ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΓΙΑ FIT-FOR-PURPOSE ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΧΩΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

ΜΑΡΚΟΥΙΖΟΥ ΣΕΛΕΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ
ΔΟΥΛΑΜΗΣ ΝΙΚΟΣ
ΠΟΤΣΙΟΥ ΧΡΥΣΗ

ΑΘΗΝΑ
2021

# Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία, θα ήθελα να κάνω μία ειδική αναφορά στα πρόσωπα που με βοήθησαν, με ενέπνευσαν και στάθηκαν στο πλευρό μου για να πραγματοποιηθεί.

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, κυρία Χρυσή Πότσιου και κύριο Νίκο Δουλάμη, που μου ανέθεσαν αυτή τη διπλωματική εργασία.

Τις ευχαριστίες μου θα ήθελα ακόμη να εκφράσω και στον κ. Χαράλαμπο Ιωαννίδη, για τη θετική συμβολή του και την παροχή των μέσων για την εκπόνηση του τεχνικού μέρους της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Νίκο Μπάκαλο και την Μαρία Γκέλη για την βοήθειά και καθοδήγησή τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου για την στήριξη και την υπομονή τους.

# Περίληψη

Σύμφωνα με την Ατζέντα 2030, μέχρι το έτος 2030 θα πρέπει να έχουν διεκπεραιωθεί οι 17 στόχοι διεθνούς ευημερίας που έχουν τεθεί από τα Ηνωμένα Έθνη. Συγκεκριμένα, για να επιτευχθεί ο πρώτος στόχος, «Εξάλειψη της φτώχειας σε όλες τις μορφές της, παντού», απαιτείται η ολοκλήρωση του κτηματολογίου, με ότι αυτό συνεπάγεται, όσο το δυνατόν ταχύτερα. Η διαδικασία που ακολουθείται έως τώρα είναι χρονοβόρα. Συνεπώς, στόχος της παρούσας εργασίας είναι η έρευνα για μια πιο εκσυγχρονισμένη, γρηγορότερη, οικονομικότερη και Fit For Purpose διαδικασία. Επιπλέον, λόγω της μαζικής αστικοποίησης δημιουργούνται μεγάλες, πολυσύχναστες και χαοτικές πόλεις, που καθιστούν την διαδικασία κτηματογράφησης τους ακόμη πιο περίπλοκη. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι βασικές μέθοδοι του 2D και 3D κτηματολογίου δεν αρκούν γι' αυτό γίνεται η χρήση του κτηματολογίου εσωτερικών χώρων. Η μέθοδος που προτείνεται είναι βασισμένη στο crowdsourcing και στα πλαίσια αυτής, αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης, μακράς βραχυπρόθεσμης μνήμης LSTM, που αντλεί χωρικά δεδομένα από συσκευές Bluetooth. Για να υπολογιστεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου, πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα που έλαβε χώρο στην σχόλη Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών. Κατά την διεξαγωγή του πειράματος ακολουθήθηκαν τα επόμενα στάδια. Στο πρώτο επιλύθηκε μια όδευση δύο σημείων και έγινε αποτύπωση 47 σημείων με τοπογραφικά όργανα. Στα τέσσερα από τα 49 σημεία (συμπεριλαμβανομένων και των δυο στάσεων της όδευσης), γνωστών πλέον δισδιάστατων συντεταγμένων, τοποθετήθηκαν τέσσερις συσκευές Bluetooth και με την χρήση ενός κινητού τηλεφώνου συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούσαν το ληφθέν σήμα. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν χωρίστηκαν σε δεδομένα εκπαίδευσης και δεδομένα ελέγχου και με βάση αυτά εκπαιδεύτηκε ο αλγόριθμος. Η εκπαίδευση έγινε δύο φόρες, καθώς ακολουθήθηκαν δύο σενάρια. Στο πρώτο σενάριο λήφθηκαν υπόψιν μετρήσεις και από τις τέσσερις συσκευές Bluetooth, ενώ στο δεύτερο σενάριο μόνο από τις τρείς. Ο διαχωρισμός έγινε με σκοπό τον εντοπισμό του καλύτερου συνδυασμού, αριθμού συσκευών, οικονομικότερης λύσης και ακρίβειας αποτελεσμάτων. Καλύτερο σενάριο αποδείχθηκε το πρώτο (με ακρίβεια 83,47%) και η εφαρμογή του αλγορίθμου ήταν επιτυχής. Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου είναι το «όνομα» του κοντινότερου σημείου, από τα 49 που μετρήθηκαν, στο οποίο στεκόταν ο χρήστης μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η παρούσα έρευνα αποτελεί, το προστάδιο για την εξέλιξη της μεθόδου ώστε το αποτέλεσμα να προσδιορίζει την ακριβή θέση του χρήστη με συντεταγμένες μέσα στο χώρο.

# Abstract

According to Agenda 2030, the 17 goals of international prosperity set by the United Nations should be fulfilled by the year 2030. In particular, the completion of the cadaster, as fast as possible, is required in order to achieve the first goal, "End poverty in all its forms everywhere". The process followed so far is time consuming. Therefore, the aim of this paper is the research of a faster, more modernized affordable and Fit-For-Purpose process. In addition, due to mass urbanization, large, crowded and chaotic cities spawn, which makes the cadastral registration process even more complicated. In these cases, the basic methods of 2D and 3D cadaster are not enough, so in order to manage the complexity, indoor cadaster is used. The method proposed is based on crowdsourcing and develops a deep learning LSTM algorithm, which draws spatial data from Bluetooth devices. In order to calculate the effectiveness of the method, an experiment was conducted that took place in the School of Rural and Surveying Engineering. In carrying out the experiment, the next steps were followed. In the first one, 47 points were surveyed with topographic methods. In four of the 49 points (including the two of the surveying route), with known 2D coordinates, four Bluetooth devices were placed and with the use of a mobile phone collected RSSI (received signal strength indicator) data. The collected data was then divided into, training data and control data, and the algorithm was trained based on them. The training process took place twice, as two scenarios were followed. In the first scenario, measurements were taken from all four Bluetooth devices, while in the second scenario only from three. The distinction was made in order to identify the best combination of: number of devices, most affordable solution and accuracy of results. In the end, the best scenario turned out to be the first (with an accuracy of 83.47%), and the implementation of the algorithm was successful. The result of the algorithm presented the "label" of the nearest point, out of the 49 counted, at which the user was standing at a given time. This research sets the initial stage of the method, that will determine the exact position of the user with coordinates.

# Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες ..... 1

Περίληψη ..... 2

Abstract ..... 3

1. Εισαγωγή ..... 8

2. Επισκόπηση Βιβλιογραφίας ..... 9

3.1 Ατζέντα 2030 ..... 10

3.1.1 Στόχος 1: Εξάλειψη της φτώχειας σε όλες τις μορφές της, παντού ..... 11

3.1.2 Στόχος 2: Εξάλειψη της πείνας, επίτευξη επισιτιστικής ασφάλειας και βελτίωση της διατροφής, καθώς και προώθηση της αειφόρου γεωργίας ..... 12

3.1.3 Στόχος 3: Διασφάλιση υγιούς ζωής και προώθηση της καλής υγείας για όλους και για όλες τις ηλικίες ..... 13

3.1.4 Στόχος 4: Διασφάλιση της ελεύθερης, ισότιμης και ποιοτικής εκπαίδευσης προάγοντας τις ευκαιρίες για δια βίου μάθηση ..... 13

3.1.5 Στόχος 5: Επίτευξη ισότητας των φύλων και ενδυνάμωση όλων των γυναικών και των κοριτσιών ..... 14

3.1.6 Στόχος 6: Διασφάλιση της πρόσβασης σε ύδρευση και αποχέτευση για όλους ..... 14

3.1.7 Στόχος 7: Διασφάλιση της πρόσβασης σε οικονομικά προσιτές, αξιόπιστες, βιώσιμες και σύγχρονες μορφές ενέργειας για όλους ..... 15

3.1.8 Στόχος 8: Προώθηση της βιώσιμης και χωρίς αποκλεισμούς οικονομικής ανάπτυξης, της απασχόλησης και της αξιοπρεπούς εργασίας για όλους ..... 15

3.1.9 Στόχος 9: Δημιουργία ευέλικτων υποδομών, προώθηση της βιώσιμης εκβιομηχάνισης και προώθηση της καινοτομίας ..... 16

3.1.10 Στόχος 10: Τη μείωση των ανισοτήτων εντός και μεταξύ των χωρών ..... 16

3.1.11 Στόχος 11: Κάντε τις πόλεις χωρίς αποκλεισμούς, ασφαλείς, διαλλακτικές και βιώσιμες ..... 17

3.1.12 Στόχος 12: Διασφάλιση προτύπων βιώσιμης κατανάλωσης και παραγωγής ..... 17

3.1.13 Στόχος 13: Ανάληψη επείγουσας δράσης για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και τις επιπτώσεις της ..... 18

3.1.14 Στόχος 14: Διατήρηση και αειφόρος χρήση των ωκεανών, των θαλασσών και των θαλάσσιων πόρων ..... 19

3.1.15 Στόχος 15: Βιώσιμη διαχείριση των δασών, καταπολέμηση της απερήμωσης, την ανάσχεση και αντιστροφή της υποβάθμισης του εδάφους, ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας ..... 20

3.1.16 Στόχος 16: Προώθηση δίκαιων, ειρηνικών και χωρίς αποκλεισμούς κοινωνιών ..... 20

3.1.17 Στόχος 17: Αναζωογόνηση της παγκόσμιας συνεργασίας για την αειφόρο ανάπτυξη ..... 21

3.2 Γιατί χρειάζονται καλύτεροι και ταχύτεροι τρόποι διαχείρισης γης ..... 22

3.3 Χρονολογική σειρά των Fit For Purpose εφαρμογών σε 2D/3D κτηματολόγια 23

3.4 Κτηματολόγιο εσωτερικού χώρου ..... 31

4. Μεθοδολογία ..... 32

4.1 Προηγούμενη έρευνα ..... 33

4.1.1 Τεχνικές μηχανικής μάθησης για προσδιορισμό θέσης ..... 33

4.1.2 Προσδιορισμός θέσης με χρήση τεχνολογίας Bluetooth ..... 38

4.1.3 Σύσταση προβλήματος ..... 39

4.2 Επισκόπηση των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών ..... 42

4.2.1 Python ..... 45

4.3 Σχεδιασμός ..... 46

5. Μελέτη εφαρμογής ..... 47

5.1 Υλοποίηση Μελέτης ..... 48

5.1.1 Αλγόριθμος ..... 53

5.1.2 Συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων ..... 54

6. Συμπεράσματα ..... 63

7. Αναφορές ..... 65

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Ένταξη των στόχων στους τρείς πυλώνες (TBM, 2018) ..... 10
Εικόνα 2: Οι συσκευές Raspberry Pi που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή ..... 48
Εικόνα 3 Περιοχή Μελέτης ..... 49
Εικόνα 4: Θέσεις Σημείων και Συσκευών Raspberry ..... 50
Εικόνα 5: Φωτογραφίες κατά την διάρκεια των μετρήσεων ..... 51
Εικόνα 6 Συλλογή δεδομένων από τη συσκευή Raspberry ..... 51
Εικόνα 7: Σενάριο 1, οι τέσσερις συσκευές Rasberry ..... 52
Εικόνα 8: Σενάριο 2, οι τρείς συσκευές ..... 53
Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση γεωμετρίας των χωροθετημένων συσκευών ..... 58
Εικόνα 10: Τα σημεία χρωματικά διαχωρισμένα ανάλογα με το Σενάριο στο οποίο απέδωσαν καλύτερες προβλέψεις ..... 63

## Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Η αρχιτεκτονική ενός επαναλαμβανόμενου μοντέλο νευρωνικού δικτύου με αμφίδρομες δυνατότητες (Potsiou C., et al., 2020) ..... 41
Διάγραμμα 2: Η αρχιτεκτονική του αμφίδρομου μοντέλου νευρωνικού δικτύου που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των συντεταγμένων του χώρου βάση της παραμόρφωσης του σήματος Bluetooth (Potsiou C., et al., 2020), (Kaselimi M., et al., 2019a) ..... 42
Διάγραμμα 3: Η αρχιτεκτονική του κυττάρου μνήμης που χρησιμοποιείται σε μια αμφίδρομη μοντέλο LSTM (Potsiou Cet al., 2020), (Kaselimi M., et al., 2019a) ..... 47
Διάγραμμα 4: Μέτρηση απόδοσης των σεναρίων με βάση της τιμές ακρίβειας, ορθότητας, ανάκλησης και μέτρησης F1 ..... 57
Διάγραμμα 5: Σωστές και λανθασμένες προβλέψεις τιμών για κάθε σημείο, Σενάριο 1 ..... 59

Διάγραμμα 6: Ποσοστό των αποδεκτών και των χονδροειδών σφαλμάτων στις λανθασμένες τιμές για το Σενάριο 1 ..... 60
Διάγραμμα 7: Σωστές και λανθασμένες προβλέψεις τιμών για κάθε σημείο, Σενάριο 2 ..... 61
Διάγραμμα 8: : Ποσοστό των αποδεκτών και των χονδροειδών σφαλμάτων στις λανθασμένες τιμές για το Σενάριο 2 ..... 62
Διάγραμμα 9: Σύγκριση ποσοστών επιτυχίας προβλέψεων των δύο σεναρίων ..... 62

## Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Ν-μετρήσεις για κάθε σημείο ..... 55
Πίνακας 2: Στατιστικά στοιχεία αποτελεσμάτων ..... 56
Πίνακας 3: Στοιχεία των μετρήσεων που αφορούν το Σενάριο 1 ..... 59
Πίνακας 4: Στοιχεία των μετρήσεων που αφορούν το Σενάριο 2 ..... 61

# 1. Εισαγωγή

Για να εξασφαλιστούν τα ατομικά ιδιοκτησιακά δικαιώματα, απαιτείται ένα πλήρως ολοκληρωμένο σύστημα κτηματολογίου. Δεδομένου ότι, οι απαιτήσεις για την εφαρμογή του είναι χρονοβόρες και δαπανηρές, η ολοκλήρωσή του καθυστερεί. Ως εκ τούτου, υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για ταχύτερη και χαμηλότερου κόστους συλλογή δεδομένων. Η τεχνική συλλογής δεδομένων που πληροί τις προϋποθέσεις για το σκοπό αυτό, με το μόνο μειονέκτημα ότι δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής, είναι γνωστή ως πληθοπορισμός (crowdsourcing). Αυτή η διπλωματική εργασία θα διερευνήσει τη χρήση μιας φθηνότερης, ταχύτερης και με μικρότερη ακρίβεια γεωχωρικής τεχνικής για τον εντοπισμό θέσης σε εσωτερικό χώρο με τη χρήση ενός αλγορίθμου μηχανικής μάθησης.

Γιατί απαιτούνται φθηνότερα, ταχύτερα και μικρότερης ακρίβειας γεωχωρικά δεδομένα; Η ποιότητα των γεωχωρικών δεδομένων εξαρτάται από τον σκοπό για τον οποίο συλλέγονται (Fit-for-purpose). Με τον όρο Fit-for-purpose νοείται ότι αυτά τα συστήματα – και ιδιαίτερα το υποκείμενο χωρικό πλαίσιο χαρτογράφησης μεγάλης κλίμακας – θα πρέπει να σχεδιάζονται με σκοπό τη βελτίωση της διαχείρισης των υφιστάμενων χωρικών προβλημάτων που υπάρχουν σε μια συγκεκριμένη χώρα ή περιοχή – και όχι απλώς να ακολουθούν προηγμένα τεχνικά πρότυπα ανεξάρτητα από το αυξημένο κόστος και τις χρονικές καθυστερήσεις για την ολοκλήρωση των έργων (Enemark S., et al., 2014). Με βάση τον παραπάνω ορισμό “Fit-for-purpose” (κατάλληλες για την περίπτωση) ως εφαρμογές ορίζονται οι εξής: διαχείριση και μετριασμός καταστροφών, εσωτερική πλοήγηση, αποκατάσταση ακινήτων, εγγραφή ακινήτων, εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο, διαχείριση οικονομικών πτυχών και οικονομική εκτίμηση.

Η επόμενη ερώτηση είναι πως θα συλλεχτούν τα δεδομένα με την απαιτούμενη ταχύτητα, το απαιτούμενο κόστος και την απαιτούμενη ακρίβεια; Εξαιτίας της εξασθένησης του σήματος και της πολυσύνθετης επίδρασης (multipath effect), το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (Global Positioning System GPS), το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στις υπαίθριες υπηρεσίες, δεν μπορεί να παρέχει την απαραίτητη ποιότητα των γεωχωρικών στοιχείων μέσα στα κτήρια. Σαν αποτέλεσμα ένα άλλο σύστημα εντοπισμού πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Η μέθοδος που θα προταθεί ευελπιστείται να απαντήσει στα παραπάνω ερωτήματα και να δώσει κατάλληλα αποτελέσματα.

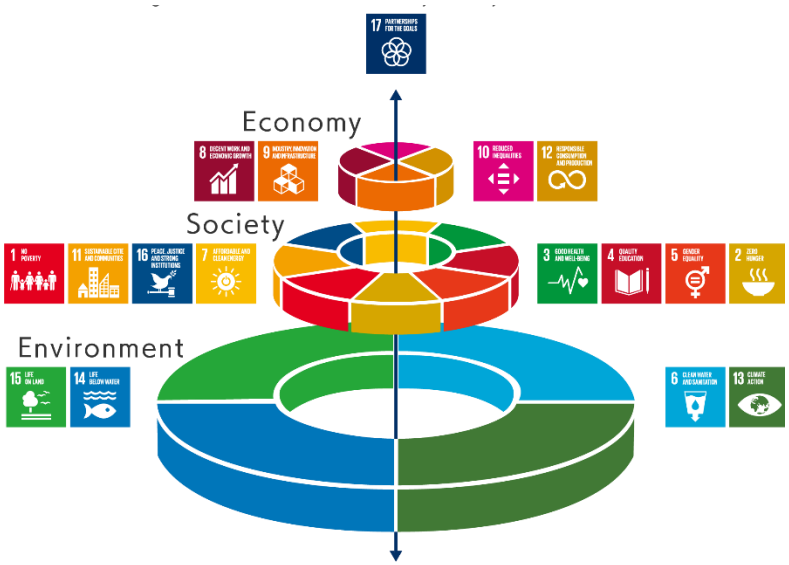
Το κύριο θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πρόταση και η υλοποίηση μιας μεθόδου εντοπισμού με στόχο την διαχείριση “Fit-for-purpose” γεωχωρικών πληροφοριών ιδιοκτησίας με τη χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης.

## 2. Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της Agenda 2030, «Τερματισμός της φτώχειας σε όλες τις μορφές της», εντός του απαιτούμενου χρόνου, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός πλήρως ολοκληρωμένου κτηματολογικού συστήματος. Έτσι, υπάρχει μια μεγάλη αυξανόμενη ανάγκη για ενημερωμένες μεθόδους που έχουν ως στόχο την καλύτερη αξιοποίηση του χρόνου, της προσπάθειας και των χρήματων. Επιπλέον, λόγω της μαζικής αστικοποίησης, δημιουργούνται τεράστιες πολυσύχναστες πόλεις, οδηγώντας σε μεγάλη ανάγκη για τυποποίηση της διαδικασίας του κτηματολογίου με σκοπό την απόκτηση πληροφοριών που αφορούν τα ιδιοκτησιακά καθεστώτα. Στην περίπτωση περιοχών που έχουν ήδη χαρτογραφηθεί, η τυποποίηση είναι εφικτή με τη χρήση εφαρμογών 2D και 3D, αλλά πώς θα είναι δυνατή σε περιοχές που δεν έχουν χαρτογραφηθεί ή που δεν διαθέτουν επαρκή δεδομένα εδάφους; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι το κτηματολόγιο εσωτερικών χώρων. Οι όροι αυτοί θα συζητηθούν περαιτέρω στα επόμενα κεφάλαια.

## 3.1 Ατζέντα 2030

Η Ατζέντα αποτελεί ουσιαστικά ένα πρόγραμμα στόχων διεθνούς ευημερίας. Βασίζεται στους τρείς βασικούς πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης, κοινωνία, οικονομία, περιβάλλον, αλληλένδετους μεταξύ τους που απαιτούν ισάξια διαχείριση. Κύριο μέλημα της Ατζέντας είναι ο άνθρωπος και ο πλανήτης, καθώς με την εφαρμογή της αποσκοπείται η εξάλειψη της φτώχειας και η καταπολέμηση της ανισότητας και της βίας, με τη δημιουργία δίκαιων και ειρηνικών κοινωνιών. Όλα αυτά μέσω της συνεργασίας ατομικού, δημοσίου και ιδιωτικού τομέα, πάντα με σεβασμό και σε αρμονία με τη φύση. Η υλοποίηση της Ατζέντας έχει ως στόχο την εξάλειψη της φτώχειας, την καταπολέμηση της ανισότητας και της βίας, την τόνωση της οικονομικής ανάπτυξης και την προστασία του περιβάλλοντος, δημιουργώντας δίκαιες και ειρηνικές κοινωνίες (United Nations, 2020).




*Εικόνα 1 Ένταξη των στόχων στους τρείς πυλώνες (TBM, 2018)*

Τον Σεπτέμβριο του 2015 η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών (αποτελούμενη από 193 αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες), επέβαλε 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης με 169 υποστόχους που πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2030.

### 3.1.1 Στόχος 1: Εξάλειψη της φτώχειας σε όλες τις μορφές της, παντού

Ο πρώτος στόχος, και ο πιο σχετικός με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελείται από τους ακόλουθους υποστόχους:

1.1 Έως το 2030, εξάλειψη της ακραίας φτώχειας για όλους τους ανθρώπους παντού, η οποία μετριέται, επί του παρόντος, με βάση τους ανθρώπους που ζουν με λιγότερα από 1,25 δολάρια την ημέρα.

1.2 Έως το 2030, μείωση, τουλάχιστον κατά το ήμισυ, της αναλογίας ανδρών, γυναικών και παιδιών όλων των ηλικιών που ζουν κάτω από όλες τις διαστάσεις της φτώχειας, σύμφωνα με τους εκάστοτε εθνικούς ορισμούς.

1.3 Εφαρμογή κατάλληλων εθνικών συστημάτων και μέτρων κοινωνικής προστασίας για όλους, συμπεριλαμβανομένων των κατώτατων ορίων κοινωνικής προστασίας, και επίτευξη, έως το 2030, ουσιαστικής κάλυψης των φτωχών και των ευάλωτων.

1.4 Έως το 2030, διασφάλιση ότι όλοι οι άνδρες και οι γυναίκες, ιδίως οι φτωχοί και ευάλωτοι, έχουν ίσα δικαιώματα πρόσβασης σε οικονομικούς πόρους καθώς και πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες, στην ιδιοκτησία και στον έλεγχο της γης, όπως και σε άλλες μορφές ιδιοκτησίας, στην κληρονομιά, στους φυσικούς πόρους, στις κατάλληλες νέες τεχνολογίες, στις χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των μικροχρηματοδοτήσεων.

1.5 Έως το 2030, οικοδόμηση της ανθεκτικότητας των φτωχών και εκείνων που βρίσκονται σε ευάλωτη κατάσταση, μείωση της έκθεσης και της ευπάθειάς τους έναντι ακραίων φαινομένων που σχετίζονται με το κλίμα και άλλων οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών πιέσεων και καταστροφών.

1.a Διασφάλιση σημαντικής κινητοποίησης πόρων από διάφορες πηγές, μέσω της ενισχυμένης αναπτυξιακής συνεργασίας, έτσι ώστε να παραχθούν επαρκή και προβλέψιμα μέσα για τις αναπτυσσόμενες χώρες, ιδίως τις λιγότερο ανεπτυγμένες, και να εφαρμοστούν προγράμματα και πολιτικές που θα δώσουν τέλος σε όλες τις μορφές της φτώχειας.

1.b Δημιουργία σταθερών πολιτικών πλαισίων σε εθνικό, περιφερειακό και διεθνές επίπεδο, τα οποία βασίζονται σε αναπτυξιακές στρατηγικές υπέρ των

φτωχών και ευαίσθητες σε θέματα ισότητας των φύλων, για τη στήριξη της επιτάχυνσης των επενδύσεων σε δράσεις εξάλειψης της φτώχειας.

(General Assembly Resolution 70/1, 2015)

Προκειμένου να επιτευχθεί ο υποστόχος 1.4 είναι απαραίτητο να έχουμε ένα πλήρες κτηματολόγιο κάθε κατοικημένης περιοχής. Εάν χαρτογραφηθούν αυτές οι περιοχές τότε η πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες θα διευκολυνθεί σε μεγάλο βαθμό και ένας από τους στόχους της ατζέντα θα είναι εν μέρει πλήρης.

### 3.1.2 Στόχος 2: Εξάλειψη της πείνας, επίτευξη επισιτιστικής ασφάλειας και βελτίωση της διατροφής, καθώς και προώθηση της αειφόρου γεωργίας

Ο δεύτερος στόχος αποτελείται από 8 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Είναι καιρός να επανεξετάσουμε τον τρόπο που μεγαλώνουμε, μοιραζόμαστε και καταναλώνουμε την τροφή μας. Αν γίνει σωστά, η γεωργία, δασοκομία και αλιεία μπορούν να προσφέρουν θρεπτική τροφή για όλους και να δημιουργήσουν αξιοπρεπή εισοδήματα, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν μια ανθρωποκεντρική ανάπτυξη της υπαίθρου και την προστασία του περιβάλλοντος. Αυτή τη στιγμή, τα εδάφη, το γλυκό νερό, οι ωκεανοί, τα δάση και η βιοποικιλότητα μας υποβαθμίζονται ταχύτατα. Η κλιματική αλλαγή θέτει ακόμη μεγαλύτερη πίεση στους πόρους από τους οποίους εξαρτόμαστε, αυξάνοντας τους κινδύνους που συνδέονται με καταστροφές όπως οι ξηρασίες και οι πλημμύρες. Πολλές γυναίκες και άνδρες της υπαίθρου δεν μπορούν πλέον να επιβιώσουν στη γη τους, με συνέπεια να αναγκάζονται να μετακινηθούν στις πόλεις σε αναζήτηση ευκαιριών. Μια ριζική αλλαγή του παγκόσμιου συστήματος τροφίμων και γεωργίας είναι αναγκαία, αν θέλουμε να θρέψουμε τα σημερινά 795 εκατομμύρια πεινασμένων ανθρώπων και τα επιπλέον 2 δισεκατομμύρια που αναμένονται μέχρι το 2050. Ο τομέας τροφίμων και γεωργίας προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις για την ανάπτυξη, και είναι κεντρικής σημασίας για την πείνα και την εξάλειψη της φτώχειας.

### 3.1.3 Στόχος 3: Διασφάλιση υγιούς ζωής και προώθηση της καλής υγείας για όλους και για όλες τις ηλικίες

Ο τρίτος στόχος αποτελείται από 13 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Η εξασφάλιση υγιούς ζωής και η προώθηση της ευημερίας για όλους και σε όλες τις ηλικίες είναι απαραίτητη για την αειφόρο ανάπτυξη. Έχουν γίνει σημαντικά βήματα στην αύξηση του προσδόκιμου ζωής και η μείωση ορισμένων από τις θανατηφόρες αιτίες που σχετίζονται με την παιδική και μητρική θνησιμότητα. Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί όσον αφορά στην αύξηση της πρόσβασης σε καθαρό νερό και σε εγκαταστάσεις υγιεινής, ο περιορισμός της ελονοσίας, της φυματίωσης, της πολιομυελίτιδας και της εξάπλωσης του HIV / AIDS. Ωστόσο, χρειάζονται πολύ περισσότερες προσπάθειες για την πλήρη εξάλειψη ενός ευρέως φάσματος ασθενειών, καθώς και εργασία πάνω στην αντιμετώπιση πολλών επίμονων διαφορετικών και αναδυόμενων θεμάτων υγείας.

### 3.1.4 Στόχος 4: Διασφάλιση της ελεύθερης, ισότιμης και ποιοτικής εκπαίδευσης προάγοντας τις ευκαιρίες για δια βίου μάθηση

Ο τέταρτος στόχος αποτελείται από 10 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην επόμενη παράγραφο.

Η απόκτηση μιας ποιοτικής εκπαίδευσης είναι το θεμέλιο για τη βελτίωση της ζωής των ανθρώπων και την αειφόρο ανάπτυξη. Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί προς την κατεύθυνση της αύξησης της πρόσβασης στην εκπαίδευση σε όλα τα επίπεδα και αύξησης των ποσοστών εγγραφής στα σχολεία, ιδιαίτερα στις γυναίκες και τα κορίτσια. Βασικές δεξιότητες αλφαβητισμού έχουν βελτιωθεί παρά πολύ, όμως χρειάζονται πιο τολμηρές προσπάθειες για ακόμη μεγαλύτερη πρόοδο για την επίτευξη των παγκόσμιων στόχων για την εκπαίδευση. Για παράδειγμα, έχει επιτευχθεί παγκοσμίως η ισότητα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μεταξύ αγοριών και κοριτσιών, αλλά λίγες χώρες έχουν επιτύχει αυτό το στόχο σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης.

### 3.1.5 Στόχος 5: Επίτευξη ισότητας των φύλων και ενδυνάμωση όλων των γυναικών και των κοριτσιών

Ο πέμπτος στόχος αποτελείται από 9 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Ενώ ο κόσμος έχει σημειώσει πρόοδο προς την ισότητα των φύλων και τη χειραφέτηση των γυναικών στο πλαίσιο των Αναπτυξιακών Στόχων της Χιλιετίας (συμπεριλαμβανομένης της ίσης πρόσβασης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μεταξύ αγοριών και κοριτσιών), οι γυναίκες και τα κορίτσια εξακολουθούν να υφίστανται διακρίσεις και βία σε κάθε μέρος του κόσμου. Η ισότητα των φύλων δεν είναι μόνο ένα θεμελιώδες ανθρώπινο δικαίωμα, αλλά μια απαραίτητη βάση για έναν ειρηνικό, εφημερεύων και βιώσιμο κόσμο. Η παροχή σε γυναίκες και κορίτσια ισότιμης πρόσβασης στην εκπαίδευση, την υγειονομική περίθαλψη, την αξιοπρεπή εργασία, και την εκπροσώπηση στις πολιτικές και οικονομικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων θα τροφοδοτήσει βιώσιμες οικονομίες και θα ωφελήσει τις κοινωνίες όφελος και την ανθρωπότητα γενικότερα.

### 3.1.6 Στόχος 6: Διασφάλιση της πρόσβασης σε ύδρευση και αποχέτευση για όλους

Ο έκτος στόχος αποτελείται από 8 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Καθαρό, προσβάσιμο νερό για όλους αποτελεί ουσιαστικό μέρος του κόσμου που θέλουμε να ζήσουμε. Υπάρχει αρκετό γλυκό νερό στον πλανήτη για να επιτευχθεί αυτό. Αλλά λόγω της κακής οικονομίας ή της φτωχής υποδομής, κάθε χρόνο εκατομμύρια άνθρωποι, κυρίως παιδιά, πεθαίνουν από ασθένειες που σχετίζονται με την παροχή ανεπαρκούς ύδρευσης, αποχέτευσης και υγιεινής. Η λειψυδρία, η κακή ποιότητα του νερού και η ανεπαρκής αποχέτευση έχουν επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια των τροφίμων, τις επιλογές προς το ζην ακόμη και τις εκπαιδευτικές ευκαιρίες για φτωχές οικογένειες σε όλο τον κόσμο. Η ξηρασία πλήττει ορισμένες από τις φτωχότερες χώρες του κόσμου, επιδεινώνοντας την πείνα και τον υποσιτισμό. Μέχρι το 2050, τουλάχιστον ένα στα τέσσερα άτομα είναι πιθανό να ζουν σε μια χώρα που πλήττεται από χρόνια ή συχνά επαναλαμβανόμενη έλλειψη γλυκού νερού.

### 3.1.7 Στόχος 7: Διασφάλιση της πρόσβασης σε οικονομικά προσιτές, αξιόπιστες, βιώσιμες και σύγχρονες μορφές ενέργειας για όλους

Ο έβδομος στόχος αποτελείται από 6 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Η ενέργεια είναι κεντρικής σημασίας για σχεδόν κάθε μεγάλη πρόκληση και ευκαιρία που αντιμετωπίζει ο κόσμος σήμερα. Είτε πρόκειται για τις θέσεις εργασίας, την ασφάλεια, την κλιματική αλλαγή, την παραγωγή τροφίμων ή την αύξηση των εισοδημάτων, η πρόσβαση στην ενέργεια για όλους είναι αναγκαία. Η βιώσιμη ενέργεια είναι μια ευκαιρία μεταμορφώνει ζωές, οικονομίες και τον πλανήτη. Ο Γενικός Γραμματέας του ΟΗΕ Μπαν Κι-Μουν ηγείται μιας πρωτοβουλίας Βιώσιμης Ενέργειας για Όλους για τη διασφάλιση της καθολικής πρόσβασης σε σύγχρονες υπηρεσίες ενέργειας, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και την αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

### 3.1.8 Στόχος 8: Προώθηση της βιώσιμης και χωρίς αποκλεισμούς οικονομικής ανάπτυξης, της απασχόλησης και της αξιοπρεπούς εργασίας για όλους

Ο όγδοος στόχος αποτελείται από 12 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Περίπου το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού εξακολουθεί να ζει με το ισοδύναμο περίπου US $ 2 την ημέρα. Και σε πάρα πολλά μέρη του κόσμου, το να έχεις μια δουλειά δεν εγγυάται τη δυνατότητα να ξεφύγεις από τη φτώχεια. Αυτή η αργή και άνιση πρόοδος απαιτεί από εμάς να επανεξετάσουμε και να ανανεώσουμε τον εξοπλισμό των οικονομικών και κοινωνικών πολιτικών μας με στόχο την εξάλειψη της φτώχειας. Η συνεχιζόμενη έλλειψη ευκαιριών αξιοπρεπούς εργασίας, η ανεπάρκεια των επενδύσεων και η υποκατανάλωση, οδηγούν σε διάβρωση των βασικών κοινωνικών συμβάσεων που διέπουν τη δημοκρατική κοινωνία: ότι η εξέλιξη πρέπει να διαμοιράζεται. Η δημιουργία ποιοτικών θέσεων εργασίας θα εξακολουθήσει να αποτελεί σημαντική πρόκληση για σχεδόν όλες τις οικονομίες και πέραν του 2015. Η βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη θα απαιτήσει οι κοινωνίες να δημιουργήσουν τις συνθήκες που θα επιτρέπουν στους ανθρώπους να έχουν ποιοτικές θέσεις απασχόλησης

που θα τονώσουν την οικονομία, ενώ δεν θα βλάπτουν το περιβάλλον. Ευκαιρίες απασχόλησης και αξιοπρεπείς συνθήκες εργασίας απαιτούνται επίσης για το σύνολο του πληθυσμού σε ηλικία εργασίας.

### 3.1.9 Στόχος 9: Δημιουργία ευέλικτων υποδομών, προώθηση της βιώσιμης εκβιομηχάνισης και προώθηση της καινοτομίας

Ο ένατος στόχος αποτελείται από 8 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Οι επενδύσεις σε υποδομές – μεταφορές, την άρδευση, την ενέργεια και την τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών – είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης και την ενδυνάμωση των κοινοτήτων σε πολλές χώρες. Από καιρό έχει αναγνωριστεί ότι η αύξηση της παραγωγικότητας και των εισοδημάτων, καθώς και η βελτίωση της υγείας και της εκπαίδευσης απαιτούν επενδύσεις σε υποδομές. Η βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς βιομηχανική ανάπτυξη είναι η κύρια πηγή δημιουργίας εισοδήματος, επιτρέπει την ταχεία και σταθερή αύξηση του βιοτικού επιπέδου για όλους τους ανθρώπους, και παρέχει τις τεχνολογικές λύσεις για την περιβαλλοντικά ορθή εκβιομηχάνιση. Η τεχνολογική πρόοδος είναι το θεμέλιο των προσπαθειών για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, όπως η αύξηση των πόρων και της ενεργειακής απόδοσης. Χωρίς την τεχνολογία και χωρίς την εκβιομηχάνιση, η ανάπτυξη δεν θα συμβεί.

### 3.1.10 Στόχος 10: Τη μείωση των ανισοτήτων εντός και μεταξύ των χωρών

Ο δέκατος στόχος αποτελείται από 10 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Η διεθνής κοινότητα έχει κάνει σημαντικά βήματα ως προς την άρση των ανθρώπων από τη φτώχεια. Τα πιο ευάλωτα έθνη – οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, οι μεσόγειες αναπτυσσόμενες χώρες και τα μικρά νησιωτικά αναπτυσσόμενα κράτη – συνεχίζουν να κάνουν βήματα μείωσης της φτώχειας. Ωστόσο, η ανισότητα εξακολουθεί να υφίσταται και υπάρχουν μεγάλες διαφορές όσον αφορά την πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας και εκπαίδευσης και άλλων θεμάτων. Επιπλέον, ενώ η εισοδηματική ανισότητα

μεταξύ των χωρών μπορεί να έχει μειωθεί, η ανισότητα στο εσωτερικό των χωρών έχει αυξηθεί. Υπάρχει μια αυξανόμενη κοινή παραδοχή ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν αρκεί για να μειωθεί η φτώχεια, αν δεν είναι χωρίς αποκλεισμούς και αν δεν συμπεριλαμβάνει τις τρεις διαστάσεις της αειφόρου ανάπτυξης – οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική. Για να μειωθούν οι ανισότητες, οι πολιτικές θα πρέπει να είναι παγκόσμιες, δίνοντας προτεραιότητα στις ανάγκες των μειονεκτούντων και περιθωριοποιημένων πληθυσμών.

### 3.1.11 Στόχος 11: Κάντε τις πόλεις χωρίς αποκλεισμούς, ασφαλείς, διαλλακτικές και βιώσιμες

Ο ενδέκατος στόχος αποτελείται από 10 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Οι πόλεις είναι κέντρα για τις ιδέες, το εμπόριο, τον πολιτισμό, την επιστήμη, την παραγωγικότητα, την κοινωνική ανάπτυξη και πολλά άλλα. Στην καλύτερη εκδοχή τους, οι πόλεις έχουν δώσει τη δυνατότητα στους ανθρώπους να εξελιχθούν κοινωνικά και οικονομικά. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές προκλήσεις για τη διατήρηση πόλεων με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεχίζουν να δημιουργούν θέσεις εργασίας και ευημερίας, ενώ δεν θα αποστραγγίζουν τη γη και τους πόρους. Οι κοινές αστικές προκλήσεις περιλαμβάνουν την συμφόρηση, την έλλειψη κεφαλαίων για την παροχή βασικών υπηρεσιών, την έλλειψη επαρκούς στέγασης και της μείωσης των υποδομών. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πόλεις μπορούν να ξεπεραστούν με τρόπους που θα τους επιτρέψουν να συνεχίσουν να ευδοκιμήσουν και να αναπτυχθούν, βελτιώνοντας παράλληλα τη χρήση των πόρων και μειώνοντας την ρύπανση και την φτώχεια. Το μέλλον που θέλουμε περιλαμβάνει πόλεις με ευκαιρίες για όλους, με πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες, στην ενέργεια, τη στέγαση, τις μεταφορές και άλλα.

### 3.1.12 Στόχος 12: Διασφάλιση προτύπων βιώσιμης κατανάλωσης και παραγωγής

Ο δωδέκατος στόχος αποτελείται από 11 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή σημαίνει προώθηση της επάρκειας πόρων και ενέργειας, των βιώσιμων υποδομών, και την παροχή πρόσβασης σε βασικές υπηρεσίες, οικολογικές και αξιοπρεπείς θέσεις εργασίας και καλύτερη ποιότητα ζωής για όλους.

Η εφαρμογή τους θα συμβάλει στην επίτευξη των συνολικών σχεδίων ανάπτυξης, τη μείωση των μελλοντικών οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών δαπανών, την ενίσχυση της οικονομικής ανταγωνιστικότητας και τη μείωση της φτώχειας. Η βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή αποσκοπεί στο «να κάνουν περισσότερα και καλύτερα με λιγότερα», αυξάνοντας τα καθαρά κέρδη από τις οικονομικές δραστηριότητες με τη μείωση της χρήσης των πόρων, της υποβάθμισης και ρύπανσης σε όλο το κύκλο της ζωής, βελτιώνοντας παράλληλα τη ποιότητα ζωή. Περιλαμβάνει διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρήσεων, των καταναλωτών, των φορέων χάραξης πολιτικής, των ερευνητών, των επιστημόνων, των εμπόρων λιανικής πώλησης, των μέσων ενημέρωσης, καθώς και των οργανισμών συνεργασίας για την ανάπτυξη, μεταξύ άλλων. Επίσης, απαιτεί μια συστημική προσέγγιση και τη συνεργασία μεταξύ των φορέων που δραστηριοποιούνται στην αλυσίδα εφοδιασμού, από τον παραγωγό μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Περιλαμβάνει επίσης εμπλοκή των καταναλωτών μέσω της ευαισθητοποίησης και της εκπαίδευσης για αειφόρο κατανάλωση και τρόπο ζωής, παρέχοντας στους καταναλωτές επαρκή πληροφόρηση μέσα από τα πρότυπα και τις ετικέτες και τη συμμετοχή σε βιώσιμες δημόσιες συμβάσεις, μεταξύ άλλων.

### 3.1.13 Στόχος 13: Ανάληψη επείγουσας δράσης για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και τις επιπτώσεις της

Ο δέκατος τρίτος στόχος αποτελείται από 5 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει πλέον κάθε χώρα σε κάθε ήπειρο. Διαταράσσει τις εθνικές οικονομίες και επηρεάζει τις ζωές, κοστίζει ακριβά στους ανθρώπους, τις κοινότητες και τις χώρες σήμερα και ακόμη περισσότερο αύριο. Οι άνθρωποι βιώνουν σημαντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, οι οποίες περιλαμβάνουν μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, και πιο ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες προωθούν την κλιματική αλλαγή και συνεχίζουν να αυξάνονται. Είναι τώρα στα υψηλότερα επίπεδα στην ιστορία τους. Χωρίς δράση, η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του πλανήτη προβλέπεται να αυξηθεί τον 21ο αιώνα και είναι πιθανό

να ανέβει 3 βαθμούς Κελσίου αυτόν τον αιώνα, με ορισμένες περιοχές του κόσμου που αναμένεται να θερμανθούν ακόμα περισσότερο. Οι φτωχότεροι και πιο ευάλωτοι άνθρωποι επηρεάζονται περισσότερο. Προσιτές, κλιμακωτές λύσεις είναι τώρα διαθέσιμες για να επιτρέψουν στις χώρες να προχωρήσουν σε καθαρότερες, πιο ανθεκτικές οικονομίες. Ο ρυθμός των αλλαγών επιταχύνεται, καθώς περισσότεροι άνθρωποι στρέφονται προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μια σειρά άλλων μέτρων θα μειώσουν τις εκπομπές και θα αυξήσουν τις προσπάθειες προσαρμογής. Αλλά η αλλαγή του κλίματος είναι μια παγκόσμια πρόκληση που δεν σέβεται τα εθνικά σύνορα. Οι εκπομπές αερίων επηρεάζουν τους ανθρώπους παντού. Πρόκειται για ένα ζήτημα που απαιτεί λύσεις που πρέπει να συντονίζονται σε διεθνές επίπεδο και απαιτεί διεθνή συνεργασία για να βοηθήσει τις αναπτυσσόμενες χώρες να κινηθούν προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

### 3.1.14 Στόχος 14: Διατήρηση και αειφόρος χρήση των ωκεανών, των θαλασσών και των θαλάσσιων πόρων

Ο δέκατος τέταρτος στόχος αποτελείται από 10 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Οι ωκεανοί του κόσμου – η θερμοκρασία, η χημεία, τα ρεύματα και η ζωή τους – οδηγούν τα παγκόσμια οικοσυστήματα που κάνουν τη Γη κατοικήσιμη για την ανθρωπότητα. Τα όμβρια ύδατα, το πόσιμο νερό, ο καιρός, το κλίμα, οι ακτές, μεγάλο μέρος της διατροφής μας, και ακόμη και το οξυγόνο του αέρα που αναπνέουμε, όλα τελικά παρέχονται και ρυθμίζονται από τη θάλασσα. Σε όλη την ιστορία, ωκεανοί και οι θάλασσες έχουν ζωτική σημασία για τους δρόμους του εμπορίου και τις μεταφορές. Η προσεκτική διαχείριση αυτού του σημαντικού παγκόσμιου πόρου είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό ενός βιώσιμου μέλλοντος.

### 3.1.15 Στόχος 15: Βιώσιμη διαχείριση των δασών, καταπολέμηση της απερήμωσης, την ανάσχεση και αντιστροφή της υποβάθμισης του εδάφους, ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας

Ο δέκατος πέμπτος στόχος αποτελείται από 10 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Τα δάση καλύπτουν το 30% της επιφάνειας της Γης και εκτός από την παροχή επισιτιστικής ασφάλειας και καταφύγιο, τα δάση αποτελούν το κλειδί για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος, την προστασία της βιοποικιλότητας και των σπιτιών του γηγενούς πληθυσμού. Δεκατρία εκατομμύρια εκτάρια δασών χάνονται κάθε χρόνο, ενώ η συνεχιζόμενη υποβάθμιση των άνυδρων περιοχών οδήγησε στην ερημοποίηση 3,6 δισεκατομμύρια εκτάρια. Η αποψίλωση των δασών και η απερήμωση – που προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες και την αλλαγή του κλίματος – συνιστούν μείζονες προκλήσεις της αειφόρου ανάπτυξης και έχουν επηρεάσει τις ζωές και τα μέσα διαβίωσης εκατομμυρίων ανθρώπων στον αγώνα κατά της φτώχειας. Καταβάλλονται προσπάθειες για τη διαχείριση των δασών και την καταπολέμηση της απερήμωσης.

### 3.1.16 Στόχος 16: Προώθηση δίκαιων, ειρηνικών και χωρίς αποκλεισμούς κοινωνιών

Ο δέκατος έκτος στόχος αποτελείται από 10 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην ακόλουθη παράγραφο.

Οι συγκρούσεις, η ανασφάλεια, οι αδύναμοι θεσμοί και η περιορισμένη πρόσβαση στη δικαιοσύνη εξακολουθούν να αποτελούν μεγάλη απειλή για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Εκατομμύρια άνθρωποι έχουν στερηθεί την ασφάλειά τους, τα ανθρώπινα δικαιώματα και την πρόσβασή τους στη δικαιοσύνη. Ο αριθμός των χωρών, με δεσμευτικούς νόμους και πολιτικές που παρέχουν στα άτομα το δικαίωμα πρόσβασης στις πληροφορίες που κατέχουν οι δημόσιες αρχές, αυξάνεται σταδιακά. Το 2019, το 40 τοις εκατό των χωρών διέθετε θεσμό ανθρωπίνων δικαιωμάτων που είχε επιτύχει τη συμμόρφωση με τις αρχές που σχετίζονται με το καθεστώς των εθνικών θεσμών για την προώθηση και την προστασία των ανθρωπίνων δικαιωμάτων (αρχές του Παρισιού).

Ωστόσο, η πρόσβαση σε διεθνώς αναγνωρισμένους θεσμούς ανθρωπίνων δικαιωμάτων παραμένει καθυστερημένη σε 78 χώρες, ιδίως στην Ανατολική και Νοτιοανατολική Ασία, τη Λατινική Αμερική και την Καραϊβική, την Ωκεανία και την υποσαχάρια Αφρική.

### 3.1.17 Στόχος 17: Αναζωογόνηση της παγκόσμιας συνεργασίας για την αειφόρο ανάπτυξη

Ο δέκατος έβδομος στόχος αποτελείται από 19 υποστόχους και θα συνοψιστεί στην επόμενη παράγραφο.

Ένα επιτυχημένο πρόγραμμα για τη βιώσιμη ανάπτυξη απαιτεί συνεργασίες μεταξύ κυβερνήσεων, του ιδιωτικού τομέα και της κοινωνίας των πολιτών. Αυτές οι συνεργασίες χωρίς αποκλεισμούς χτισμένες πάνω σε αρχές και αξίες, σε ένα κοινό όραμα και κοινούς στόχους που θέτουν τους ανθρώπους και τον πλανήτη στο κέντρο, απαιτούνται σε παγκόσμιο, περιφερειακό, εθνικό και τοπικό επίπεδο. Απαιτείται επείγουσα δράση για να κινητοποιήσει, να ανακατευθύνει και να ξεκλειδώσει την μετατρεπτή δύναμη τρισεκατομμυρίων δολαρίων των ιδιωτικών πόρων προς τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι μακροπρόθεσμες επενδύσεις, συμπεριλαμβανομένων των άμεσων ξένων επενδύσεων, είναι απαραίτητες σε κρίσιμους τομείς, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτοί περιλαμβάνουν τη βιώσιμη ενέργεια, τις υποδομές και τις μεταφορές, καθώς και τις τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών. Ο δημόσιος τομέας θα πρέπει να θέσει μια σαφή κατεύθυνση. Επανεξέταση και παρακολούθηση των πλαισίων, των κανονισμών και των δομών των κινήτρων που επιτρέπουν τέτοιου είδους επενδύσεις, θα πρέπει να ξανασχεδιαστούν για την προσέλκυση επενδύσεων και την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης. Τέλος οι εθνικοί μηχανισμοί εποπτείας, όπως τα ανώτατα όργανα ελέγχου και οι λειτουργίες εποπτείας από νομικούς θα πρέπει να ενισχυθούν.

## 3.2 Γιατί χρειάζονται καλύτεροι και ταχύτεροι τρόποι διαχείρισης γης

Δεδομένου ότι ένα μεγάλο ποσοστό των κατοικημένων περιοχών δεν διαθέτει Κτηματολόγιο και ο χρόνος μέχρι το 2030 είναι αρκετά περιορισμένος, είναι σημαντικό να βρεθεί ένας ταχύτερος και πιο προσιτός οικονομικά τρόπος.

Οι συνήθεις μέθοδοι διαχείρισης της γης είναι υπερβολικά χρονοβόρες και, εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές εφαρμογές, η προθεσμία, που τέθηκε από την Ατζέντα 2030, δεν θα επιτευχθεί. Οι προαναφερθείσες κοινές μέθοδοι είναι αυστηρά κατευθυνόμενες από εμπειρογνώμονα και απαιτούν την παρουσία του σε όλα τα στάδια της διαδικασίας. Στην περίπτωση του ελληνικού κτηματολογίου τα βασικά βήματα είναι:

1. Υποβολή πιστοποιητικών ιδιοκτησίας
2. Παρουσίαση κτηματολογικών στοιχείων
3. Δήλωση κτηματολογίου παραδοτέα στο μητρώο διαχείρισης γης

(Tzinieri, 2015). Σύμφωνα με την επίσημη σελίδα του ελληνικού κτηματολογίου (Greek Cadaster, 2020) μέχρι το τέλος του 2021 η διαδικασία θα έχει ολοκληρωθεί για το 37% της χώρας, θα είναι ακόμα στο 2ο και 3ο στάδιο για το 56% και στο 1ο στάδιο για το 7%. Η διαδικασία αυτή ξεκίνησε το 1995 και εξακολουθεί να είναι ημιτελής στη χώρα, αν και μετά από πολλές τροποποιήσεις στο σύστημα, είναι πλέον ταχύτερη, οπότε αναμένεται να ολοκληρωθεί σε εύθετο χρόνο. Προκειμένου να διευκολυνθεί και να επιταχυνθεί η διαδικασία, θα ήταν σκόπιμη η χρήση τεχνικών crowdsourcing. Η μεγαλύτερη συμμετοχή των ιδιοκτητών θα καταστήσει ευκολότερη και αποτελεσματικότερη για τους εμπειρογνώμονες τη συλλογή όλων των επαρκών γεωχωρικών πληροφοριών.

Επιπροσθέτως, η επιτακτική ανάγκη για την εφαρμογή μιας ταχύτερης μεθόδου, προκύπτει από την ταχεία αστική επέκταση που έχει καταστεί αναγκαιότητα τα τελευταία χρόνια. Οι άνθρωποι μετακινούνται για διάφορους λόγους, όπως η φτώχεια, η έλλειψη πρόσβαση σε γη και ιδιοκτησία και η περιορισμένη ή ανύπαρκτη κοινωνική στέγαση (εσωτερική μετανάστευση). Αυτό οδηγεί στην ίδρυση αυτοδημιούργητων (άτυπων οικισμών)-ταχέως αναπτυσσόμενων πόλεων υπό πολύ κακές περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, η επισημοποίηση της ιδιοκτησίας και της διοίκησης της Γης αποτελεί επείγουσα ανάγκη. Καταστάσεις όπως αυτές υπάρχουν κυρίως σε μεγάλες πόλεις όπως η Αθήνα και το Μιλάνο. Στην περίπτωση της Αθήνας, η επέκταση υφίσταται με τη μορφή παράνομων υποδιαιρέσεων, όπως ο Δήμος Κερατέας (Potsiou C., et al., 2008). Όσον αφορά το Μιλάνο, η επέκταση υπάρχει (αν και ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1950) με τη μορφή αυτοδημιούργητων αστικών χωριών «Koreas», όπως το Bollate (United Nations, 2009).

## 3.3 Χρονολογική σειρά των Fit For Purpose εφαρμογών σε 2D/3D κτηματολόγια

Η ανάπτυξη της έρευνας για νέες τεχνικές διαχείρισης γης και 2D / 3D κτηματολόγιο θα παρουσιαστεί στις επόμενες παραγράφους. Εκτός αυτού, θα υπάρξει μια παρουσίαση εφαρμογών Crowdsourcing και VGI σε χρονολογική σειρά.

Η σπουδαιότητα της γεωχωρικής πληροφορίας για την διαχείριση ιδιοκτησίας και την διοίκηση αυτής, στο συνεχώς αυξανόμενο αστικό περιβάλλον είναι μεγάλη. Σύμφωνα με τους (Doytser Y., et al., 2010) είναι ζωτικής σημασίας για κάθε μεγαλούπολη/ χώρα να αναπτύξει μια SDI υποδομή χωρικών δεδομένων (Special Data Infrastructure) ώστε να διαχειρίζεται καταλλήλως, να χρησιμοποιεί και να έχει πρόσβαση σε χωρικές πληροφορίες σε όλη την πόλη ή τη χώρα. Προτείνει ορισμένα εργαλεία χωρικής πληροφόρησης που απαιτούν την εθελοντική συμμετοχή των πολιτών και εξαρτώνται από το crowdsourcing. Επιπλέον, υπογραμμίζει τη σημασία της σωστής ενημέρωσης των πολιτών και προειδοποιεί για τους κινδύνους της συμμετοχής των πολιτών στη συλλογή πληροφοριών.

Ένας όρος που συνδέεται με το crowdsourcing είναι το VGI (εθελοντική γεωγραφική πληροφορία-Volunteered Geographic Information). Ορίζεται ως η προσφορά γεωχωρικών δεδομένων από ένα άτομο ερασιτέχνη που ενεργεί οικειοθελώς και αποτελεί μια λύση που οδηγεί στην ανάπτυξη ενός SDI (Goodchild, 2007). Με βάση τους (Basiouka S., et al., 2012a) στην αρχή το VGI χρησιμοποιήθηκε κυρίως για σκοπούς πλοήγησης και αναψυχής και αργότερα επεκτάθηκε στον χειρισμό και την διευθέτηση κρίσιμων καταστάσεων, όπως φυσικές καταστροφές ή εξάπλωση ασθενειών. Λόγω του ότι είναι μια γρήγορη και χαμηλού κόστους τεχνική άρχισε να εμφανίζεται επίσης ως εργαλείο για τον καταμερισμό της γης και τη διαχείριση της γης. Δύο πρακτικά πειράματα έγιναν στο ελληνικό κτηματολόγιο (το ένα σε αγροτική και το άλλο σε αστική περιοχή). Τα αποτελέσματα και στις δύο περιπτώσεις ήταν ικανοποιητικά και έγινε πρόταση ότι μπορεί να ενσωματωθεί στη διαδικασία κτηματολογικής έρευνας έτσι ώστε «να αυξηθεί η συμμετοχή των ιδιοκτητών, να επιταχυνθεί η δημιουργία σχεδίων κτηματολογικών χαρτών, να εξαλειφθεί το συνολικό κόστος και να ελαχιστοποιηθούν τα χονδροειδή σφάλματα στο μέλλον» (Basiouka S., et al., 2012b).

Το 2013 πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα μια θεωρητική έρευνα (Basiouka S., et al., 2013) η οποία εξέτασε τις προοπτικές και τα κίνητρα των συμμετεχόντων πολιτών σε μια έρευνα εφαρμογής του κτηματολογίου. Οι συμμετέχοντες ήταν ένα σύνολο διαφόρων ηλικιών και μορφωτικών επιπέδων. Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί πως η συγκεκριμένη έρευνα έγινε με απευθείας συμπλήρωση δειγματοληπτικού ερωματολογίου το οποίο ήταν βασισμένο στην εκθετική και μη διακριτική μέθοδο χιονοστιβάδας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν θετικά υποδεικνύοντας πως η πλειονότης των συμμετεχόντων προσφέρθηκαν εθελοντικά με βασικό κίνητρο τον αλτρουισμό και στόχο την βελτίωση της επίσημης διαδικασίας.

Ένα άλλο αξιοσημείωτο πρακτικό πείραμα της μεθόδου VGI έγινε το 2014 (Basiouka S., et al., 2015). “ Αποτελεί την πρώτη εφαρμογή παγκοσμίως , η οποία διερεύνησε την δυνατότητα εισαγωγής της μεθόδου VGI στην κτηματολογική αποτύπωση χρησιμοποιώντας τον πρώτο crowdsourced χάρτη , OSM”. Στόχος ήταν η ενημέρωση και αναβάθμιση του χάρτη στο ιστορικό κέντρο της Αθήνας με χαρακτηριστικά και χωρικά κτηματολογικά δεδομένα και οι εθελοντές ήταν τοπογράφοι φοιτητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τέτοιες εφαρμογές, εάν οργανωθούν σωστά και υποστηριχθούν από ειδικούς εμπειρογνώμονες μπορούν να είναι εξαιρετικά χρήσιμες για τη διοίκηση και τη διαχείριση της γης.

Το 2014 πραγματοποιήθηκε μια διαφορετική πρακτική εφαρμογή, μια υβριδική προσέγγιση crowdsourcing που συνδύασε την τεχνική εμπειρογνωμοσύνη των επιθεωρητών με την " ιδιότυπη τεχνογνωσία γης" των ιδιοκτητών ακινήτων, προκειμένου να επιτευχθούν γρήγορα και καλής ποιότητας αποτελέσματα στην καταγραφή ακινήτων (Mourafetis G., et al., 2015). Η κύρια διάκριση αυτής της εφαρμογής σε σύγκριση με τις προηγούμενες είναι το γεγονός ότι διεξήχθη από το γραφείο και όχι από το πεδίο. Οι ιδιοκτήτες έλαβαν την βασική εκπαίδευση από τους επιθεωρητές και στην συνέχεια κλήθηκαν να ψηφιοποιήσουν τα όρια της ιδιοκτησίας τους στις ορθοφωτογραφίες της περιοχής, με τη χρήση της ηλεκτρονικής εφαρμογής ArcGIS της ESRI 'LADM in the Cloud' (smartphone application). Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά, καθώς το προσχέδιο του κτηματολογικού χάρτη δημιουργήθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα, με μικρό κόστος και με καλή μέση ακρίβεια. Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ακρίβεια εξαρτάται από το επίπεδο υποδομής κάθε χώρας (π.χ. ορθοφωτογραφίες για βασικούς χάρτες, πυκνό δίκτυο κεραιών κινητής τηλεφωνίας κ.λπ.).). Άλλες εφαρμογές του VGI που εφαρμόστηκαν το 2016 ήταν VGI για χαρτογράφηση θορύβου (Bakogiannis E., et al., 2016) και ένα πρακτικό πείραμα με τη χρήση μιας ανοιχτού κώδικα, αυτοεξελισσόμενης εφαρμογής που ονομάζεται Bound Geometry. (Gkeli M., et al., 2016)

Τα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης γης αναμένεται να παρέχουν τις απαραίτητες υποδομές που σχετίζονται με την κατοχή γης (εξασφάλιση και μεταβίβαση δικαιωμάτων επί της γης και των φυσικών πόρων και την εξασφάλιση δικαιωμάτων υποθήκης), την αξία της γης (αποτίμηση και φορολόγηση γης και ακινήτων), τη χρήση γης (σχεδιασμός και έλεγχος χρήσης γης και φυσικών πόρων) και τέλος την ανάπτυξη γης (υλοποίηση υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, υποδομών και σχεδιασμού κατασκευών) (Potsiou C., 2015). Με βάση αυτή την ιδέα, αναπτύχθηκε μια προσέγγιση κατάλληλη για τους συγκεκριμένους σκοπούς το 2016 και εφαρμόστηκε σε τρεις συγκεκριμένες μελέτες (αστικές, προαστιακές και αγροτικές περιοχές).. (Apostolopoulos K., et al., 2016). Αυτή η προσέγγιση είναι παρόμοια με τα προαναφερθέντα πειράματα υπό την έννοια ότι οι εθελοντές εκπαιδεύονται πάλι από επαγγελματίες επιθεωρητές για να χρησιμοποιήσουν τις δεδομένες εφαρμογές, στην περίπτωση αυτή, συλλέγουν δεδομένα για ArcGIS και BoundGeometry . Διαφέρει όμως ως προς το γεγονός ότι μετά τη συλλογή των δεδομένων οι εθελοντές μπορούν να εισάγουν πρόσθετες κτηματολογικές πληροφορίες για το ακίνητο και να τις αποστέλλουν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στις εντεταλμένες εταιρείες (επιθεωρητές/δικηγόρους), οι οποίες είναι υπεύθυνες για την εποπτεία των κτηματολογικών ερευνών στην περιοχή, όπου ανήκουν τα συγκεκριμένα αγροτεμάχια. Μια πρόσθετη διαφορά είναι το γεγονός ότι οι εθελοντές συμμετέχουν σε μια διαδικασία παροχής κινήτρων , έτσι ώστε οι ενεργοί ιδιοκτήτες ακινήτων να ανταμείβονται με εκπτώσεις ή κάτι άλλο παρόμοιο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αυτή η μέθοδος (σε αντίθεση με την προηγούμενη) εφαρμόζεται τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες και κάθε φορά προσαρμόζεται στις διαθέσιμες υποδομές.

Ο τομέας εφαρμογών VGI επεκτείνεται με τη χρήση του σε 3D κτηματολόγιο (Gkeli M, et al., 2017a). Το συγκεκριμένο κτηματολόγιο αποσκοπεί στη διατήρηση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας μέσω των κτηρίων, έτσι ώστε οι μεμονωμένες ιδιοκτησίες να μπορούν να καταχωρηθούν σωστά. Χρησιμοποιούνται προσεγγίσεις με γνώμονα το μοντέλο, καθώς χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη σταθερότητα, διατήρηση της τοπολογίας, ενώ προσφέρουν έναν εύκολο τρόπο τρισδιάστατης ανασυγκρότησης, ο οποίος μπορεί να υιοθετηθεί από τους απλούς πολίτες χωρίς συγκεκριμένες φωτογραμμετρικές δεξιότητες (Gkeli M, et al., 2017b). Η έρευνα προτείνει η μέθοδος να χωριστεί σε δύο φάσεις. Η πρώτη μοιάζει με τη αντίστοιχη συλλογή δεδομένων των δισδιάστατων εφαρμογών VGI και η δεύτερη θα είναι η δημιουργία ή η εισαγωγή των 3D διαμορφωμένων ιδιοκτησιών από τους ιδιοκτήτες τους. Καταλήγει δε στο συμπέρασμα ότι: "μέσα από την κατάλληλη εκπαίδευση και εξάσκηση των ιδιοκτητών των ακινήτων, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνικών και αλγορίθμων, για την επεξεργασία δεδομένων και την ανάπτυξη 3D μοντέλων, αυξάνεται η αξιοπιστία των κτηματολογικών ερευνών."

Το 2018 οι (De Zeeuw, et al., 2018) ανέπτυξαν καινοτόμες μεθοδολογίες, τεχνολογίες και προσεγγίσεις για την καλλίτερη διαχείριση γης, βασισμένες στις πρόσφατες εμπειρίες εφαρμογής του Κτηματολογίου σε διάφορες ηπείρους. Μεταξύ των άλλων τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι πως υπάρχει επείγουσα ανάγκη για τη διαχείριση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας και χρήσης γης σε όλο τον κόσμο ως βάση για κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη χωρίς αποκλεισμούς. Οι ιδιώτες δεν θα επενδύσουν εύκολα σε ακίνητα όταν το καθεστώς ιδιοκτησίας είναι ασαφές ή όταν άγνωστοι περιορισμοί επιβάλλονται στο ακίνητο. Η νομική ασφάλεια αποτελεί σημαντικό κίνητρο για τους ανθρώπους. Χωρίς νομική απόδειξη ιδιοκτησίας, είναι δύσκολο να υπάρχουν επενδύσεις. Συνεπώς η σωστή διαχείρηση της γης είναι μια ζωτικής σημασίας υποδομή για μια κυβέρνηση,- όχι μόνο για να αυξήσει τους φόρους και εν προκειμένου να αυξήσει τα αναγκαία έσοδα της,- για να προσελκύσει επενδυτές αλλά και για την υποστήριξη της πολιτικής και την λήψη αποφάσεων για βιώσιμη ανάπτυξη.

Στο συνέδριο Word Bank Conference on land and poverty το 2019 παρουσιάστηκε η έρευνα των (Unger E.M, et al., 2019). Διερευνά τον τρόπο με τον οποίο οι Fit-For-Purpose προσεγγίσσεις και οι παρεμβάσεις στη διαχείρηση γης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία αποκατάστασης της γης μετά από σεισμό. Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούν τέσσερις πληγείσες κοινότητες από τον σεισμό μεγεθους 7,6 του Απριλίου 2015 στο Νεπάλ. Η κυβέρνηση του Νεπάλ αντιμετώπισε προβλήματα στην ανάκαμψη και την ανασυγκρότηση των κοινοτήτων, ιδιαίτερα απέναντι στους ανθρώπους χωρίς έγγραφα γης. Ως εκ τούτου, καινοτόμα εργαλεία γης χρησιμοποιήθηκαν, για την υποστήριξη της καταγραφής και της διαχείρισης των άτυπων δικαιωμάτων γης. Στις προσπάθειες ανοικοδόμησης εφαρμόστηκε η μέθοδος προσέγγισης FFP LA (Fit-For-Purpose διαχείρηση γης). Εν τέλη, η μέθοδος προσέγγισης ήταν επιτυχής και η χαρτογράφηση των δικαιωμάτων γης στο πλαίσιο της Διαχείρισης Κινδύνου Καταστροφών (DRM) αποδείχθηκε αποτελεσματική.

Μια επιπλέον μελέτη του 2019 παρουσιάζει ένα πρακτικό τεχνικό εργαλείο για τη μελλοντική διαχείριση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας 3D στις αστικές περιοχές. (Gkeli M., et al., 2019). Αυτό το εργαλείο υιοθετεί όλα τα χαρακτηριστικά των παραπάνω πειραμάτων. Οι ιδιοκτήτες ακινήτων εκπαιδεύτηκαν ώστε να χρησιμοποιούν μια εφαρμογή στην οποία θα καταχωρούσαν τα χαρακτηριστικά της περιουσίας τους (ύψος, όρια, δικαιώματα κλπ.). Επιπλέον, οι πολίτες που συμμετείχαν ανταμείφθηκαν με έκπτωση σε φόρους ή στα τέλη εγγραφής στο μητρώο του κτηματολογίου και στο τέλος της αίτησης τα αποτελέσματα ενσωματώθηκαν από επιθεωρητές τοπογράφους. Το αποτέλεσμα ήταν πραγματικά θετικό, καθώς "η διαδικασία εγγραφής ήταν σχετικά γρήγορη και ολοκληρώθηκε με επιτυχία με ακρίβεια RMS = 0.17 m, ενώ τα 3D μοντέλα -ακίνητα τοποθετήθηκαν σωστά σε 3D χώρο από τους ιδιοκτήτες τους διατηρώντας τις καθορισμένες διαστάσεις του χρήστη κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εγγραφής "Το πιο σημαντικό συμπέρασμα αυτής της έρευνας ήταν ότι η ολοκλήρωση του κτηματολογίου, όσο το δυνατόν γρηγορότερα, είναι πιο σημαντική από τα αποτελέσματα υψηλής ακρίβειας, προκειμένου να επιτευχθούν εγκαίρως οι στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης (Agenda 2030).

Με βάση την παραπάνω έρευνα προτάθηκε μια εναλλακτική τεχνική λύση για την απόκτηση, καταγραφή και αναπαράσταση των 3d crowdsourced κτηματολογικών δεδομένων (Gkeli M., et al., 2020). Εξηγεί την αναγκαιότητα του 3D κτηματολογίου για την τάση της ταχείας δημιουργίας αυτο-κατασκευασμένων πόλεων. Η μελέτη αυτή προτείνει μια νέα υπό ανάπτυξη τεχνική λύση για την απόκτηση, εγγραφή και αναπαράσταση δεδομένων 3D. Η έρευνα υλοποιήθηκε σε δύο πολυώροφα κτίρια της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οι εθελοντές που συμμετείχαν ήταν τοπογράφοι φοιτητές και υπάλληλοι με προηγμένες τεχνικές δεξιότητες, που ανέλαβαν τη θέση των κατόχων δικαιωμάτων. Τα αποτελέσματα απέδειξαν για άλλη μια φορά ότι η ακρίβεια των παραγόμενων πληροφοριών εξαρτάται από την ακρίβεια των βασικών χαρτών και της παροχής του Διαδικτύου. Επιπλέον, "η προτεινόμενη τεχνική λύση έχει τεράστιες δυνατότητες για την ταχεία, οικονομική υλοποίηση των 3D κτηματολογικών ερευνών καθώς μπορεί να παράγει ένα ακριβές και αξιόπιστο 3D πληροφοριακό μοντέλο".

Στο τέλος του 2019 διεξήχθη άλλη έρευνα που αφορά στην ανάπτυξη μιας διαδικασίας αξιόπιστης 2D crowdsourced κτηματολογικής αποτύπωσης με την εισαγωγή της χρήσης νέων εργαλείων πληροφορικής τεχνολογίας, πληροφοριών και την αύξηση της συμμετοχής των πολιτών, στην Ελλάδα και τη Ρουμανία (Potsiou C.,et.al, 2020). Πραγματοποιήθηκαν τρεις εμπεριστατωμένες μελέτες, μία σε αστική (Ρουμανία), μία σε αγροτική (Ελλάδα) και μία σε προαστιακή περιοχή (Ρουμανία). Ο κύριος σκοπός αυτής της έρευνας ήταν η σύγκριση των επίσημων κτηματολογικών διαδικασιών σε κάθε χώρα με τις διαδικασίες crowdsourcing για κάθε περιοχή. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι η επιτευχθείσα γεωμετρική ορθότητα χρησιμοποιώντας ακριβείς ορθοφωτογραφίες και crowdsourcing ικανοποίησε τις τεχνικές προδιαγραφές της επίσημης διαδικασίας. Καταλήγει δε στο συμπέρασμα ότι η έρευνα για την ανάπτυξη μιας προσέγγισης κτηματολογικής έρευνας F-F-P με τη συμμετοχή των πολιτών έχει φτάσει σε ένα καλό επίπεδο επιτυχίας, υπάρχει βέβαια δυνατότητα περαιτέρω βελτίωσης.

Επιπλέον, μια πιο πρόσφατη έρευνα αποκαλύπτει ότι δημιουργήθηκαν δύο διαδικτυακές εφαρμογές για την επίσημη υποστήριξη της διαδικασίας δήλωσης δικαιωμάτων ιδιοκτησίας του Ελληνικού Κτηματολογίου (Mourafetis G.,et.al, 2020). «Η προτεινόμενη προσέγγιση θεωρήθηκε μεγάλη επιτυχία όσον αφορά τόσο την αποδοχή του κοινού όσο και τη χρηστικότητα, όπως φαίνεται από τα στατιστικά στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά τους πρώτους οκτώ μήνες της επίσημης λειτουργίας του».

Το 2020 οι (Lemmen C.H.J, et al, 2020) διενήργησαν μια παγκόσμια έρευνα με σκοπό την ενημέρωση όσον αφορά τα παρόντα συστήματα γης και πιθανές μελλοντικές βελτιώσεις αυτών. Σε πολλά έθνη, τα συστήματα διαχείρισης γης είναι είτε ανύπαρκτα ή χειροκίνητα συστήματα με βάση το χαρτί ή ημιαυτόματα που υπόκεινται σε περιορισμένη πρόσβαση του κοινού. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις διατρέχουν σημαντικό κίνδυνο, απώλειας δεδομένων και αποτυχίας λόγω έλλειψης διαλειτουργικότητας. Η Open Geospatial Consortium (ανοικτή γεωχωρική κοινοπραξία) δημοσίευσε μια Λευκή Βίβλο (White paper) για τη διοίκηση της Γης. Το white paper παρέχει μια επισκόπηση του τομέα διαχείρισης γης και προτείνει δράσεις που απαιτούνται για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των προτύπων εφαρμογής. Η συνεργασία μεταξύ της ανοικτής γεωχωρικής κοινοπραξίας (OGC) και του ISO αναμένεται να επιταχύνει τις εξελίξεις στον τομέα της διαχείρησης γης. Η έρευνα καταλήγει στο γεγονός πως πλέον διάφορες χώρες αναπτύσσουν και εφαρμόζουν προφίλ LADM που είναι συμβατό σε περισσότερες δομές δεδομένων.

Μια επιπλεόν έρευνα που ενθαρύνει την χρήση της νεάς αναθεώρησης του ISO 19152 για το LADM σε εφαρμογές 3D στην Ινδονησία είναι αυτή, των (Indrajit A., et al., 2020). Η μελέτη τους εφαρμόζει τα εννοιολογικά δεδομένα μοντελοποίησης πληροφοριών του χωροταξικού σχεδιασμού, στην αναθεώρηση του ISO 19152 για τον τομέα διαχείρισης γης (LADM). Στόχος η δημιουργία διαλειτουργικότητας χωρικών πληροφοριών ώστε, να είναι εφικτή η πραγματοποιήση σύνθετων διαδικασιών, όπως είναι η έκδοση άδειας επιχειρηματικής δραστηριότητας και η καταγραφή στοιχείων ακίνητης περιουσίας.

Αφού ληφθούν υπόψη όλες οι προηγούμενες έρευνες, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι, ένας τομέας έρευνας που εξακολουθεί να έχει πολλές δυνατότητες βελτίωσης είναι ο προσδιορισμός θέσης σε εσωτερικό χώρο προκειμένου να γίνει καλύτερη διαχείριση γεωχωρικών δεδομένων και να συμβάλει στη διαδικασία δήλωσης δικαιωμάτων ιδιοκτησίας.

## 3.4 Κτηματολόγιο εσωτερικού χώρου

Οι παράνομοι οικισμοί (αυτοδημιούργητες πόλεις) δημιουργούνται κάτω από χαοτικές συνθήκες και η προσπάθεια να ενταχθούν σε ένα κτηματολόγιο που θα προστατεύει τους ανθρώπους και το περιβάλλον μέσα στις πόλεις είναι εξαιρετικά δύσκολη. Λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού και των κατασκευών στις συγκεκριμένες περιοχές, η κατανομή των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας είναι τόσο περίπλοκη ώστε οι βασικές μέθοδοι του 2D και 3D κτηματολογίου δεν αρκούν. Σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζεται μια λύση με τη μορφή του εσωτερικού κτηματολογίου.

*"Ο όρος" εσωτερικό κτηματολόγιο " περιγράφει ένα πληροφοριακό σύστημα που ενσωματώνει τα λειτουργικά στοιχεία της απόκτησης, διαχείρισης, ανάλυσης και παρουσίασης πληροφοριών εσωτερικού χώρου κτιρίου*." (Clemen C., et.al, 2006). Το κτηματολόγιο εσωτερικού χώρου παρέχει τη δυνατότητα στους μηχανικούς τοπογράφους να ανταλλάσσουν πληροφορίες σε μια ολοκληρωμένη ομάδα δεδομένων.

Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ετών υπήρξαν κάποιες πραγματικά αξιοσημείωτες καινοτομίες σχετικά με τη μεθοδολογία της εσωτερικής χαρτογράφησης. Το 2014 προτάθηκε μια απλή και ταχεία μέθοδος για την απόκτηση δεδομένων εσωτερικού χώρου, με βάση τη δομή δεδομένων διπλού μισού άκρου ( dual half edge data structure ) σχετικά με το 3D κτηματολόγιο . Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, αυτή η τεχνική αποδείχθηκε οικονομικά αποδοτική για τη μοντελοποίηση της πόλης 3D (Jamali A., et al., 2014). Μια επιπλέον εξέλιξη το 2019 παρουσίασε μια τεχνική για τη διερεύνηση των αλλαγών στο χρόνο, της γεωμετρίας ενός κτηρίου που μπορεί να συνδεθεί με ένα μοντέλο διαχείρισης γης (LADM) και να συμπεριληφθεί σε μια 3D χωρική βάση δεδομένων (Koeva M.,et.al, 2019). Τέλος, το 2020 δημοσιεύθηκε μια έρευνα που διερεύνησε τη χρησιμότητα των υφιστάμενων κτηματολογικών δεδομένων για εσωτερική χαρτογράφηση και πρότεινε μια καινοτόμο μέθοδο για την αξιολόγηση της χρηστικότητας των δεδομένων εισόδου με σκοπό την εσωτερική μοντελοποίηση με βάση το σλοβενικό κτηματολόγιο κτηρίων (Tekavec J., .et,al, 2020).

Η παρούσα έρευνα διεξάγεται σε 2D καθώς δεν ήταν δυνατή η συλλογή υψομετρικών μετρήσεων και είναι ένας συνδυασμός τεχνικών crowdsourcing και μηχανικής μάθησης. Παρ ’όλα αυτά η εφαρμογή θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε 3D αν τίθετο ένα σταθερό υψόμετρο για όλα τα σημεία (πχ το υψόμετρο του πατώματος του ορόφου)

## 4. Μεθοδολογία

Ο προσδιορισμός θέσης σε εσωτερικό χώρο είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, ο αριθμός των οποίων βελτιώνεται και αυξάνεται σταδιακά όσο προχωράει η τεχνολογία. Καθώς τα πάντα εξελίσσονται σε «έξυπνες συσκευές», από «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα, smart watches σε σπίτια και πόλεις, είναι απαραίτητο να επιτευχθεί ένα επίπεδο αυτοματοποίησης. Το κεφάλαιο που ακολουθεί εμβαθύνει στην πρόοδο που έχει επιτευχθεί μέχρι τώρα καθώς και στα μέσα που απαιτούνταν για την επίτευξη της.

## 4.1 Προηγούμενη έρευνα

Ακολούθως θα παρουσιαστούν προηγούμενες έρευνες που αφορούν τα εξής θέματα: α) την χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης για τον προσδιορισμό θέσης β) την χρήση της τεχνολογίας Bluetooth για τον ίδιο σκοπό και γ) την σύσταση προβλημάτων σε παρόμοιες καταστάσεις

### 4.1.1 Τεχνικές μηχανικής μάθησης για προσδιορισμό θέσης

Οι τεχνικές προσδιορισμού θέσης επιτρέπουν την παροχή πληροφοριών που αφορούν την θέση ανθρώπων, κινητών συσκευών και εξοπλισμού. Η ακριβής εκτίμηση της τοποθεσίας είναι μια πρόκληση ειδικά στο εσωτερικό κτιρίων, οπού δεν είναι εφικτός ο δορυφορικός εντοπισμός θέσης λόγω σοβαρής εξασθένισης ή φραγμού των σημάτων. Η ακρίβεια προσδιορισμού θέσης είναι ο βασικός παράγοντας για την αποτελεσματική υποστήριξη προηγμένων υπηρεσιών σε εσωτερικούς χώρους. (Laoudias C.et,al 2009).

Όσον αφορά τον προσδιορισμό θέσης σε εσωτερικό χώρο ποικίλα συστήματα εντοπισμού έχουν προταθεί, τα οποία εξετάζουν διαφορετικές πηγές δεδομένων. Η τεχνολογία που ερευνά αυτόν τον τομέα διακρίνεται σε δύο διαφορετικές κατηγορίες: τις μεθόδους που βασίζονται σε μοντέλα δύο διαστάσεων (2D) και εκείνες που βασίζονται σε μοντέλα τριών διαστάσεων (3D). Τεχνολογίες όπως τα: Bluetooth, Wi-Fi και ZigBee χρησιμοποιούνται σε 2D εφαρμογές ενώ τα: Infrared, ultra-wideband και ultrasonic αφορούν 3D εφαρμογές. Το hardware στις 2D εφαρμογές είναι πολύ φθηνότερο σε σύγκριση με το αντίστοιχο των 3D. Αυτό το γεγονός το καθιστά δημοφιλέστερο σε εφαρμογές που γίνονται σε περιοχές με χαμηλό οικονομικό επίπεδο (Zhang T.,et al, 2018).

Μεταξύ των υφισταμένων λύσεων η πιο δημοφιλής είναι η τεχνική του fingerprinting. Ο όρος «Fingerprint» αναφέρεται στο μοτίβο των μετρήσεων της ισχύος του ραδιοσήματος που παράγεται σε μια δεδομένη τοποθεσία στο χώρο και αποτελείται από: ένα διάνυσμα που περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του σήματος και ένα ανάλογο διάνυσμα που τιμών ισχύος του λαμβανόμενου σήματος (Received Signal Strength – RSS) (Faragher R.M.,et al, 2013). Η τεχνική αυτή χωρίζεται σε δύο στάδια το online και το offline. Κατά την διάρκεια του offline σταδίου συλλέγονται RSS από

διαφορετικά σημεία πρόσβασης (access point – AP) στο ίδιο σημείο αναφοράς (-reference point – RP) και δημιουργείται μια βάση δεδομένων με «Fingerprints». Κατά την διάρκεια του online σταδίου οι μετρήσεις του RSS σε πραγματικό χρόνο συγκρίνονται με την βάση δεδομένων που περιέχει τα «Fingerprints» και υπολογίζονται τα αποτελέσματα και τα σφάλματα τους. Εφόσον το δείγμα των RSS μετρήσεων αποκτάται στην περιοχή μελέτης αυτή καθ' αυτή η ακρίβεια της μεθόδου είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με άλλες αντίστοιχες μεθόδους (Zhang T.,et al, 2018).

Πολλά fingerprinting συστήματα εντοπισμού σε εσωτερικό χώρο χρησιμοποιούν Wi-Fi RSS τιμές καθώς αποτελούν απλή λύση και έχουν χαμηλές απαιτήσεις υλικού (hardware requirements). Τα RSS fingerprints πολύ συχνά συνδυάζονται με διαφορετικές τεχνικές μηχανικής μάθησης με σκοπό την παραγωγή μοντέλων όπως: ο αλγόριθμος k- πλησιέστερων γειτόνων (k-Nearest Neighbors – kNN), μοντέλα βασισμένα σε νευρωνικά δίκτυα ( Neural Networks) και τις Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (ΜΔΥ) (Support Vector Machines (SVM)) (Potsiou C.,et al, 2020). Ωστόσο, αυτές οι τεχνικές υπόκεινται σε περιορισμούς που αφορούν την ικανότητα τους να επωφεληθούν πλήρως από τα δεδομένα εκπαίδευσης[1] (training data) για την εκμάθηση σύνθετων χαρακτηριστικών. Εντούτοις, οι τεχνικές μηχανικής μάθησης έχουν εφαρμοστεί σε πολλά επιστημονικά πεδία οπού συνετέλεσαν σε μεγάλη βελτίωση του αποτελέσματος σε [i]σύγκριση με τις προηγούμενες τεχνικές. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίον, οι πιο πρόσφατες εφαρμογές προσδιορισμού θέσης σε εσωτερικό χώρο βασιζόμενες σε RSS, χρησιμοποιούν τις τεχνικές μηχανικής μάθησης για την εκτίμηση της θέσης σημείων (Ibrahim M.,et.al, 2018).

Η πρώτη εφαρμογή fingerprinting σε σύστημα προσδιορισμού έγινε από τους (Bahl P.,et al, 2000). Ουσιαστικά, δημιούργησαν ένα σύστημα εντοπισμού βασισμένο σε ραδιοκύματα με σκοπό τον εντοπισμό και την ιχνηλάτηση ατόμων μέσα σε ένα κτήριο. Το σύστημα αυτό, το οποίο ονομάστηκε RADAR απέδειξε ότι είναι εφικτή η δημιουργία συστημάτων εντοπισμού που βασίζονται σε ασύρματα ραδιοκύματα.

Το 2006 οι (Durrant-Whyte H.,et.al, 2006) περιέγραψαν το πρόβλημα SLAM (simultaneous localization and mapping) και τις βασικές μεθόδους επίλυσης του.

[1] Τα δεδομένα εκπαίδευσης (training data) είναι ένα σύνολο προκατηγοριοποιημένων παραδειγμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται στην διαδικασία κατηγοριοποίησης ή αλλιώς ταξινόμησης (classification) (Βαζιργιάννης Μ., 2005)

SLAM είναι μια διαδικασία μέσω της οποίας ένα κινητό ρομπότ μπορεί να δημιουργήσει ένα χάρτη του περιβάλλοντος και ταυτόχρονα να χρησιμοποιήσει τον ίδιο χάρτη για να προσδιορίσει την θέση του στο χώρο. Στο SLAM, η τροχιά του ρομπότ και η τοποθεσία τον σημαντικών αντικείμενων στο χώρο υπολογίζεται online χωρίς να απαιτείται προηγούμενη γνώση του χώρου. Ο χάρτης του χώρου δημιουργείται σταδιακά από την παρακολούθηση των κινήσεων στο χώρο.

Μια συνάρτηση νευρωνικών δικτύων ακτινικής συνάρτησης βάσης[2] (Radial Basis Function, RBF) προτάθηκε από τους (Laoudias C.,et al, 2009) και ονομάστηκε cRBF. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η χρήση ακτινικών συναρτήσεων βάσης RBF για την συλλογή RSS Fingerprint τιμών με σκοπό τον προσδιορισμό θέσης στο χώρο είναι πολύ αποτελεσματική και πιο ακριβής από άλλες μεθόδους.

Το 2012 εφαρμόστηκε για πρώτη φορά η προσαρμογή της τεχνολογίας SLAM σε ένα κινητό τηλέφωνο. Οι (Shin H., et al, 2012) παρουσίασαν ένα σύστημα παρακολούθησης πεζών για εσωτερικούς χώρους (SmartSLAM), το οποίο κατασκευάζει αυτόματα μια κάτοψη του χώρου και έναν fingerprint χάρτη χρησιμοποιώντας ένα κινητό τηλέφωνο. Για την κατασκευή της κάτοψης το σύστημα αξιοποιεί: ένα μοντέλο παρατήρησης με σήματα Wi-Fi, αδρανειακούς αισθητήρες για τον εντοπισμό της οδομετρίας και μια εκτίμηση κατά Bayes. Το SmartSLAM είναι μια εφαρμογή χαρτογράφησης και ταυτόχρονα εντοπισμού που δεν απαιτεί πρόσθετες συσκευές. Παρά τα εγγενή σφάλματα παρακολούθησης από ανθρωπογενή θόρυβο που λάμβαναν οι αισθητήρες, το SmartSLAM κατάφερε με επιτυχία την κατασκευή εσωτερικών δαπέδων.

Μέθοδοι που χρησιμοποιούν fingerprints σήματος έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικοί με χαμηλή απαιτούμενη επεξεργασία (άρα χαμηλότερη επίδραση στην μπαταρία του κινητού) αλλά χρειάζονται να γίνουν προηγούμενες τοπογραφικές μετρήσεις. Μέθοδοι που χρησιμοποιούν τεχνικές μηχανικής μάθησης όπως η SLAM δεν χρειάζονται προηγούμενες μετρήσεις αλλά έχουν μεγάλο υπολογιστικό φορτίο (άρα μεγαλύτερη επίδραση στην μπαταρία ενός κινητού). Στη μελέτη των (Faragher R.M., et al., 2013) προτείνεται μια μέθοδος SmartSLAM που περιλαμβάνει ένα

[2] Ακτινική συνάρτηση βάσης είναι οποιαδήποτε συνάρτηση με πραγματικές τιμές της οποίας το αποτέλεσμα εξαρτάται αποκλειστικά από την απόσταση των τιμών εισόδου της από κάποια πηγή. (Farhangi A., 2016)

συνδυασμό αλγορίθμων με διαφορετικούς αισθητήρες. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι: υπολογισμός στίγματος πεζών (Pedestrian Dead Reckoning – PDR), εκτεταμένο φίλτρο Kalman με χρήση fingerprints (Fingerprint Extended Kalman Filter – FEFK) και SLAM κατανεμημένων σωματιδίων (Distributed Particle SLAM -DPSLAM).

Οι (Wang X., et al., 2015) πρότειναν μια μέθοδο που για πρώτη φορά συνδύαζε έναν αλγόριθμο μηχανικής μάθησης με προσδιορισμό fingerprints. Πρόκειται για ένα σύστημα fingerprints με τη χρήση πληροφοριών κατάστασης καναλιού (Channel State Information CSI) που ονομάζεται DeepFi. Η μέθοδος είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα αλλά αποδείχθηκε δύσχρηστη καθώς οι παράμετροι που επιλέχθηκαν έκαναν την διαδικασία εκπαίδευσης του αλγορίθμου αρκετά δύσκολη.

Το 2016 διεξήχθη μία έρευνα που πρότεινε μια ασύρματη μέθοδο εντοπισμού βασισμένη σε τεχνικές μηχανικής μάθησης (Zhang W., et al., 2016). Για την αντιμετώπιση των μεταβλητών και απρόβλεπτων ασύρματων σημάτων χρησιμοποιείται ένα νευρωνικό δίκτυο βάθους τεσσάρων στρωμάτων (Deep Neural Network – DNN) το οποίο έχει προηγουμένως εκπαιδευτεί από έναν αυτόματο κωδικοποιητή στοίβας (Stacked Denoising Autoencoder – SDA). Ο κωδικοποιητής αυτός έχει την ικανότητα να ξεχωρίζει τα αξιόπιστα χαρακτηριστικά (features) από ένα μεγάλο σύνολο δειγμάτων με θόρυβο. Παράλληλα για να διατηρηθεί η χρονική συνοχή, εισάγεται στο δίκτυο ένα εργαλείο εντοπισμού βασισμένο στο κρυφό μοντέλο Markov (Hidden Markov Model – HMM). Τα δεδομένα που απαιτούνται για το πείραμα συλλέγονται σε διάφορες χρονικές περιόδους ώστε τα αποτελέσματα να ανταποκρίνονται περισσότερο στο πραγματικό περιβάλλον.

Μια υψηλών στάνταρ τεχνολογία προσδιορισμού θέσης για εσωτερικό χώρο απαιτείται για να εξυπηρετήσει τις ευρέως εφαρμοσμένες υπηρεσίες βασιζόμενες στην τοποθεσία (Location Based Services – LBS). Για τον σκοπό αυτό οι (Zhang T., et al., 2018) πρότειναν ένα νέο συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο (Convolutional Neural Network – CNN) το οποίο θα βασίζεται στον εντοπισμό θέσης με τη χρήση Wi-Fi fingerprints. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα το συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο CNN έχει πολύ καλύτερες αποδόσεις σε δημόσια δεδομένα (datasets) σε σύγκριση με άλλες παραδοσιακές τεχνικές μηχανικής μάθησης.

Με σκοπό τον προσδιορισμό θέσης σε εσωτερικό χώρο οι (Ibrahim M., et al., 2018) ανέπτυξαν ένα συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο CNN που χρησιμοποιεί χρονοσειρές RSS που προέρχονται από σημεία πρόσβασης ενός ασύρματου τοπικού δικτύου (Wireless Local Area Network – WLAN). Η εφαρμογή αυτή αναμένεται να μειώσει τον θόρυβο και την τυχαία επιλογή που υπάρχει σε ξεχωριστές RSS τιμές και επακολούθως να βελτιώσει την ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης. Το μοντέλο εφαρμόστηκε σε ένα μεγάλο συγκρότημα πολυώροφων κτηρίων και στέφθηκε με επιτυχία παρουσιάζοντας ένα σφάλμα στις παραγόμενες συντεταγμένες της τάξης 2.77 μέτρων.

Το 2019 οι (Bakalos N., et al., 2019) πρότειναν μια πρωτοπόρα λύση για την καταπολέμηση των επιθέσεων (άμεσων ή μη) και των καταστροφών σε υποδομές νερού. Πρότειναν ένα πλαίσιο ανίχνευσης επιθέσεων βασισμένο στη σύντηξη πολυτροπικών δεδομένων και την προσαρμοστική μηχανική μάθησης. Πρόκειται για μια επέκταση του μοντέλου CNN, το TDL-CNN, το οποίο συνδυάζει μηχανική μάθησης με το αυτορρυθμιζόμενο και κινούμενων μέσων όρων φίλτρο NARMA. Το προτεινόμενο πλαίσιο αποδείχθηκε επιτυχημένο σχετικά με την προστασία κρίσιμης υποδομής νερού καθώς δοκιμάστηκε χρησιμοποιώντας ένα πραγματικό σύνολο δεδομένων.

Τα συστήματα εσωτερικού εντοπισμού (Indoor Positioning Systems – IPS) που βασίζονται σε fingerprints εξαρτώνται από χαρακτηριστικά που διατίθενται ευρέως στα κτήρια. Ωστόσο, τέτοια συστήματα απαιτούν εσωτερικές κατόψεις, οι οποίες ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμες, καθώς και fingerprints, που πρέπει να συλλέγονται μέσω εντατικών διεργασιών και ανθρώπινων πόρων. Για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί, οι (Santos R., et al., 2019) προτείνουν έναν αλγόριθμο για την αυτόματη κατασκευή εσωτερικών χαρτών και fingerprint, που εξαρτάται αποκλειστικά από crowdsourcing δεδομένα. Το σύστημα βασίζεται σε πολλαπλές τεχνικές φιλτραρίσματος για ακριβή ποσοτικό προσδιορισμό κίνησης σε συνδυασμό με ευκαιριακές παρατηρήσεις ανίχνευσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, η προτεινόμενη λύση πέτυχε παραγωγή κατόψεων και fingerprints συγκρίσιμη με αντίστοιχα που αποκτήθηκαν χειροκίνητα. Αυτό το γεγονός οδηγεί στο συμπέρασμα πως είναι δυνατό να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία του συστήματος εσωτερικού προσδιορισμού IPS χωρίς προγενέστερη υποδομή.

### 4.1.2 Προσδιορισμός θέσης με χρήση τεχνολογίας Bluetooth

Το Bluetooth είναι μια ασύρματη τεχνολογία που ενδείκνυται για εφαρμογές προσδιορισμού θέσης σε εσωτερικούς χώρους. Υπερτερεί σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες όπως το GPS και το NFC (Near Field Communication)[3] καθώς το GPS έχει χαμηλή ποιότητα λήψης σήματος εντός των κτηρίων και το NFC έχει πολύ μικρή εμβέλεια που περιορίζεται σε λίγα εκατοστά (4-5 εκατοστά). (RFID & Wireless IOT Global, 2020)

Σε μια έρευνα που δημοσιεύθηκε από την SIG (Bluetooth Special Interest Group) και την εταιρία ABI Research (Marcel J., 2020) υπολογίζεται πως μέχρι το 2024 θα υπάρχουν 6,2 δισεκατομμύριες συσκευές που διαθέτουν Bluetooth. Το 35% από αυτές θα διαθέτει την τεχνολογία BLE (Bluetooth Low Energy). Μέχρι τότε αναμένεται ότι το 100% των συσκευών θα μπορούν να υποστηρίξουν και τα δύο είδη Bluetooth (το κλασσικό και το BLE).

Το Bluetooth είναι μια ασύρματη τεχνολογία που δημιουργήθηκε για να διευκολύνει την ανταλλαγή δεδομένων σε μικρή απόσταση, χωρίς την χρήση καλωδίων. Λειτουργεί στο εύρος τον 2400-2483,5 MHz εντός της ζώνης συχνοτήτων ISM 2,4 GHz. Τα δεδομένα χωρίζονται σε πακέτα και ανταλλάσσονται μέσω ενός από τα εβδομήντα εννέα καθορισμένα κανάλια (κάθε ένα από τα οποία έχει 1MHz σε εύρος ζώνης) (Brian R., 2015). Το Bluetooth από μόνο του δεν έχει ικανότητα εντοπισμού αλλά λειτουργεί ως φάρος μετάδοσης σημάτων για την περιοχή που καλύπτει. (Potsiou C., et al., 2020).

Το Bluetooth χαμηλής ενέργειας BLE κυκλοφόρησε στην αγορά για πρώτη φορά το 2011. Όπως και το κλασσικό, το BLE λειτουργεί στην ζώνη συχνοτήτων ISM 2,4 GHz. Όμως, το τελευταίο παραμένει σε λειτουργία αναστολής μέχρι την στιγμή που ξεκινά η σύνδεση. Επιπλέον, σε αντίθεση με το κλασσικό που οι πραγματικοί χρόνοι σύνδεσης υπολογίζονται στα 100 χιλιοστά του δευτερολέπτου, στο BLE είναι μόλις μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου. Το Bluetooth μπορεί να χειριστεί πολλά δεδομένα, αλλά καταναλώνει γρήγορα τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και κοστίζει πολύ περισσότερο.

[3] NFC (Near Field Communication) ονομάζουμε την τεχνολογία που εφαρμόζεται κυρίως πάνω στα smartphone κι επιτρέπει στο κινητό να έχει ασύρματη επικοινωνία με άλλες συσκευές ή εξαρτήματα σε πολύ μικρή απόσταση. (Tzovaras D., 2019)

Σε σύγκριση προς το προηγούμενο το BLE χρησιμοποιείται για εφαρμογές που δεν χρειάζεται να ανταλλάσσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων και επομένως μπορεί να λειτουργεί με ισχύ μπαταρίας για χρόνια με φθηνότερο κόστος. (Brian R., 2015)

Παρόλο που αρκετοί επιστήμονες/ μηχανικοί παρέχουν σύνολα δεδομένων και περιβάλλοντα για τη σύγκριση διαφορετικών λύσεων μέσω των ερευνών τους, δύσκολα εξετάζουν νέες τεχνολογίες όπως το Bluetooth Low Energy (BLE). Οι (Barondi P., et al., 2018) προσπάθησαν να καλύψουν αυτό το κενό με την παρουσίαση ενός νέου συνόλου δεδομένων BLE για εσωτερικό εντοπισμό, την εξέταση πολλών ουσιαστικών περιπτώσεων εφαρμογής σε διαφορετικά σενάρια και συζητώντας εναλλακτικές χρήσεις του συνόλου δεδομένων στην αξιολόγηση διαφορετικών εφαρμογών εντοπισμού και πλοήγησης, δηλαδή τον εντοπισμό, την παρακολούθηση, την πληρότητα και την κοινωνική αλληλεπίδραση. Το σύνολο δεδομένων που δημιούργησαν δέχεται σήματα από οχτώ διαφορετικούς «φάρους» Bluetooth για να κάνει εντοπισμό σε οχτώ δωμάτια και έναν διάδρομο.

Σε μια ανάλογη έρευνα οι (Potsiou C., et al., 2020) αξιοποίησαν το σύστημα δεδομένων που δημιουργήθηκε με βάση το BLE και παρουσίασαν ένα κατάλληλο τεχνικό πλαίσιο και μια μεθοδολογία για την υλοποίηση τρισδιάστατων κτηματολογικών ερευνών που επικεντρώνονται σε εσωτερικούς χώρους. Δημιούργησαν ένα σύστημα εντοπισμού θέσης σε εσωτερικό χώρο που συνδύαζε την τεχνολογία Bluetooth με μια πρωτοποριακή αρχιτεκτονική μηχανικής μάθησης, προκειμένου να διερευνηθούν οι δυνατότητές της να παρέχει αυτόματα τη θέση της κινητής συσκευής μέσα σε ένα εσωτερικό περιβάλλον, με στόχο την βελτίωση του ερευνητικού τομέα που αφορά το 3D crowdsourced κτηματολογικό πλαίσιο.

Λαμβάνοντας υπόψιν τους προαναφερθέντες λόγους η τεχνολογία BLE κρίθηκε ως η καταλληλότερη για την παρούσα εργασία, και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί είναι το BLE 4.2.

### 4.1.3 Σύσταση προβλήματος

Σύμφωνα με τον Albert Einstein η σύσταση ενός προβλήματος είναι πολύ πιο σημαντική από την λύση του, η οποία μπορεί να είναι απλώς θέμα μαθηματικής ή εμπειρικής δεξιότητας. Η δημιουργία νέων ερωτήσεων, νέων πιθανοτήτων και η

θεώρηση παλαιών προβλημάτων από νέες οπτικές γωνίες απαιτεί δημιουργική φαντασία και σηματοδοτεί μεγάλες προόδους στην επιστήμη.

Έχοντας λάβει υπόψιν όλα τα προαναφερθέντα επανέρχεται η αρχική ερώτηση, ποια μέθοδος πρέπει να ακολουθηθεί ώστε να συλλεγούν γεωχωρικά στοιχεία με την απαραίτητη ταχύτητα, χαμηλό κόστος και επαρκή ακρίβεια για τον προσδιορισμό θέσης σε εσωτερικό χώρο. Σε αυτό το σημείο μπορεί να δοθεί μια πιθανή απάντηση σε αυτό το ερώτημα και στην συνέχεια της εργασίας θα γίνει η εφαρμογή της. Η μέθοδος που επιλέγεται βασίζεται στην τεχνολογία BLE και συνδυάζει μια τεχνική μηχανικής μάθησης με δεδομένα crowdsourcing.

Ο δομή της τεχνικής μηχανικής μάθησης έχει σκοπό τον υπολογισμό των συντεταγμένων σημείων με τη χρήση του σήματος των Bluetooth συσκευών. Σύμφωνα με τους (Potsiou C., et al., 2020) το σήμα Bluetooth θέτεται ως $b_i(t)$, όπου το $i$ συμβολίζει τον αριθμό του Bluetooth αισθητήρα. Στην περίπτωση που υπάρχουν διαθέσιμοι αισθητήρες, υπάρχουν επίσης $N$ διαθέσιμα σήματα παραμόρφωσης $b_i(t)$, $i=1,2,\ldots,N$. Η παραμόρφωση των σημάτων $b_i(t)$ παρέχει μια εκτίμηση των συντεταγμένων στο χώρο. Ως $s_c$ δηλώνεται ένα διάνυσμα που περιέχει τις συντεταγμένες ορισμένων σημείων στον χώρο. Ως εκ τούτου, ισχύει ότι $s_c = [s_C(p_1), s_c(p_2), \ldots, s_c(p_K)]^T$. Στην συνάρτηση, το $K$ αντιπροσωπεύει τον αριθμό των συντεταγμένων που ο αλγόριθμος υπολογίζει και η μεταβλητή $s_c(p_i)$ δείχνει την κάθε συντεταγμένη θέση της $p_i$ από τις διαθέσιμες θέσεις $K$. Το λαμβανόμενο σήμα παραμόρφωσης $b_i(t)$ σχετίζεται με την εκτίμηση της θέσης στο χώρο $s_c$ με τη χρήση της εξής μη γραμμικής σχέσης:

$$s_c = f\big(b_1(t), \ldots, b_N(t)\big) \qquad (1)$$

Η μεγαλύτερη δυσκολία της εξίσωσης (1) είναι ότι η μη γραμμική συνάρτηση $f(\cdot)$ είναι άγνωστη. Ένας τρόπος για να δομηθεί η άγνωστη συνάρτηση είναι μέσω ενός τροφοδοτικού νευρωνικού δικτύου (Feedforward Neural Network), όπως αυτό χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των (Doulamis A., et al., 2003). Θεωρώντας πως L κρυφοί νευρώνες, κάθε ένας από τους οποίους δίνει ως απάντηση ένα διάνυσμα $u_{j,i}$ (που αφορά τη θέση $s_c(p_j)$ του διανύσματος $s_c$) και ένα γραμμικό στρώμα εξόδου, τότε η εκτίμηση της $s_c(p_j)$ προκύπτει ως εξής:

$$s_c(p_j) = \boldsymbol{u}_j(t)^T \cdot \boldsymbol{v}_j \qquad (2a)$$

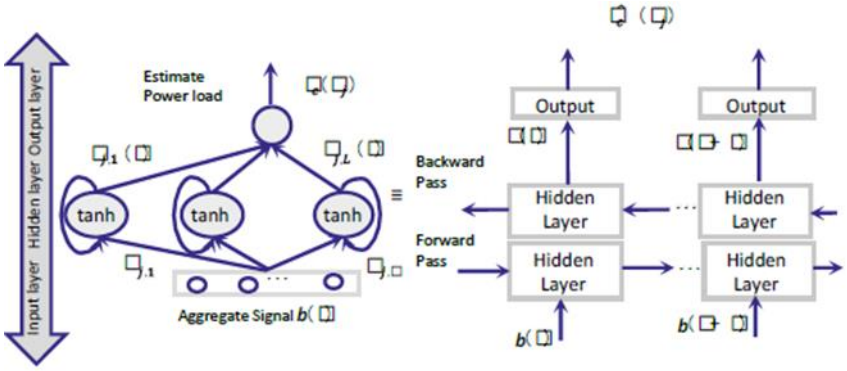
$$\boldsymbol{u}_j(t) = \begin{bmatrix} u_{j,1}(t) \\ \dots \\ u_{j,L}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tan h\,(\boldsymbol{w}_{j,1}^T \cdot b(t)) \\ \dots \\ \tan h\,(\boldsymbol{w}_{j,L}^T \cdot b(t)) \end{bmatrix} \qquad (2b)$$

Το tanh(·) αναφέρεται στην εφαπτομένη της υπερβολής, ώστε κάθε στοιχείο του διανύσματος $u_j(n)$ έχει εύρος από το -1 έως το 1. Τα βάρη $\boldsymbol{w}_{j,i}$, όπου $i=1,\dots,L$, ενώνουν το διάνυσμα εισόδου $\mathbf{b}(t) = [b_1(t) \dots b_N(t)]^T$ με τον i κρυφό νευρώνα. Αντίστοιχα, τα βάρη $\mathbf{v}_j$ συνδέουν τους κρυφούς νευρώνες με τον νευρώνα εξόδου. Το διάνυσμα **u**(n) συγκεντρώνει τις εξόδους όλων των $L$ κρυφών νευρώνων $u_{j,i}$ και εκφράζει κρυφές λειτουργίες των $j$ εκτιμήσεων για τις θέσεις στο χώρο. Το βάρη μπορούν να πάρουν τιμές από -1 έως 1. Κάθε εκτίμηση θέσης χώρου $s_c(p_j)$ διαθέτει κρυφές μεταβλητές οι οποίες υπολογίζονται μέσω μιας μαθησιακής λειτουργίας.

Αφού το διάνυσμα της θέσης στο χώρο $s_c(p_j)$ έχει μια μη γραμμική σχέση, η τιμή του διανύσματος $u_i(t)$ είναι εξαρτημένη τόσο από τις παρελθοντικές τιμές όσο και από τις μελλοντικές (Διάγραμμα 1). Ως εκ τούτου ισχύει ότι:

$$u_i(nt) = \tanh\,(w_i^T \cdot b(t) + \vec{r}_i^T \cdot u(t-1) + \overleftarrow{r}_i^T \cdot u(t+1)) \qquad (3)$$

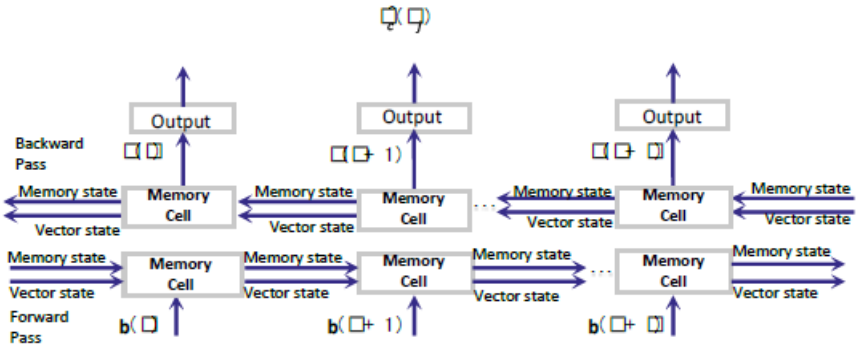
Στην εξίσωση (3) το $\vec{r}_i$ είναι ένα διανυσματικό βάρος που δηλώνει την εξάρτηση παρελθοντικών τιμών, ενώ το $\overleftarrow{r}_i^T$ δηλώνει την εξάρτηση μελλοντικών τιμών. (Graves A., 2013 )




*Διάγραμμα 1: Η αρχιτεκτονική ενός επαναλαμβανόμενου μοντέλο νευρωνικού δικτύου με αμφίδρομες δυνατότητες (Potsiou C., et al., 2020)*

Ένα νευρωνικό δίκτυο μικρής εμβέλειας, δηλαδή με ένα πέρασμα προς τα εμπρός ή ένα πέρασμα προς τα πίσω, δεν είναι αρκετό για να δομηθεί η άγνωστη συνάρτηση f(·).

Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται μια αμφίδρομη δομή μεγάλου εύρους εξάρτησης δηλαδή, ένα αμφίδρομο μακροπρόθεσμο-βραχυπρόθεσμο LSTM δίκτυο. (Kaselimi M., et al., 2019a) Το μοντέλο αυτό έχει ίδια δομή με τα αμφίδρομα επαναλαμβανόμενα μοντέλα παλινδρόμησης αλλά κάθε κόμβος στο κρυφό στρώμα αντικαθίσταται από ένα κύτταρο μνήμης, αντί για ένα μόνο νευρώνα. Η αρχιτεκτονική του αμφίδρομου δικτύου LSTM απεικονίζεται στο Διάγραμμα 2 και θα αναλυθεί περαιτέρω στο κεφάλαιο 4.3.




*Διάγραμμα 2: Η αρχιτεκτονική του αμφίδρομου μοντέλου νευρωνικού δικτύου που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των συντεταγμένων του χώρου βάση της παραμόρφωσης του σήματος Bluetooth (Potsiou C., et al., 2020), (Kaselimi M., et al., 2019a)*

Συνεπώς, η λειτουργία όλων των προαναφερθέντων ενοτήτων διατυπώνεται μαθηματικά από την εξής σχέση:

$$\{F(n), H(n), I(n), O(n)\} = \{\sigma, tanh\}\left(\boldsymbol{w}^{T,\{F,H,I,O\}} \cdot \boldsymbol{b}(t) + \vec{r}^{T\{F,H,I,O\}} \cdot \boldsymbol{u}(t-1) + \overleftarrow{r}_{j,i}^{T,\{F,H,I,O\}} \cdot \boldsymbol{u}_j(t+1)\right) \quad (4)$$

## 4.2 Επισκόπηση των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά σε όσες τεχνολογίες θα χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή.

Το **fingerprinting** χρησιμοποιεί τεχνικές αναγνώρισης προτύπων για τον εντοπισμό της θέσης μιας συσκευής, ταιριάζοντας την ανάλυση ενός χαρακτηριστικού σήματος που εξαρτάται από τη θέση. Η προσέγγιση πραγματοποιείται συνήθως σε δύο φάσεις, τη φάση εκτός σύνδεσης και τη φάση σε απευθείας σύνδεση. Στη φάση εκτός σύνδεσης (offline), πραγματοποιείται η ανάλυση του περιβάλλοντος σήματος. Η ισχύς του σήματος των διαφόρων θέσεων λαμβάνεται και αποθηκεύεται σε ένα ραδιοφωνικό χάρτη. Στην φάση απευθείας σύνδεσης (online), ένας αλγόριθμος εντοπισμού θέσης

χρησιμοποιείται και αντιστοιχεί την παρούσα ισχύ σήματος με την αποθηκευμένη ισχύ σήματος για να συναχθεί η θέση μιας συσκευής. Η μέθοδος fingerprinting παρέχει καλύτερη ακρίβεια, είναι ευκολότερη στη χρήση και οικονομικά αποδοτική. Το μειονέκτημα της είναι η επίδραση της περίθλασης, των ανθρώπων, της απόστασης των σημείων πρόσβασης APs, του ανοίγματος και του κλεισίματος των θυρών, της αντανάκλασης, της υγρασίας και της διασποράς που βιώνουν τα RSS σε εσωτερικό περιβάλλον. Υπάρχουν έως και πέντε fingerprinting αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν προσεγγίσεις αναγνώρισης προτύπων: προσέγγιση πιθανότητας, k- πλησιέστερων γειτόνων (k-Nearest Neighbors – kNN), Νευρωνικά Δίκτυα, μηχανή διανυσμάτων υποστήριξης (Support Vector Machine - SVM) και τέλος το μικρότερο πολύγωνο M-Vertex (Smallest M-Vertex Polygon - SMP). (Peter A., et al., 2015)

Όσον αφορά τα **νευρωνικά δίκτυα,** τα RSS και οι σχετικές συντεταγμένες θέσης τους που λαμβάνονται στη φάση εκτός σύνδεσης χρησιμοποιούνται ως είσοδοι και εξόδοι για τη φάση εκπαίδευσης στην τεχνική εντοπισμού πολλαπλών στρώσεων πολλαπλασιασμού με βάση το νευρωνικό δίκτυο. Τα βάρη λαμβάνονται από τη φάση εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου. Οι δυνάμεις σήματος πολλαπλασιάζονται με τα εκπαιδευμένα βάρη (αν ο χρήστης γνωρίζει πως κάποια βάρη είναι σημαντικότερα από άλλα τότε εισάγει και αυτήν την πληροφορία) και το υπολογίζεται αποτέλεσμα. Η συνάρτηση χρησιμοποιεί στη συνέχεια την έξοδο από το στρώμα εισόδου για να υπολογίσει μια έξοδο, η οποία υπολογίζεται με τα κρυμμένα βάρη στρώματος και προστίθεται στην κρυφή πληροφορία που εισάγει ο χρήστης εάν έχει εισαχθεί. Το αποτέλεσμα του νευρωνικού δικτύου είναι διάνυσμα δύο ή τριών στοιχείων που σημαίνουν εκτίμηση θέσης (συντεταγμένες) 2D ή 3D. (Peter A., et al., 2015)

Τα επαναλαμβανόμενα νευρωνικά δίκτυα (RNN), από τα οποία τα **LSTM**s (μονάδες "μακράς βραχυπρόθεσμης μνήμης") είναι το πιο ισχυρό και γνωστό υποσύνολο, είναι ένας τύπος τεχνητού νευρωνικού δικτύου σχεδιασμένου να αναγνωρίζει μοτίβα σε ακολουθίες δεδομένων, όπως δεδομένα αριθμητικών σειρών που προέρχονται από αισθητήρες. Αυτό που διαφοροποιεί τα RNNs και LSTMs από άλλα νευρωνικά δίκτυα είναι ότι λαμβάνουν υπόψη το χρόνο και την ακολουθία του, έχουν δηλαδή μια χρονική διάσταση. (Nicholson C., 2020) Τα LSTM συμβάλουν στη διατήρηση του σφάλματος που μπορεί να διατηρείται μέσα στο χρόνο και τα διαφορετικά στρώματα. Διατηρώντας ένα πιο σταθερό σφάλμα, επιτρέπουν στα επαναλαμβανόμενα δίχτυα να συνεχίσουν να

μαθαίνουν σε πολλά χρονικά βήματα (πάνω από 1000), ανοίγοντας έτσι ένα κανάλι για να συνδέουν τις αιτίες και τα αποτελέσματα από απόσταση. Αυτή είναι μια από τις κεντρικές προκλήσεις για τη μηχανική μάθηση, καθώς οι αλγόριθμοι συχνά αντιμετωπίζουν περιβάλλοντα όπου τα σήματα ανταμοιβής είναι αραιά και καθυστερημένα. Ουσιαστικά το LSTM δέχεται ως δεδομένο ένα υποσύνολο τον λύσεων και ψάχνει την γενική συνάρτηση.

Το **Bluetooth** είναι αξιόπιστη επιλογή όταν πρόκειται για ασύρματη συνδεσιμότητα για πολλές εφαρμογές όπως οικιακό και βιομηχανικό αυτοματισμό, Internet of Things (IoT), συσκευές ανθρώπινης διεπαφής (human interface devices -HIDs) και πολλά άλλα. Για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις αυτών των διαφόρων εφαρμογών, Η ομάδα ειδικού ενδιαφέροντος (Special Interest Group - SIG) συνεχίζει να κάνει βελτιώσεις στην προδιαγραφή της τεχνολογίας Bluetooth. Τον Δεκέμβριο του 2014, το Bluetooth SIG κυκλοφόρησε την έκδοση προδιαγραφών Bluetooth 4.2, περίπου ένα χρόνο μετά την κυκλοφορία της έκδοσης 4.1. Η νέα έκδοση 4.2 περιλαμβάνει κυρίως τρεις ενημερώσεις: επέκταση μήκους δεδομένων χαμηλής ενέργειας (LE) (DLE), προστασία της ιδιωτικότητας στο Link Layer (LL) και βελτιωμένη ασφάλεια. Αυτά τα χαρακτηριστικά αυξάνουν το εύρος ζώνης δεδομένων, ενισχύουν την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια του BLE και συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η στοίβα πρωτοκόλλου Bluetooth χαμηλής ενέργειας (BLE) μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρία τμήματα: α) ελεγκτής, β) κεντρικός υπολογιστής και γ) εφαρμογή. Ελεγκτής: αυτό το μέρος της στοίβας πρωτοκόλλου κωδικοποιεί το πακέτο και το μεταδίδει ως ραδιοφωνικό σήμα. Κατά τη λήψη, ο ελεγκτής αποκωδικοποιεί το ραδιοφωνικό σήμα και ανακατασκευάζει το πακέτο. Κεντρικός υπολογιστής: ο κεντρικός υπολογιστής αποτελείται από διάφορα πρωτόκολλα και προφίλ (διαχειριστής ασφαλείας, πρωτόκολλο χαρακτηριστικών κ.ο.κ.) που διαχειρίζονται τον τρόπο με τον οποίο δύο ή περισσότερες συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους. Εφαρμογή: αυτή είναι μια περίπτωση χρήσης που επιτρέπει στον κεντρικό υπολογιστή και τον ελεγκτή να εφαρμόσουν μια συγκεκριμένη λειτουργία (Gupta S., 2016). Όπως προαναφέρθηκε το Bluetooth από μόνο του δεν έχει ικανότητα εντοπισμού αλλά λειτουργεί ως φάρος μετάδοσης σημάτων για την περιοχή που καλύπτει. Η συσκευή που δέχεται τα σήματα είναι υπεύθυνη για την λήψη και την κατανόηση τους. Ωστόσο, όταν αυτοί οι φάροι αποκτούν φυσικές συντεταγμένες, είναι δυνατή η σύγκριση με το ληφθέν σήμα. Η

χωρική συσχέτιση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τη λαμβανόμενη ισχύ σήματος (RSSI). Το σήμα RSSI μπορεί να δώσει μόνο μια πρόχειρη εκτίμηση της απόστασης μεταξύ του φάρου και της τελικής συσκευής, καθώς το Bluetooth δεν διαθέτει κατευθυντική κεραία. Ωστόσο, με πολλαπλές τιμές RSSI από τους φάρους το σφάλμα εντοπισμού μπορεί να ελαχιστοποιηθεί και η ακρίβεια της θέσης μπορεί να επιτευχθεί σε επίπεδο μερικών εκατοστών (Potsiou C., et al., 2020).

### 4.2.1 Python

Για την δημιουργία του LSTM νευρωνικού δικτύου επιλέχθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python και πιο συγκεκριμένα η έκδοση 3.6.

Η Python είναι μια ερμηνευμένη, διαδραστική, αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού. Ενσωματώνει ενότητες, εξαιρέσεις, δυναμική πληκτρολόγηση, πολύ υψηλού επιπέδου, δυναμικούς τύπους δεδομένων, και κατηγορίες. Επιπλέον, υποστηρίζει πολλαπλά παραδείγματα προγραμματισμού πέρα από τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, όπως ο διαδικαστικός και λειτουργικός προγραμματισμός. Η Python συνδυάζει αξιοσημείωτη δύναμη με πολύ σαφή σύνταξη. Τέλος, χρησιμοποιείται ως γλώσσα επέκτασης για εφαρμογές που χρειάζονται προγραμματιζόμενη διεπαφή. (Python Software Foundation, 2020)

Μια βιβλιοθήκη Python είναι ένα επαναχρησιμοποιήσιμο κομμάτι κώδικα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σύνταξη ενός προγράμματος. Χρήσιμες για την παρούσα εργασία είναι οι εξής βιβλιοθήκες:

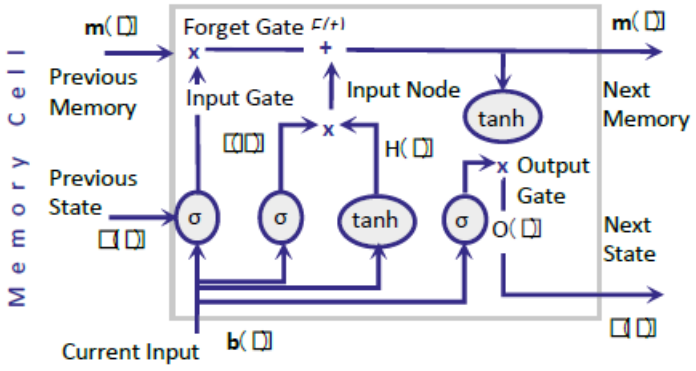
- Matplotlib, πρόκειται για μία βιβλιοθήκη που κατασκευάζει δισδιάστατα διαγράμματα και παράγει ποιοτικές φιγούρες σε μια ποικιλία από έντυπες μορφές και διαδραστικά περιβάλλοντα, ως εκ τούτου βοηθά με την ανάλυση δεδομένων. (Data Flair, 2021)
- Pandas, είναι μια βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα, με άδεια BSD που παρέχει υψηλής απόδοσης, εύχρηστες δομές δεδομένων και εργαλεία ανάλυσης δεδομένων. (Data Flair, 2021)
- NumPy, είναι μια βιβλιοθήκη που διαθέτει προηγμένες μαθηματικές λειτουργίες και ένα στοιχειώδες επιστημονικό υπολογιστικό πακέτο. (Data Flair, 2021)

- Tensor- Flow, λειτουργεί σαν υπολογιστική βιβλιοθήκη για τη σύνταξη νέων αλγορίθμων που περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό λειτουργιών τανυστών. Διευκολύνει την υλοποίηση των νευρωνικών δικτύων ως υπολογιστικά γραφήματα. (Rao A., 2021)
- Scikit-learn, είναι μια βιβλιοθήκη που σχετίζεται με τη NumPy. Θεωρείται ως μία από τις καλύτερες για τη διαχείριση σύνθετων δεδομένων. (Rao A., 2021)
- Keras, παρέχει έναν ευκολότερο μηχανισμό για την έκφραση νευρωνικών δικτύων. Επίσης διαθέτει μερικά από τα καλύτερα βοηθητικά προγράμματα για την κατάρτιση μοντέλων, την επεξεργασία δεδομένων, την απεικόνιση γραφημάτων και πολλά άλλα. (Rao A., 2021)

## 4.3 Σχεδιασμός

Σύμφωνα με το κεφάλαιο 4.2 οι συσκευές Bluetooth λειτουργούν σαν φάροι και με βάση τα πολλαπλά RSSI που λαμβάνονται είναι δυνατό να υπολογιστεί οι θέση τους στο χώρο. Η δομή και η λογική που ακολουθεί η τεχνική μηχανικής μάθησης για να παραχθούν οι συντεταγμένες είναι βασισμένη στις έρευνες των (Barondi P., et al., 2018), (Doulamis A., et al., 2003), (Graves A., 2013 ), (Kaselimi M., et al., 2019a), (Kaselimi M., et al., 2019b), (Kaselimi M., et al., 2020) και ακολουθεί πιστά το μοντέλο που έχουν προτείνει οι (Potsiou C., et al., 2020). Όπως περιεγράφηκε στο Κεφ. 4.1.3 χρησιμοποιείται μια αμφίδρομη δομή μεγάλου εύρους εξάρτησης δηλαδή, ένα αμφίδρομο μακροπρόθεσμο-βραχυπρόθεσμο LSTM δίκτυο, το οποίο θα αναλυθεί περεταίρω παρακάτω.

Το κελί μνήμης του LSTM δικτύου περιέχει τρία διαφορετικά στοιχεία: i) την πύλη απώλειας μνήμης (forget gate), ii) την πύλη εισόδου και τον κόμβο εισόδου (input gate and input node), και iii) την πύλη εξόδου (output gate). Η αρχιτεκτονική του κυττάρου μνήμης παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.




*Διάγραμμα 3: Η αρχιτεκτονική του κυττάρου μνήμης που χρησιμοποιείται σε μια αμφίδρομη μοντέλο LSTM (Potsiou Cet al., 2020), (Kaselimi M., et al., 2019a)*

**Πύλη απώλειας μνήμης**: Ο σκοπός αυτού του στοιχείου είναι να αποφασίσει ποιες πληροφορίες απορρίπτονται από το κελί μνήμης. Τα στοιχεία εξόδου λαμβάνουν τιμές μεταξύ 0 και 1, λόγω της λειτουργίας ενεργοποίησης σιγμοειδούς (λειτουργία "σ" στο Διάγραμμα 3). Όταν οι τιμές είναι κοντά στο 0 τα εισερχόμενα στοιχεία [που συντίθεται από την τρέχουσα ισχύ b(t) και το διάνυσμα u(t-1)/u(t+1)] δεν πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Αντίθετα εάν οι τιμές βρίσκονται κοντά στο 1 τότε αυτές οι πληροφορίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη από το τρέχον κύτταρο μνήμης.

**Πύλη εισόδου και κόμβος εισόδου:** Ο κόμβος εισόδου εκτελεί την ίδια λειτουργία με τον κρυφό νευρώνα του μοντέλου μικρής εμβέλειας. Δηλαδή, ενεργοποιεί την κατάλληλη λειτουργία που αρμόζει σε κάθε περίπτωση (αληθή ή ψευδή στοιχεία εξόδου από την ενεργοποίηση της συνάρτησης "tanH"). Αντί αυτού, η πύλη εισόδου ρυθμίζει το αν η αντίστοιχη κρυφή λειτουργία είναι "αρκετά σημαντική" στο μοντέλο παλινδρόμησης.

**Πύλη εξόδου**: Το στοιχείο αυτό ρυθμίζει εάν η απάντηση της τρέχουσας κυψέλης μνήμης είναι "αρκετά σημαντική" για να συμβάλει στο επόμενο κελί μνήμης.

## 5. Μελέτη εφαρμογής

Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε με βάση όσα προαναφέρθηκαν θα εφαρμοστεί για δυο διαφορετικές περιπτώσεις. Τα πειράματα αυτά έχουν ως στόχο την ανάδειξη του καταλληλότερου συνδυασμού συσκευών Bluetooth, σημείων γνωστών συντεταγμένων

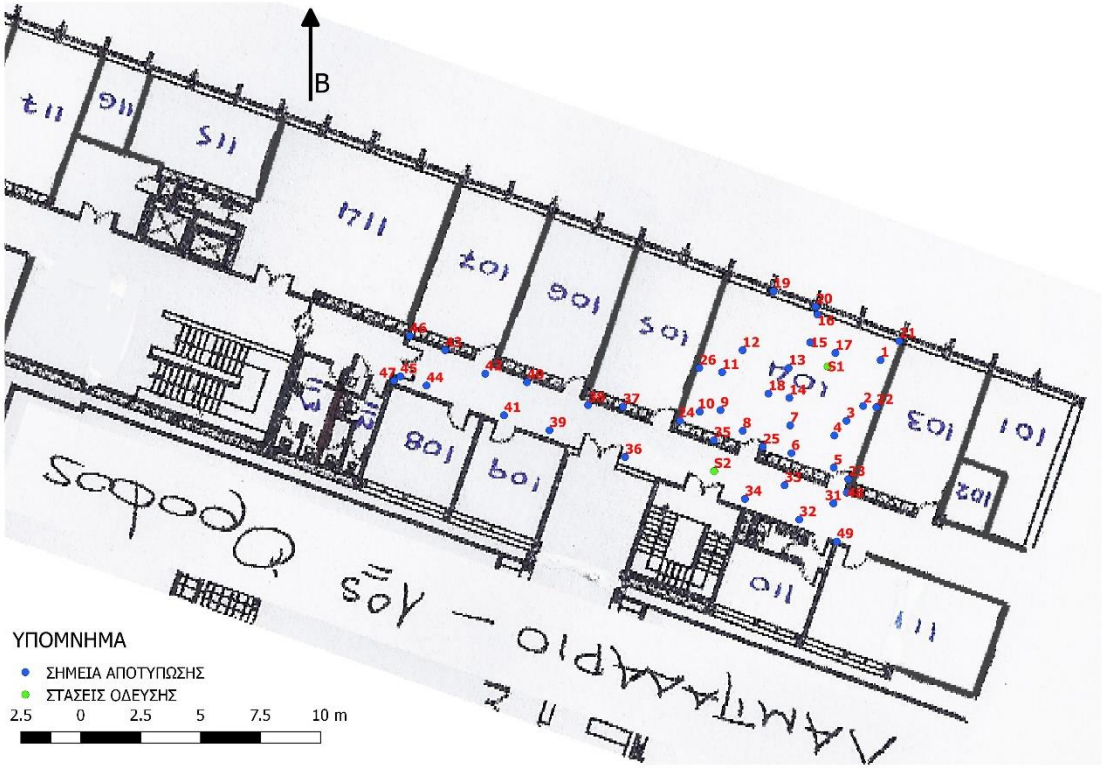
και απόστασης ώστε να γίνει προσδιορισμός συντεταγμένων με το μικρότερο δυνατό κόστος και ικανοποιητική ακρίβεια.

## 5.1 Υλοποίηση Μελέτης

Οι δοκιμές εντοπισμού εφαρμόστηκαν στον πρώτο όροφο του κτηρίου Λαμπαδάριου της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων μηχανικών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Πιο συγκεκριμένα, τα πειράματα διενεργήθηκαν σε μία αίθουσα και έναν διάδρομο (συνολικού εμβαδού περίπου 100 τ.μ.). Για την διεκπεραίωση χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις συσκευές Raspberry Pi με τεχνολογία BLE 4.2 (Εικόνα 2) και μια συσκευή iPhone 8 με τεχνολογία Bluetooth 5.

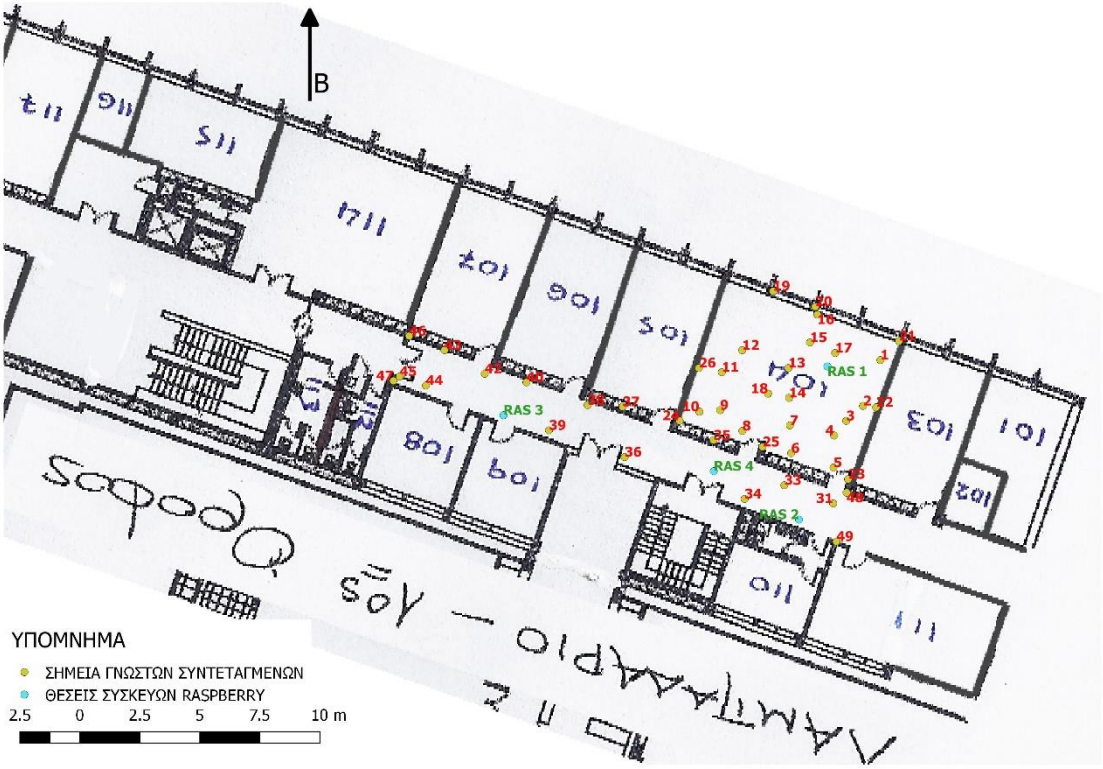
*Εικόνα 2: Οι συσκευές Raspberry Pi που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή*

Σε αρχικό στάδιο δημιουργήθηκε μια ανοιχτή πλήρως εξαρτημένη όδευση δύο στάσεων με εξάρτηση από τη μία γωνία του τοίχου του δωματίου και του διαδρόμου αντίστοιχα (οι συντεταγμένες των γωνιών ήταν γνωστές καθώς υπήρχε ως δεδομένο η κάτοψη του κτηρίου) και έγινε αποτύπωση 47 σημείων με τη χρήση ενός total station. Η περιοχή μελέτης στην Εικόνα 3.




*Εικόνα 3 Περιοχή Μελέτης*

Αφού έγινε επίλυση της όδευσης και προέκυψαν οι γεωδαιτικές δισδιάστατες συντεταγμένες των σημείων σε σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87, επιλέχθηκαν τέσσερα σημεία από τα 49 (συμπεριλαμβανομένων των δύο στάσεων) και τοποθετήθηκαν οι συσκευές Raspberry Pi. Οι θέσεις αυτές επιλέχθηκαν με στόχο οι συσκευές Raspberry να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο απλωμένες στην περιοχή μελέτης (τοποθετήθηκαν 2 συσκευές κατά μήκος του διαδρόμου, μια στο βάθος της αίθουσας και μία διπλά στην πόρτα που συνδέει την αίθουσα με τον διάδρομο). (Εικόνα 4)

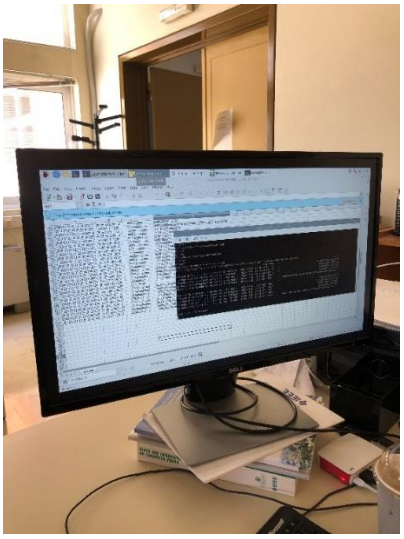



*Εικόνα 4: Θέσεις Σημείων και Συσκευών Raspberry*

Στην συνέχεια, έχοντας τοποθετήσει τις συσκευές σε σταθερά σημεία με γνωστές πλέον συντεταγμένες, ένας χρήστης μετακινείτο από σημείο σε σημείο (στα υπόλοιπα 45) κρατώντας την συσκευή iPhone. Όσο το Bluetooth του iPhone ήταν ανοιχτό κάθε συσκευή raspberry Pi που βρισκόταν εντός εμβέλειας λάμβανε τα εξής στοιχεία: α) μετρήσεις RSSI μεταξύ του raspberry και οποιαδήποτε άλλης συσκευής είχε Bluetooth β) τη ταυτότητα (ID) των συσκευών και γ) την χρονική στιγμή εκπομπής σήματος (η οποία είχε ρυθμιστεί να είναι ανά 10 δευτερόλεπτα. Παράλληλα ο χρήστης που μετακινείτο από θέση σε θέση φρόντιζε να στέκεται στο κάθε σημείο ένα λεπτό (ώστε να υπάρχουν πολλές μετρήσεις) και σημείωνε σε ένα τετράδιο την ώρα που πήγαινε και έφευγε από κάθε σημείο. Η διαδικασία αυτή έγινε δύο φορές για να μειωθούν τα πιθανά σφάλματα.

*Εικόνα 5: Φωτογραφίες κατά την διάρκεια των μετρήσεων*

Ακολούθως, αφού τελείωσαν οι δύο επαναλήψεις των μετρήσεων, κάθε συσκευή raspberry συνδέθηκε με μία οθόνη και εξήχθησαν οι μετρήσεις σε ένα αρχείο μορφής csv. Έγινε σύγκριση με τις σημειώσεις του χρήστη και αντιστοιχήθηκαν η ταυτότητα του iPhone και η χρονική στιγμή που λήφθηκε κάθε RSSI με το σημείο στο οποίο στεκόταν ο χρήστης, οι μετρήσεις ήταν πλέον έτοιμες για να περάσουν ως δεδομένα στον αλγόριθμο που πρέπει να εκπαιδευτεί και να ξεκινήσει η διαδικασία της μηχανικής μάθησης.

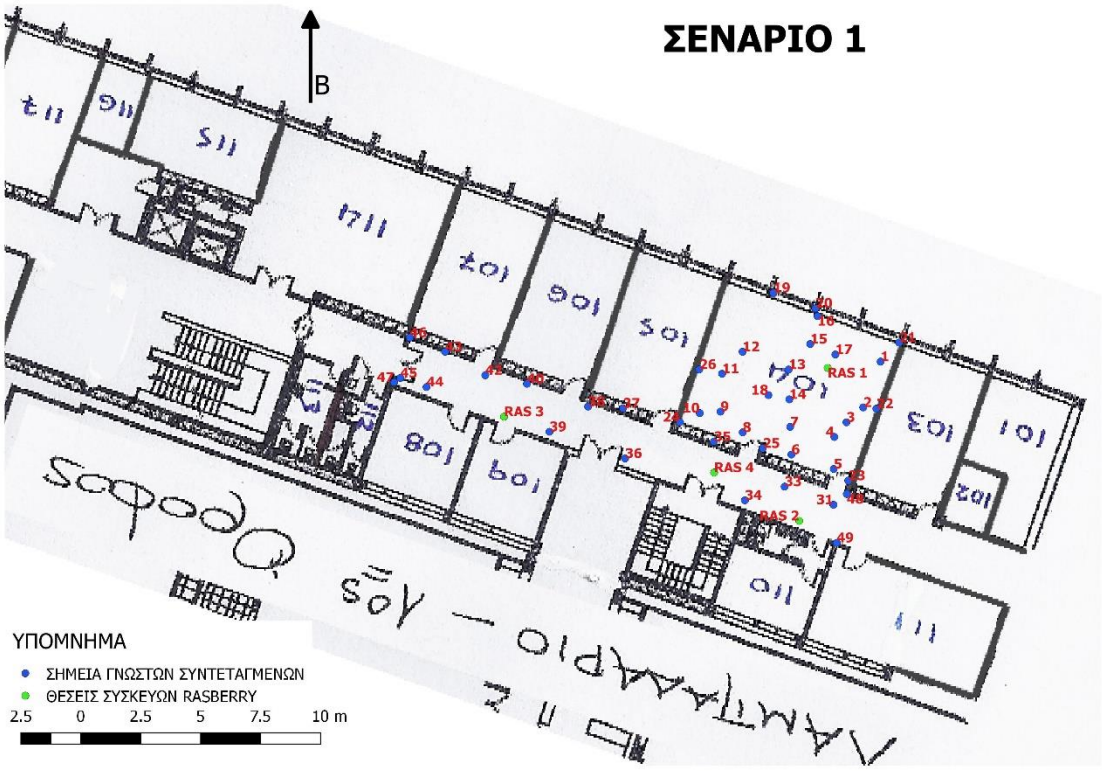


*Εικόνα 6 Συλλογή δεδομένων από τη συσκευή Raspberry*

Ο προτεινόμενος αλγόριθμος με LSTM ταξινομητή υλοποιήθηκε στο πρόγραμμα PyCharm με την χρήση της Python 3.6 και των βιβλιοθηκών μηχανικής μάθησης Keras 2.4.3, TensorFlow 2.3.0, Scikit-learn 0.23.2, Pandas 1.1.2, NumPy 1.18.5 και Matplotlib 3.3.2. Το μοντέλο εκπαιδεύτηκε χρησιμοποιώντας Intel® Core™ i5 -7200U

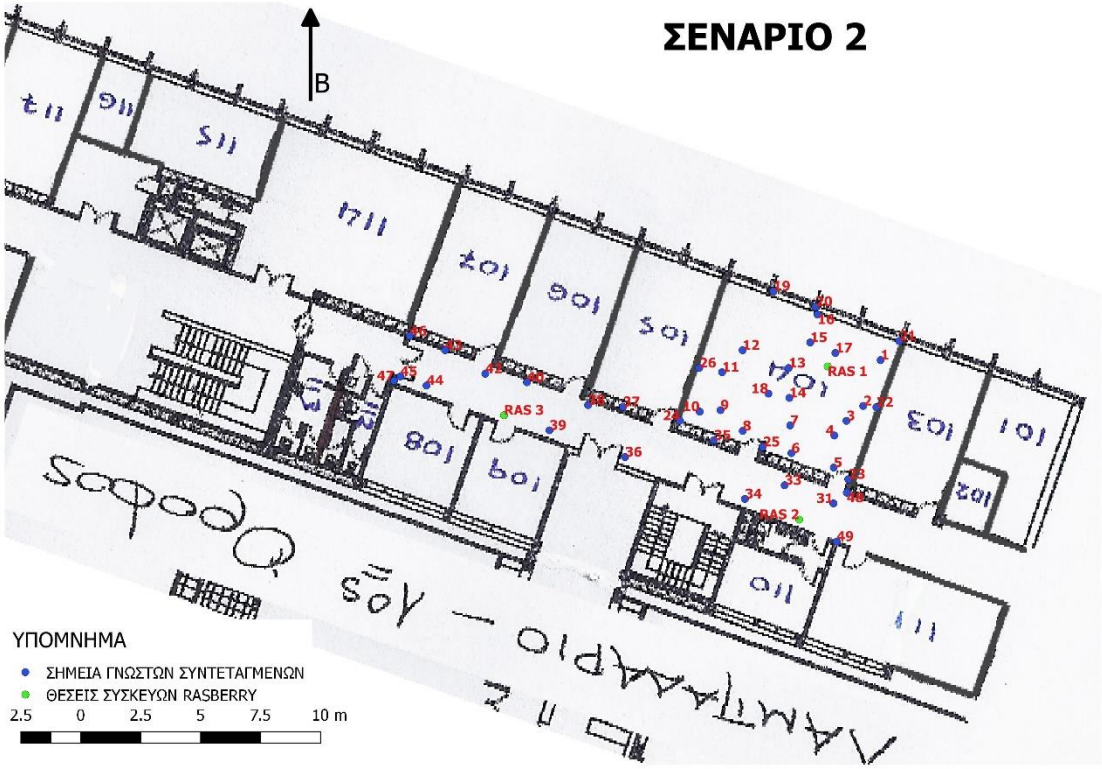
CPU (2.50 GHz) με Radeon ™ R5 M430. Ο ταξινομητής LSTM αποτελείται, πέρα από τις απαραίτητες εισόδους και στρώματα, από 2 στρώματα LSTM 50 νευρώνων το κάθε ένα και 2 στρώματα Dense[4] για την δημιουργία προβλέψεων. Ο χρόνος που απαιτείται για να εκπαιδευτεί ο αλγόριθμος με αυτές τις ρυθμίσεις υπολογιστή είναι περίπου 4 ώρες. Ωστόσο, ο χρόνος υπολογισμού για την εκτίμηση μιας θέσης, αφού εκπαιδευτεί το μοντέλο, είναι λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο, το οποίο είναι κατάλληλο για ένα τέτοιο σενάριο εφαρμογής.

Στην συνέχεια ο αλγόριθμος εκπαιδεύτηκε (τα στάδια της εκπαίδευσης θα αναλυθούν εκτενέστερα στην συνέχεια) σύμφωνα με τα δύο ακόλουθα σενάρια. Στο πρώτο σενάριο χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις RSSI και από τις τέσσερις συσκευές raspberry Pi. Εν αντιθέσει, στο δεύτερο χρησιμοποιήθηκαν τρείς (η μία του δωματίου, αυτή που βρίσκεται δίπλα στην πόρτα και μια από τις συσκευές του διαδρόμου). Στις εικόνες 7 και 8 παρουσιάζονται σε σχέδια τα δύο σενάρια.




*Εικόνα 7: Σενάριο 1, οι τέσσερις συσκευές Raspberry*

[4]Dense layer: Ένα πυκνό στρώμα είναι ένα πυκνά συνδεδεμένο στρώμα νευρωνικού δικτύου, όπου συνδέει κάθε κύτταρο σε κάποιο άλλο του επόμενου στρώματος. (War A., Mehrardad B., 2018)




*Εικόνα 8: Σενάριο 2, οι τρείς συσκευές*

### 5.1.1 Αλγόριθμος

Ο αλγόριθμός πολλών μεταβλητών που δημιουργήθηκε αποτελεί ένα LSTM νευρωνικό δίκτυο που θα εκπαιδευτεί μέσω μηχανικής μάθησης. Το πρώτο στάδιο στην διαδικασία δημιουργίας του είναι η προετοιμασία των δεδομένων. Πρέπει να χωριστούν τα δεδομένα σε έναν πίνακα, η μεταβλητή X αντιπροσωπεύει τις τιμές RSSI που συγκεντρώθηκαν από τις μετρήσεις, ενώ η μεταβλητή Y αντιπροσωπεύει τη θέση του σημείου στο οποίο αντιστοιχεί η τιμή RSSI. Σε επόμενο στάδιο οι μεταβλητές X και Y χωρίζονται σε δεδομένα εκπαίδευσης (training) και δεδομένα ελέγχου. Συνεπώς, το 80% των τιμών των μεταβλητών χρησιμοποιείται στην φάση εκπαίδευσης και το υπόλοιπο 20% χρησιμοποιείται για έλεγχο και υπολογισμό σφάλματος.

Στην συνέχεια, φορτώνεται το σύνολο των δεδομένων στον αλγόριθμο και κανονικοποιούνται όλα τα χαρακτηριστικά τους. Τότε το σύνολο των δεδομένων μετατρέπεται σε εποπτευόμενο μαθησιακό πρόβλημα. Ακολούθως χωρίζονται τα δεδομένα (με το τρόπο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο) σε δεδομένα εκπαίδευσης και ελέγχου. Ορίζονται δύο LSTM στρώματα με 50 νευρώνες το κάθε ένα

και 2 στρώματα Dense για την δημιουργία προβλέψεων. Επίσης χρησιμοποιούνται η λειτουργία απώλειας μέσου απόλυτου σφάλματος (Mean Absolute Error - MAE) και η έκδοση Adam της στοχαστικής διαβάθμισης κλίσης (stochastic gradient descent). Τέλος, αφού ολοκληρωθεί η εκπαίδευση γίνεται υπολογισμός του σφάλματος Root Mean Squared Error (RMSE).

### 5.1.2 Συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Οι αλγόριθμοι ταξινόμησης αξιολογούνται συνήθως με βάση τα παρακάτω κριτήρια. Η ανάλυση που ακολουθεί αντιστοιχεί σε έναν δυαδικό αλγόριθμο δηλαδή, κάποιον που δίνει μόνο δυο επιλογές ως απαντήσεις (θετικό ή αρνητικό). Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιείται ένας πολυκλασικός (multiclass) αλγόριθμος, η λογική που ακολουθείται για να προκύψουν οι τιμές ακρίβειας, ορθότητας, ανάκλασης και μέτρησης F1 είναι η ίδια, με την μόνη διαφορά πως στην περίπτωση του πολυκλασικού κάθε δεδομένα τιμή πρέπει να κατηγοριοποιηθεί σε N κλάσεις. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο αριθμός N αντιπροσωπεύει τον αριθμό των μετρήσεων που έχουν γίνει για κάθε ένα από τα 49 σημεία και το θετικό ή αρνητικό αποτέλεσμα προκύπτει από το αν η προβλεπόμενη τιμή ταυτίζεται με την ζητούμενη για κάθε σενάριο. (Πίνακας 1)

| Σημείο | ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ |
|---|---|
| RAS4 | 15 |
| 1 | 13 |
| 2 | 13 |
| 3 | 17 |
| 4 | 17 |
| 5 | 23 |
| 6 | 16 |
| 7 | 13 |
| 8 | 24 |
| 9 | 20 |
| 10 | 20 |
| 11 | 19 |
| 12 | 15 |
| 13 | 13 |
| 14 | 14 |
| 15 | 15 |
| 16 | 16 |
| 17 | 22 |
| 18 | 19 |
| 19 | 14 |
| 20 | 12 |
| 21 | 14 |
| 22 | 13 |
| 23 | 15 |
| 24 | 15 |
| 25 | 17 |
| 26 | 18 |
| RAS1 | 21 |
| 31 | 14 |
| RAS2 | 22 |
| 33 | 11 |
| 34 | 20 |
| 35 | 22 |
| 36 | 15 |
| 37 | 12 |
| 38 | 21 |
| 39 | 21 |
| 40 | 19 |
| RAS3 | 19 |
| 42 | 9 |
| 43 | 18 |
| 44 | 14 |
| 45 | 18 |
| 46 | 10 |
| 47 | 18 |
| 48 | 20 |
| 49 | 20 |

*Πίνακας 1: N-μετρήσεις για κάθε σημείο*

Για τις εργασίες ταξινόμησης, οι όροι αληθινά θετικά ($t_p$), αληθινά αρνητικά ($t_n$), ψευδώς θετικά ($f_p$) και ψευδώς αρνητικά ($f_n$) συγκρίνουν τα αποτελέσματα του υπό δοκιμή ταξινομητή με αξιόπιστες εξωτερικές κρίσεις. Οι όροι θετικοί και αρνητικοί

αναφέρονται στην πρόβλεψη του ταξινομητή και οι όροι αληθείς και ψευδείς αναφέρονται στο αν η πρόβλεψη αυτή αντιστοιχεί στην εξωτερική κρίση. Τέσσερεις τιμές είναι αυτές που θα κρίνουν την επιτυχία της εφαρμογής και των πειραμάτων. Αυτές είναι: α) ακρίβεια, β) ανάκληση, γ) ορθότητα και δ) μέτρηση F

$$\alpha)\ Ακρίβεια\ (Precision) = \frac{t_p}{t_p + t_n}$$

Η ακρίβεια είναι η έννοια που αναφέρεται στο πόσο πλησιάζουν οι μετρήσεις μεταξύ τους, λέγεται αλλιώς τιμή θετικής πρόβλεψης (Positive Predictive Value PPV)

$$\beta)\ Ανάκληση\ (Recall) = \frac{t_p}{t_p + f_n}$$

Η ανάκληση λέγεται αλλιώς αληθινό θετικό ποσοστό (true positive rate) ή αλλιώς ευαισθησία (sensitivity)

$$\gamma)\ Ορθότητα\ (Accuracy) = \frac{t_p + t_n}{t_p + t_n + f_p + f_n}$$

Η ορθότητα είναι η εγγύτητα των μετρήσεων σε μια συγκεκριμένη τιμή

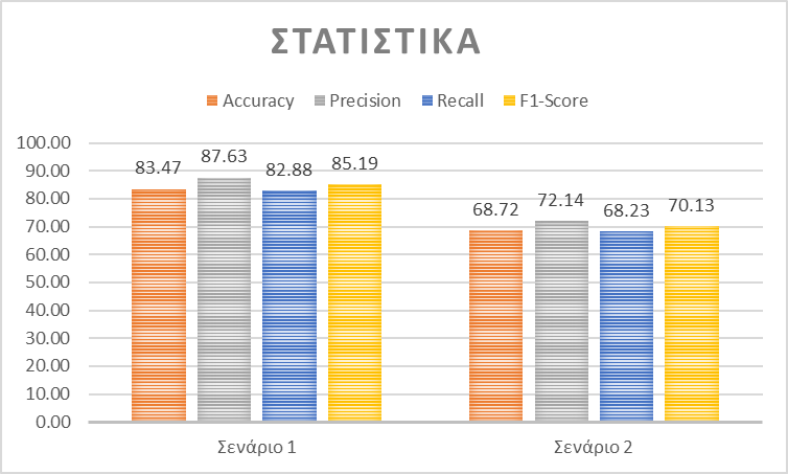
$$\delta)\ Μέτρηση\ F1\ (F1 - measure) = 2 \cdot \frac{ακρίβεια\ \cdot ανάκληση}{ακρίβεια + ανάκληση}$$

Ένα μέτρο που συνδυάζει την ακρίβεια και την ανάκληση είναι ο αρμονικός μέσος όρος ακρίβειας και ανάκλησης. (Olson D.L., et al., 2008)

Για τα δυο σενάρια που εξετάστηκαν πρόεκυψαν οι τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 2.

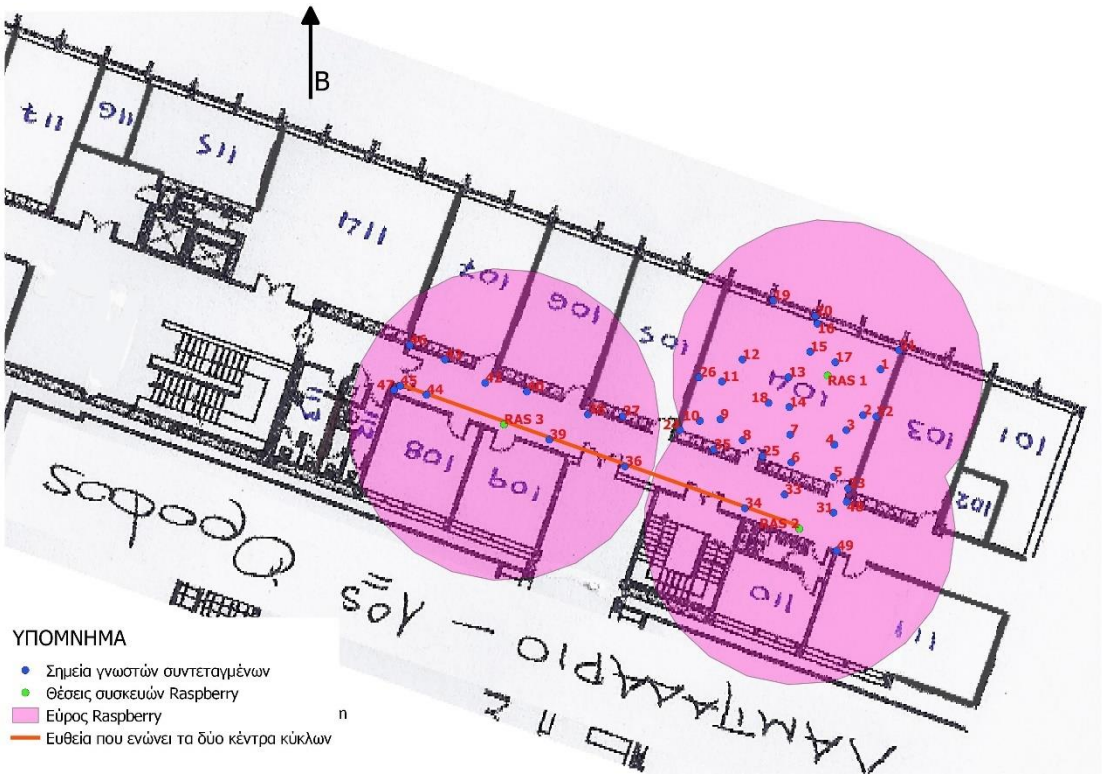
| | Accuracy | Precision | Recall | F1-Score |
|---|---|---|---|---|
| Σενάριο 1 | 83.47 | 87.63 | 82.88 | 85.19 |
| Σενάριο 2 | 68.72 | 72.14 | 68.23 | 70.13 |

*Πίνακας 2: Στατιστικά στοιχεία αποτελεσμάτων*




*Διάγραμμα 4: Μέτρηση απόδοσης των σεναρίων με βάση της τιμές ακρίβειας, ορθότητας, ανάκλησης και μέτρησης F1*

Παρατηρείται ότι στις τιμές το Σενάριο 1 υπερτερεί σε σύγκριση με το Σενάριο 2. Το φαινόμενο εξηγείται από το γεγονός ότι, η χωροθέτηση των τριών συσκευών Bluetooth στην δεύτερη περίπτωση συναντά ορισμένα προβλήματα. Αρχικά, οι θέσεις τοποθέτησης των RAS 3 και RAS 2 είναι σχεδόν συνευθειακές με ορισμένα σημεία (όπως 45,44,47) γεγονός που καθιστά την πρόβλεψη της θέσης των σημείων που βρίσκονται εντός αυτής της νοητής ευθείας αρκετά δύσκολη (όπως φαίνεται στην εικόνα 4). Για να γίνει αυτό πιο σαφές, το σημεία 45 βρίσκεται στην ίδια ευθεία με τα δυο raspberry (RAS3 και RAS2) και εκτός εμβέλειας του RAS1, συνεπώς ο τριγωνισμός που απαιτείται για να γίνει ο προσδιορισμός της θέσης του, καθίσταται σχεδόν αδύνατος και είναι αναμενόμενο να προκύψουν σφάλματα στην πρόβλεψη του. Το εύρος του κάθε raspberry, μπορεί να αποτυπωθεί γεωμετρικά με μια σφαίρα και για να γίνει ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου απαιτείται η τομή τουλάχιστον τριών σφαιρών.



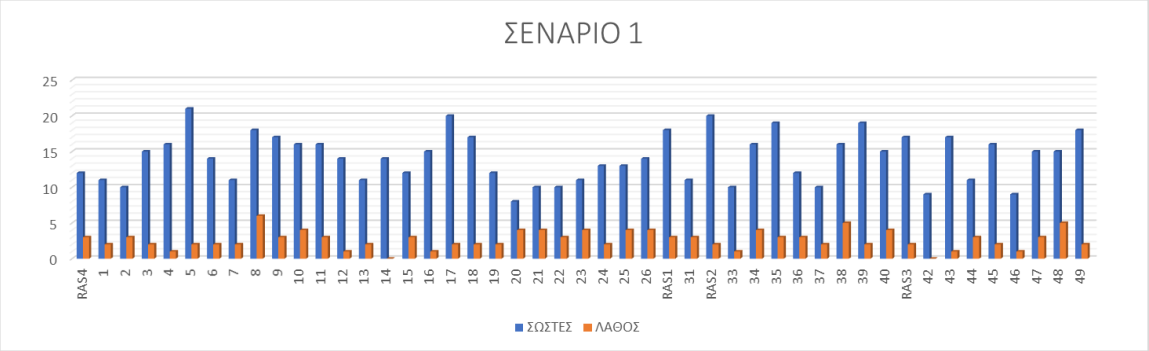

*Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση γεωμετρίας των χωροθετημένων συσκευών*

Αναλύθηκαν οι μετρήσεις για κάθε ένα από τα 47 σημεία που συμμετείχαν στο πείραμα. Για να είναι πιο κατανοητή η σύγκριση των δύο σεναρίων δημιουργήθηκαν ορισμένοι πίνακες και ορισμένα διαγράμματα που παρουσιάζουν αναλυτικά τις σωστές και τις λανθασμένες προβλέψεις για κάθε σημείο. Να σημειωθεί πως και οι βάσεις των Raspberry θεωρούνται μετρήσιμα σημεία για αυτό και συμμετέχουν στην ανάλυση που θα ακολουθήσει, ανεξάρτητα από το εάν χρησιμοποιούνται (π.χ το RAS 4 δεν λαμβάνει μετρήσεις στο σενάριο 2, αλλά εκλαμβάνεται ως σημείο).

Για το σενάριο 1, στον Πίνακα 3 και στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζονται οι σωστές και οι λανθασμένες προβλέψεις για κάθε ένα από τα σημεία γνωστών συντεταγμένων. Επίσης, για κάθε μια από της λανθασμένες τιμές εντοπίστηκε η απόκλιση/σφάλμα που υπήρξε σε σχέση με την επιθυμητή τιμή. Στο Διάγραμμα 6 φαίνεται το ποσοστό των αποδεκτών και των χονδροειδών σφαλμάτων που προκύπτουν από τις λανθασμένες προβλεπόμενες τιμές. Αποδεκτά θεωρούνται τα σφάλματα όταν η προβλεπόμενη τιμή δίνει το κοντινότερο σημείο από το ζητούμενο. Ενώ, χονδροειδή χαρακτηρίζονται όταν η προβλεπόμενη τιμή δίνει ένα σημείο πολύ απομακρυσμένο σε σχέση με το ζητούμενο.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΣΩΣΤΕΣ | ΛΑΘΟΣ | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ | ΣΦΑΛΜΑ |
|---|---|---|---|---|
| RAS4 | 12 | 3 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 1 | 11 | 2 | 85% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 2 | 10 | 3 | 77% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 3 | 15 | 2 | 88% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 4 | 16 | 1 | 94% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 5 | 21 | 2 | 91% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 6 | 14 | 2 | 88% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 7 | 11 | 2 | 85% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 8 | 18 | 6 | 75% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 9 | 17 | 3 | 85% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 10 | 16 | 4 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 11 | 16 | 3 | 84% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 12 | 14 | 1 | 93% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 13 | 11 | 2 | 85% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 14 | 14 | 0 | 100% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 15 | 12 | 3 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 16 | 15 | 1 | 94% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 17 | 20 | 2 | 91% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 18 | 17 | 2 | 89% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 19 | 12 | 2 | 86% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 20 | 8 | 4 | 67% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 21 | 10 | 4 | 71% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 22 | 10 | 3 | 77% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 23 | 11 | 4 | 73% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 24 | 13 | 2 | 87% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 25 | 13 | 4 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 26 | 14 | 4 | 78% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| RAS1 | 18 | 3 | 86% | ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΕΣ |
| 31 | 11 | 3 | 79% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| RAS2 | 20 | 2 | 91% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 33 | 10 | 1 | 91% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 34 | 16 | 4 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 35 | 19 | 3 | 86% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 36 | 12 | 3 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 37 | 10 | 2 | 83% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 38 | 16 | 5 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 39 | 19 | 2 | 90% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 40 | 15 | 4 | 79% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| RAS3 | 17 | 2 | 89% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 42 | 9 | 0 | 100% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 43 | 17 | 1 | 94% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 44 | 11 | 3 | 79% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 45 | 16 | 2 | 89% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 46 | 9 | 1 | 90% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 47 | 15 | 3 | 83% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 48 | 15 | 5 | 75% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 49 | 18 | 2 | 90% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |

*Πίνακας 3: Στοιχεία των μετρήσεων που αφορούν το Σενάριο 1*




*Διάγραμμα 5: Σωστές και λανθασμένες προβλέψεις τιμών για κάθε σημείο, Σενάριο 1*

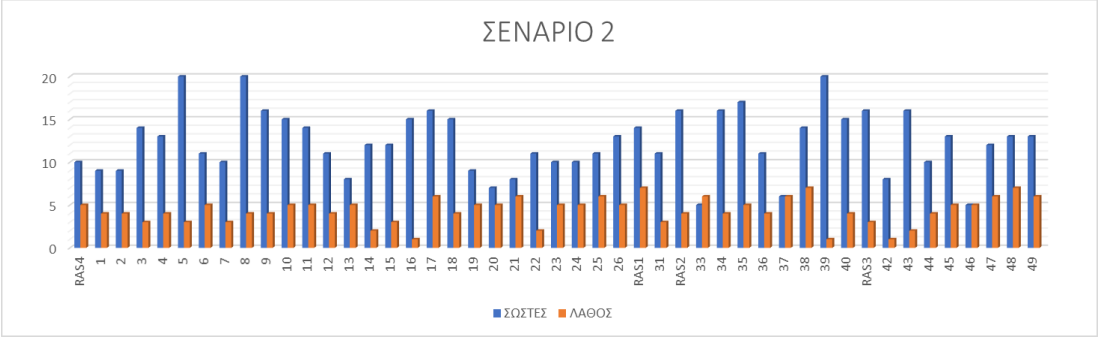
*Διάγραμμα 6: Ποσοστό των αποδεκτών και των χονδροειδών σφαλμάτων στις λανθασμένες τιμές για το Σενάριο 1*

Το ποσοστό των χονδροειδών σφαλμάτων είναι πάρα πολύ μικρό με μόνο μια μέτρηση τιμής του σημείου RAS 1 να έχει μεγάλη απόκλιση. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν για το Σενάριο 1 είναι πολύ θετικά.

Για το σενάριο 2, στον Πίνακα 4 και στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζονται οι σωστές και οι λανθασμένες προβλέψεις για κάθε ένα από τα σημεία γνωστών συντεταγμένων. Επίσης, για κάθε μια από της λανθασμένες τιμές εντοπίστηκε η απόκλιση/σφάλμα που υπήρξε σε σχέση με την επιθυμητή τιμή. Στο Διάγραμμα 8 φαίνεται το ποσοστό των αποδεκτών και των χονδροειδών σφαλμάτων που προκύπτουν από τις λανθασμένες προβλεπόμενες τιμές. Αποδεκτά θεωρούνται τα σφάλματα όταν η προβλεπόμενη τιμή δίνει το κοντινότερο σημείο από το ζητούμενο. Ενώ, χονδροειδή χαρακτηρίζονται όταν η προβλεπόμενη τιμή δίνει ένα σημείο πολύ απομακρυσμένο σε σχέση με το ζητούμενο.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΣΩΣΤΕΣ | ΛΑΘΟΣ | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ | ΣΦΑΛΜΑ |
|---|---|---|---|---|
| RAS4 | 10 | 5 | 67% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 1 | 9 | 4 | 64% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 2 | 9 | 4 | 64% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 3 | 14 | 3 | 74% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 4 | 13 | 4 | 72% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 5 | 20 | 3 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 6 | 11 | 5 | 69% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 7 | 10 | 3 | 67% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 8 | 20 | 4 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 9 | 16 | 4 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 10 | 15 | 5 | 75% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 11 | 14 | 5 | 74% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 12 | 11 | 4 | 69% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 13 | 8 | 5 | 62% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 14 | 12 | 2 | 71% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 15 | 12 | 3 | 71% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 16 | 15 | 1 | 75% | ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΕΣ |
| 17 | 16 | 6 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 18 | 15 | 4 | 75% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 19 | 9 | 5 | 64% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 20 | 7 | 5 | 58% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 21 | 8 | 6 | 62% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 22 | 11 | 2 | 69% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 23 | 10 | 5 | 67% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 24 | 10 | 5 | 67% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 25 | 11 | 6 | 69% | ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΕΣ |
| 26 | 13 | 5 | 72% | ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΕΣ |
| RAS1 | 14 | 7 | 74% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 31 | 11 | 3 | 69% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| RAS2 | 16 | 4 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 33 | 5 | 6 | 50% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 34 | 16 | 4 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 35 | 17 | 5 | 77% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 36 | 11 | 4 | 69% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 37 | 6 | 6 | 55% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 38 | 14 | 7 | 74% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 39 | 20 | 1 | 80% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 40 | 15 | 4 | 75% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| RAS3 | 16 | 3 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 42 | 8 | 1 | 62% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 43 | 16 | 2 | 76% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 44 | 10 | 4 | 67% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 45 | 13 | 5 | 72% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 46 | 5 | 5 | 50% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 47 | 12 | 6 | 71% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 48 | 13 | 7 | 72% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |
| 49 | 13 | 6 | 72% | ΑΠΟΔΕΚΤΟ |

*Πίνακας 4: Στοιχεία των μετρήσεων που αφορούν το Σενάριο 2*

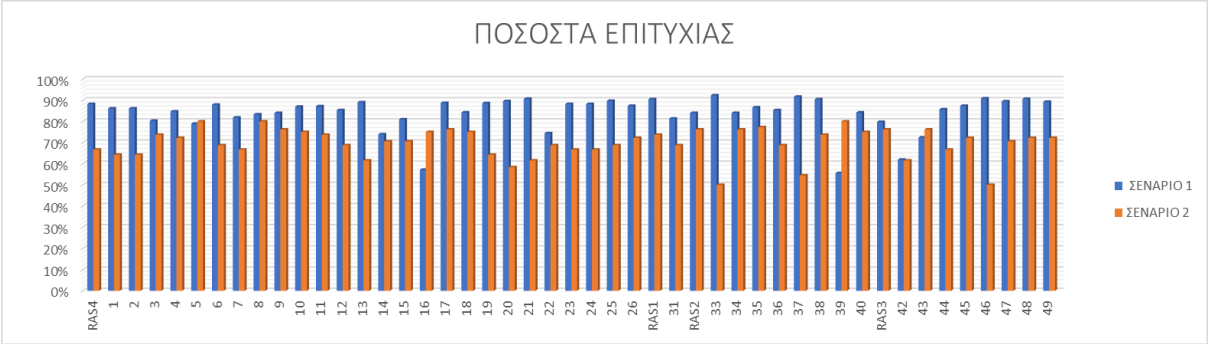



*Διάγραμμα 7: Σωστές και λανθασμένες προβλέψεις τιμών για κάθε σημείο, Σενάριο 2*

*Διάγραμμα 8: : Ποσοστό των αποδεκτών και των χονδροειδών σφαλμάτων στις λανθασμένες τιμές για το Σενάριο 2*

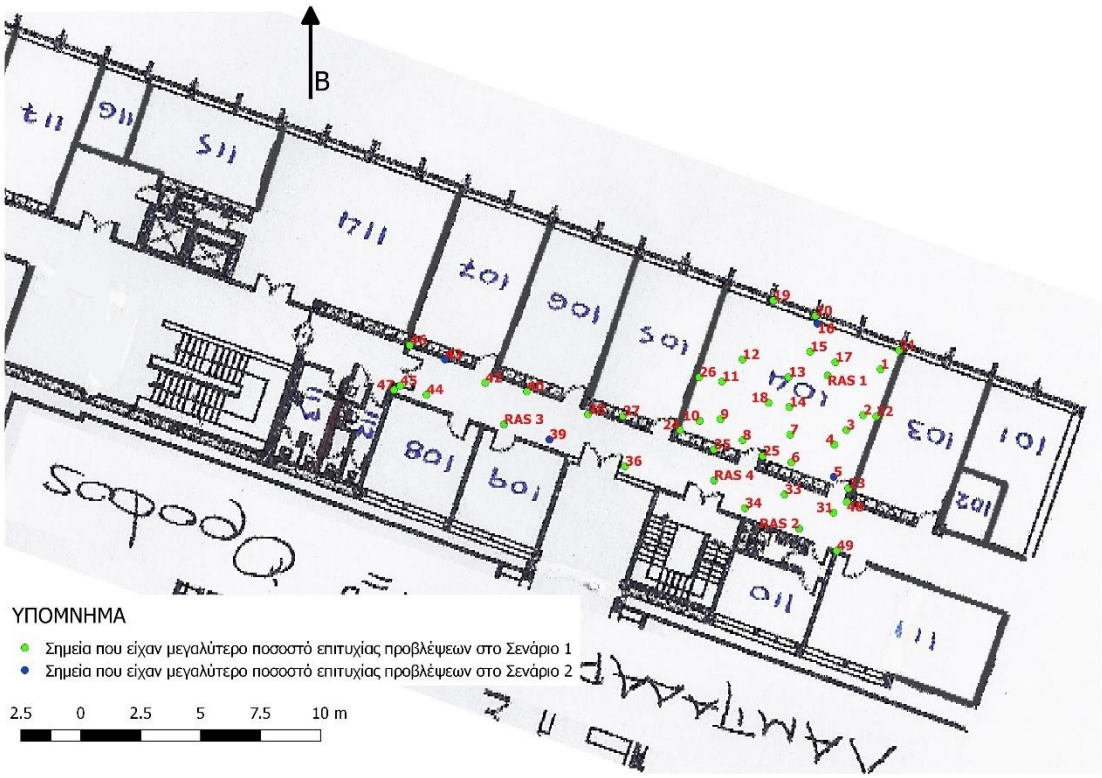
Το ποσοστό των χονδροειδών σφαλμάτων είναι μικρό με τρείς μετρήσεις τιμών, τριών διαφορετικών σημείων 16,25 και 26 να έχουν μεγάλη απόκλιση.

Ακόμη, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα (Διάγραμμα 9) το οποίο συγκρίνει τα ποσοστά επιτυχημένων προβλέψεων των δύο σεναρίων για κάθε σημείο.




*Διάγραμμα 9: Σύγκριση ποσοστών επιτυχίας προβλέψεων των δύο σεναρίων*

Στο Διάγραμμα 9, το σενάριο 1 είναι αρκετά πιο επιτυχημένο για τα περισσότερα σημεία με εξαίρεση τα σημεία 5,16,39 και 43 όπου η χρήση τριών συσκευών Raspberry δείχνει πιο σωστά αποτελέσματα. (Εικόνα 10)




*Εικόνα 10: Τα σημεία χρωματικά διαχωρισμένα ανάλογα με το Σενάριο στο οποίο απέδωσαν καλύτερες προβλέψεις*

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, το σενάριο 1. έχει αναμφισβήτητα καλύτερη απόδοση από ότι το σενάριο 2. Οι παράμετροι που φαίνεται να επηρέασαν στην απόδοση των δύο σεναρίων είναι: α) η απόσταση των σημείων από τις βάσεις των συσκευών Raspberry, β) η γεωμετρία με βάση την οποία έχουν τοποθετηθεί η συσκευές στον χώρο και γ) η σχετική θέση μεταξύ των συσκευών.

## 6. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία αποτελεί, μια προσέγγιση μεθόδου προσδιορισμού θέσης σε εσωτερικό χώρο, με στόχο την ανάπτυξη ενός τεχνικού εργαλείου για μελλοντική συλλογή και διαχείριση κτηματολογικών δεδομένων. Η χρήση του crowdsourcing ως εργαλείο συγκέντρωσης χωρικών δεδομένων και των τεχνικών μηχανικής μάθησης ως εργαλείο επεξεργασίας, διευκολύνει την διαδικασία της κτηματογράφησης. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτρέπει στους ίδιους τους ιδιοκτήτες να συνεισφέρουν στη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων και παράλληλα το κόστος και η διάρκεια των μετρήσεων, μειώνονται αισθητά.

Όπως προαναφέρθηκε στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν τοπογραφικά και αρχιτεκτονικά υπόβαθρα, για να διευκολύνουν την διαχείριση της γης και την κτηματογράφηση των ιδιοκτησιών, χρησιμοποιείται το κτηματολόγιο εσωτερικού χώρου. Ο προσδιορισμός της θέση με τεχνικές όπως το GPS έχει αρκετά μεγάλες αποκλίσεις εντός κτηρίων. Για τον λόγο αυτόν, διεξάγεται έρευνα από την επιστημονική κοινότητα για την εύρεση νέων, εύκολων και αξιόπιστων μεθόδων για την καταγραφή ιδιοκτησίας και την μέτρηση συντεταγμένων. Στην προσπάθεια αυτή εντάσσεται και η παρούσα εργασία. Προτείνεται ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης LSTM, βασισμένος σε δεδομένα RSSI από συσκευές Bluetooth, που εκπαιδεύεται στον προσδιορισμό της θέσης ενός χρήστη που βρίσκεται μέσα σε ένα νέφος γνωστών σημείων.

Η πρακτική εφαρμογή του προτεινόμενου αλγορίθμου διεξήχθη σε δύο σενάρια. Στο πρώτο σενάριο χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις συσκευές Bluetooth, ενώ στο δεύτερο τρείς, για τον προσδιορισμό σημείων σε ένα δωμάτιο και σε έναν συνεχόμενο διάδρομο. Το πρώτο σενάριο αποδείχθηκε το πιο επιτυχημένο με ακρίβεια 87,63% και ορθότητα μετρήσεων 83,47%. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος, οι τρείς παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα των παραγόμενων τιμών είναι: α) η απόσταση των σημείων από τις βάσεις των συσκευών Raspberry, β) η γεωμετρία με βάση την οποία έχουν τοποθετηθεί οι συσκευές στον χώρο και γ) η σχετική θέση μεταξύ των συσκευών.

Η συγκεκριμένη εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει βάση για την εξέλιξη των τεχνικών προσδιορισμού θέσης σε εσωτερικό χώρο. Το επόμενο βήμα σε αυτή την έρευνα είναι, η ανάπτυξη και εκπαίδευση ενός αλγορίθμου που θα παράγει ως αποτέλεσμα τις ακριβείς συντεταγμένες των σημείων σε έναν εσωτερικό χώρο.

# 7. Αναφορές

Apostolopoulos K., Gkeli M., Petreli P., Potsiou C., Ioannidis C. (2016). A new model for cadastral surveying using crowdsourcing. *Survey Review (50:359)*, 122-133. doi:10.1080/00396265.2016.1253522

Apostolopoulos K., Gkeli M., Petreli P., Potsiou C., Ioannidis C. (2018). A new model for cadastral surveying using crowdsourcing. *Survey Review (50:359)*, 122-133.

Bahl P., Padmanabhan. (2000). RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system. *Proceedings IEEE INFOCOM 2000. Conference on Computer Communications. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies.* Tel Aviv, Israel. doi: 10.1109/INFCOM.2000.832252

Bakalos N., Voulodimos A., Doulamis N., Doulamis A., Ostfeld A., Salomons E., Caubet J., Jimenez V., Li Pau. (2019). Protecting Water Infrastructure From Cyber and Physical Threats: Using Multimodal Data Fusion and Adaptive Deep Learning to Monitor Critical Systems. *IEEE Signal Processing Magazine 36(2)*, σσ. 36-48. doi:10.1109/MSP.2018.2885359

Bakogiannis E., Kyriakidis C., Siti M., Kougioumtzidis N., Potsiou C. (2016). The use of VGI in noise mapping. *Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre*, 18-25. Ανάκτηση από https://www.researchgate.net/publication/323308912_The_use_of_Volunteered_Geographic_Information_VGI_in_noise_mapping/stats

Barondi P., Barsocchi P., Chessa S., Mavilla F., Palumbo F. (2018). Indoor Bluetooth Low Energy Dataset for Localization, Tracking, Occupancy and Social Interaction. *Sensors 18(2)*. doi: 10.3390/s18124462

Basiouka S., Potsiou C. (2012a). The voluntary contribution of citizens in Cadastre. Crowdsourcing in Cadastre. *Proceedings of the FIG working week 2012 on Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the*

*cultural heritage.* Rome, Italy. Ανάκτηση από https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2012/ppt/ts03b/TS03B_basiouka_potsiou_6121_ppt.pdf

Basiouka S., Potsiou C. (2012b). Improving cadastral survey procedures using crowd sourcing techniques. *Coordinates magazine, VIII (10)*, 20–26. Ανάκτηση από https://mycoordinates.org/improving-cadastral-survey-procedures-using-crowd-sourcing-techniques/

Basiouka S., Potsiou C. (2013). The volunteered geographic information in Cadastre: perspectives and citizens' motivations over potential participation in mapping. *GeoJournal, 79 (3), doi: 10.1007/s10708-013-9497-7*, 343-355.

Basiouka S., Potsiou C. (2013). The volunteered geographic information in Cadastre: perspectives and citizens' motivations over potential participation in mapping. *GeoJournal, 79 (3)* , 343-355. doi:10.1007/s10708-013-9497-7

Basiouka S., Potsiou C., Bakogiannis E. (2015). OpenStreetMap for cadastral purposes: an application using VGI for official processes in urban areas. *Survey Review (47)*, 333-341. Ανάκτηση από https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1752270615Y.0000000011?scroll=top&needAccess=true

Bennett R.M., Saad K., Lemmen C.H.J., Unger E.M., Menofy A., De Zeeuw C.J. (2020). Land sector developments in the MENA Region: Selected case findings from Egypt, Lebanon, and the Palestinian Territories. *(Cancelled) Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2020: Institutions for Equity & Resilience*, (σσ. 1-33). Washington D.C. Ανάκτηση Ιούλιος 22, 2020, από https://research.utwente.nl/en/publications/land-sector-developments-in-the-mena-region-selected-case-finding

Brian R. (2015). *Bluetooth Vs. Bluetooth Low Energy: What's The Difference?* Ανάκτηση Φεβρουάριος 1, 2021, από Link Labs: https://www.link-labs.com/blog/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy

Cetl V., Ioannidis C., Dalyot S., Doytsher Y., Felus Y., Haklay M., Mueller M., Potsiou C., Rispoli E. and Siriba D. (2019). *New Trends in Geospatial*

*Information: The Land Surveyors Role in the Era of Crowdsourcing and VGI.* Copenhagen: FIG PUBLICATION NO. 73. Ανάκτηση από https://www.researchgate.net/publication/332971438_New_Trends_in_Geospatial_Information_The_Land_Surveyors_Role_in_the_Era_of_Crowdsourcing_and_VGI

Clemen C., Grundig L. (2006). The Industry Foundation Classes – Ready for Indoor Cadastre? *Shaping the Change XXIII FIG Congress.* Munich, Germany: TS 48 - Engineering Surveys for Construction Works II. Ανάκτηση από https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2006/papers/ts48/ts48_01_clemen_gruendig_0414.pdf

Data Flair. (2021). *Python Libraries – Python Standard Library & List of Important Libraries*. Ανάκτηση Φεβρουάριος 2, 2021, από Data Flair: https://data-flair.training/blogs/python-libraries/

De Zeeuw, K., Dijkstra P., Lemmen C., Unger E., Molendijk M., Oosterbroek, E., Van Den Berg C. (2018). Bridging the Security of Tenure Gap: Fit-For-Purpose Initiatives. *FIG Congress 2018: Embracing our smart world where the continents connect: enhancing the geospatial maturity of societies.* Intanbul, Turkey. Ανάκτηση Ιούλιος 19, 2020, από http://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2019/papers/ts04g/TS04G_na_10181.pdf

Dimopoulou E, Karki S, Miodrag R, Almeida JPD, Griffith-Charles C, Thompson R, Ying S, Oosterom P. (2016). Initial registration of 3D parcels. *5th International FIG 3D cadastre workshop*, (p. 105.132). Athens, Greece. Retrieved from https://www.oicrf.org/-/initial-registration-of-3d-parcels

Doulamis A., Doulamis N., Kollias S. (2003). An adaptable neural-network model for recursive nonlinear traffic prediction and modeling of MPEG video sources. *IEEE Transactions on Neural Networks 14(1)*, σσ. 150-166. doi:10.1109/TNN.2002.806645

Doytser Y., Kelly P., Khouri R., McLaren R., Mueller H. , Potsiou C. (2010). Rapid Urbanization and Mega Cities: The Need for Spatial Information. *FIG*

*Congress: Facing the Challenges – Building the Capacity*, (σ. 24). Sydney, Australia. Ανάκτηση από http://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2014/papers/SS10/SS10_enemark_lemmen_et_al_7210.pdf

Durrant-Whyte H., Bailey T. (2006). Simultaneous localization and mapping: Part I. *IEEE Robotics & Automation Magazine (13)*, σσ. 99-110. doi: 10.1109/MRA.2006.1638022

Enemark S., Bell K., Lemmen C., Mclaren R. (2014). Building fit-for-purpose land administration systems. *XXV FIG congress*, (σ. 13). Kuala Lumpur, Malaysia. Ανάκτηση από https://fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2010/papers/ts01b/ts01b_potsiou_doytsher_et_al_4709.pdf

Faragher R.M., Harle R.K. (2013). SmartSLAM-an efficient smartphone indoor positioning system exploiting machine learning and opportunistic sensing. *26th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, (σσ. 1006-1019). Nashville, USA. Ανάκτηση από https://www.ion.org/publications/abstract.cfm?articleID=11308

Farhangi A. (2016). *Quora*. Ανάκτηση από https://bit.ly/3pDhyTe

General Assembly Resolution 70/1. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development.* A/RES/70/1. Ανάκτηση από https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

Gkeli M, Ioannidis C, Potsiou C. (2017a). Review of the 3D modelling algorithms and crowdsourcing techniques—an assessment of their potential for 3D cadastre. *FIG working week :"surveying the world of tomorrow—from digitalisation to augmented reality"*, (σσ. 1-23). Helsinki, Finland. Ανάκτηση από https://pdfs.semanticscholar.org/dd7e/5dadd6d92c710ebc4398bfebbb2203a62674.pdf

Gkeli M, Ioannidis C, Potsiou C. (2017b). 3D modelling algorithms and crowdsourcing techniques. *Coord Mag 13(9)*, 7-14. Retrieved from https://mycoordinates.org/the-potential-use-of-vgi-data-for-3d-cadastre-surveys/

Gkeli M., Apostolopoulos K., Mourafetis G., Ioannidis C., Potsiou C. (2016). Crowdsourcing and mobile services for a fit-for-purpose Cadastre in Greece. *Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment.* Paphos, Cyprus: Proceedings Volume 9688. doi:10.1117/12.2240835

Gkeli M., Potsiou C., Ioannidis C. (2019). Crowdsourced 3D cadastral surveys: looking towards the next 10 years. *Journal of Geographical Systems (21)*, 61-87. Ανάκτηση από https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104419

Gkeli M., Potsiou C., Ioannidis C. (2020). A technical solution for 3D crowdsourced cadastral surveys. *Land Use Policy (98)*. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104419

Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal, 69(4)*, 211–221. Ανάκτηση από https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10708-007-9111-y

Graves A. (2013 ). Generating Sequences with Reccurent Neural Networks. *arXiv (1)*. doi: arXiv:1308.0850v5

*Greek Cadaster.* (2020, DECEMBER 21). Retrieved from https://www.ktimatologio.gr/

Gupta S. (2016). *BLE v4.2: Creating Faster, More Secure, Power-Efficient Designs.* Ανάκτηση 02 02, 2021, από Electronic Design: https://www.electronicdesign.com/technologies/communications/article/21801788/ble-v42-creating-faster-more-secure-powerefficient-designspart-1

Ibrahim M., Torki M., El Nainay M. (2018). CNN based Indoor Localization using RSS Time-Series. *IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)* (σσ. 1044-1049). Natal, Brazil: IEEE. doi: 10.1109/ISCC.2018.8538530

Indrajit A., Jaya V.E., Van Loenen B., Lemmen C., Van Oosterom P., Ploeger H., Theodore R. (2020). The role of the revised land administration domain model and spatial data infrastracture in improving ease of doing business in Indonesia. *2020 World bank conference on land and poverty*. Washington DC. Ανάκτηση Ιουλίου 30, 2020, από http://www.gdmc.nl/publications/2020/03-08-Indrajit-980.pdf

Jamali A., Boguslawski P., Gold C. M., Rahman A. A. (2014). Rapid Indoor Data Acquisition Technique for Indoor Building Surveying for Cadastre Application. Στο U. Isikdag, *Innovations in 3D Geo-Information Sciences* (σσ. 1-11). Springer. Ανάκτηση από https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-00515-7_1

Kaselimi M., Doulamis N., Doulamis A., Voulodimos A., Protopapadakis E. (2019a). Bayesian-optimized bidirectional LSTM regression model for non-intrusive load monitoring. *IEEE Conference on Acoustic Speech and Signal Processing (ICASSP)*, (σσ. 2747-2751). Brighton, United Kingdom. doi:10.1109/ICASSP.2019.8683110.

Kaselimi M., Doulamis N., Voulodimos A., Protopapadakis E., Doulamis A. (2020). Context Aware Energy Disaggregation using Adaptive Bidirectional LSTM Models. *IEEE Transactions on Smart Grid 11(4)*, σσ. 3054-3067. doi:10.1109/TSG.2020.2974347

Kaselimi M., Protopapadakis E., Doulamis A., Voulodimos A. (2019b). Multi-Channel Recurrent Convolutional Neural Networks for Energy Disaggregation. *IEEE Access (7)*, σσ. 81047-81056. doi:10.1109/ACCESS.2019.2923742

Koeva M., Nikoohemat S., Elberink S.O., Morales J., Lemmen C., Zevenbergen J. (2019). Towards 3D Indoor Cadastre Based on Change Detection from Point Clouds. *Remote Sensing for Land Administration 11(17)*. Ανάκτηση από https://doi.org/10.3390/rs11171972

Laoudias C.,Kemppi P., Panayiotou C.G. (2009). Localization using Radial Basis Function Networks and Signal FIngerprints in WLAN. *GLOBECOM 2009* -

*2009 IEEE Global Telecommunications Conference.* Honolulu: IEEE. doi:10.1109/GLOCOM.2009.5425278

Lemmen C.H.J, Van Oosterom P.J.M, Unger E.M., Kalogianni E., Shnaidman A., Kara A., Alattas A., Indrajit A., Smyth K., Milledrogues A., Bennett R.M., Oukes P., Gruler H.C., Casalprim D., Alvarez G., Aditya T., Ary Sucaya K.G., Morales Guarin J.M., et al. (2020). The land administration domain model: advancement and implementation. *(Cancelled) Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2020: Institutions for Equity & Resilience.* Washington D.C., United States. Ανάκτηση Ιούλιος 23, 2020, από https://research.utwente.nl/en/publications/the-land-administration-domain-model-advancement-and-implementati

Marcel J. (2020). *Bluetooth Emerging Market Forecasts Predict Continued Growth Through 2024.* Ανάκτηση 30 Ιανουαρίου, 2021, από Bluetooth: https://www.bluetooth.com/blog/bluetooth-emerging-market-forecasts-predict-continued-growth-through-2024/

Mourafetis G., Apostolopoulos K., Potsiou C., Ioannidis C. (2015). Enhancing cadastral surveys by facilitating the participation of owners. *Survey Review (47)*, 316-324. doi:10.1179/1752270615Y.0000000009

Mourafetis G., Potsiou C. (2020). IT Services and Crowdsourcing in Support of the Hellenic Cadastre: Advanced Citizen Participation and Crowdsourcing in the Official Property Registration Process. *ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2020, 9(4), 190*. Ανάκτηση από https://doi.org/10.3390/ijgi9040190

Nicholson C. (2020). *A Beginner's Guide to LSTMs and Recurrent Neural Networks.* Ανάκτηση 02 02, 2021, από Pathmind: https://wiki.pathmind.com/lstm

Olson D.L., Delen D. (2008). *Advanced Data Mining Techniques.*

Peter A., Tella Y., Dams G. (2015). An overview of Indoor Localization Technologies and applications. *Journal of Computing Technologies 4(5)*. Ανάκτηση Φεβρουάριος 2, 2021, από https://www.researchgate.net/publication/277698379_An_overview_of_Indoor_Localization_Technologies_and_applications

Potsiou C. (2015). Ensuring the rapid response to change, ensuring the surveyor of tomorrow. *FIG article of the month*. Ανάκτηση από https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2015/potsiou_april_2015.asp

Potsiou C., Dimitriadi K. (2008). Tools for Legal Integration and Regeneration of Informal Development in Greece: A Research Study in the Municipality of Keratea. *Surveying and Land Information Science (68)*, pp. 103-118. Retrieved from https://www.ingentaconnect.com/content/aags/salis/2008/00000068/00000002/art00005

Potsiou C., Doulamis N., Bakalos N., Gkeli M, Ioannidis C. (2020). Indoor localization for 3D mobile cadastral mapping using machine learning techniques. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume VI-4/W1-2020*, σσ. 159-166. doi:10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-159-2020

Potsiou C., Paunescu C., Ioannidis C., Apostolopoulos K., Nache F. (2020). Reliable 2D Crowdsourced Cadastral Surveys: Case Studies from Greece and Romania. *ISPRS Int. J. Geo-Inf. 9(2),89*. Retrieved from https://doi.org/10.3390/ijgi9020089

Python Software Foundation. (2020). *General Python FAQ*. Ανάκτηση Φεβρουάριος 3, 2021, από Python: https://docs.python.org/3.6/faq/general.html#id2

Rao A. (2021). *Top 10 Python Libraries You Must Know In 2021*. Ανάκτηση Φεβρουάριος 4, 2021, από edureka: https://www.edureka.co/blog/python-libraries/#z4

RFID & Wireless IOT Global. (2020). BLE 5.1 - What do Mesh Features and Position Determination Create? *RFID & Wireless IOT Global- Special edition: Wiot Technologies*, σσ. 19-25. Ανάκτηση Ιανουάριος 30, 2021, από https://www.rfid-wiot-search.com/epapers/rfidwiotglobal/epaper-RFID_WIOT_Global_Technology-2020/#0

Santos R., Barandas M., Leonardo R., Gamboa H. (2019). Fingerprints and Floor Plans Construction for Indoor Localisation Based on Crowdsourcing. *Sensors 19(4)*. doi: https://doi.org/10.3390/s19040919

Shin H., Chon Y., Cha H. (2012). Unsupervised Construction of an Indoor Floor Plan Using a Smartphone. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), Volume 42*, σσ. 889-898. doi: 10.1109/TSMCC.2011.2169403

TBM. (2018). *SUSTAINABILITY*. Ανάκτηση Δεκέμβριος 17, 2020, από TBM: https://tb-m.com/en/limex/sustainability/external-environment/

Tekavec J., Lisec A. (2020, November). Cadastral data as a source for 3D indoor modelling. *Land Use Policy (98)*. Ανάκτηση από https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837719305617?via%3Dihub

Tzinieri, I. (2015, January 1). *European Land Registry Assotiation.* Ανάκτηση December 20, 2020, από European Land Registry Assotiation: https://www.elra.eu/the-present-landscape-of-land-registration-in-greece/

Tzovaras D. (2019). *Τι είναι το NFC στα κινητά;*. Ανάκτηση Ιανουάριος 30, 2021, από 9volto: https://www.9volto.gr/blog/ti-einai-to-nfc-sta-kinhta-smartphone/

Unger E.M, Chhatkuli R.R., Antonio D, Lemmen C., Zevenbergen J., Bennet R., Dijkstra P. (2019). Creating resilience to natural disasters through Fit-For-Purpose land administration in Nepal. *2019 WORLD BANK CONFERENCE ON LAND AND POVERTY.* Washington DC: The World Bank. Ανάκτηση Ιούνιος 19, 2020, από https://www.researchgate.net/profile/Christiaan-Lemmen/publication/335105169_CREATING_RESILIENCE_TO_NATURAL_DISASTERS_THROUGH_FIT-FOR-_PURPOSE_LAND_ADMINISTRATION_IN_NEPAL/links/5d4fc4e8299bf1995b759f89/CREATING-RESILIENCE-TO-NATURAL-DISASTERS-THROUGH-FIT

United Nations. (2009). *Self Made Cities: In search of sustainable solutions for informal settlements.* Geneva: United Nations Publications. Ανάκτηση από

https://unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/SelfMadeCities.pdf

United Nations. (2020, November 12th). *Department of Economic and Social Affairs*. Ανάκτηση από https://sdgs.un.org/goals

Wang X., Gao L., Mao S., Pandey S. (2015). DeepFi: Deep learning for indoor fingerprinting using channel state information. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)* (σσ. 1666-1671). New Orleans, USA: IEEE. doi:10.1109/WCNC.2015.7127718

War A., Mehrardad B. (2018). The accuracy of the LSTM model for predicting the S&P 500 index and the difference between prediction and backtesting. *KTH Royal Institute of Technology*. doi:diva2:1213449

Zhang T., Man Y. (2018). The enhancement of WiFi fingerprint positioning using convolutional neural network. *International Conference on Computer, Communication and Network Technology (CCNT).* Wutzen, China. doi:10.12783/dtcse/CCNT2018/24745

Zhang W., Liu K., Zhang W., Zhang Y., Gu J. (2016). Deep neural networks for wireless localization in indoor and outdoor environments. *Neurocomputing (194)*, σσ. 279-287. doi:10.1016/j.neucom.2016.02.055

Βαζιργιάννης Μ., Χ. Μ. (2005). *Εξόρυξη Γνώσης απο Βάσεις Δεδομένων και τον Παγκόσμιο Ιστό.* ΤΥΠΩΘΗΤΟ.