{:.6f}".format(latitude)
72     longitude_str = "{:.6f}".format(longitude)
73
74     for freq, mag in zip(frequencies, magnitudes):
75         data_point = f'audio_data,sensing-type=sound_data,station-id=kalyvas_anastasiou-install frequency={freq},
76 magnitude={mag},latitude={latitude_str},longitude={longitude_str}'
77         response = requests.post(base_url, data=data_point, headers=headers, verify=False)
78         if response.status_code != 204:
79             print(f"Failed to upload data: {response.text}")
80         else:
81             print("Data uploaded successfully.")
82

```

```
83 send_data_to_server(top_frequencies, top_magnitudes, latitude, longitude)
84
85 with open(f"recording_details_{current_time}.txt", "a") as file:
86     file.write(f"Recording Time: {current_time}\n")
87     file.write(f"Latitude: {latitude}\n")
88     file.write(f"Longitude: {longitude}\n")
89     file.write(f"Frequencies: {top_frequencies.tolist()}\n")
90     file.write(f"Magnitudes: {top_magnitudes.tolist()}\n")
91
```